



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

Máster en Ingeniería de Montes

Eficacia de los diques forestales en el control erosivo en cárcavas corregidas durante las restauraciones del siglo XX en los términos municipales de Saldaña y Lobera de la Vega (Palencia)

Alumno: Iván Ramos Diez
Tutor: Joaquín Navarro Hevia

Junio de 2014

Copia para el tutor

Agradecimientos

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que de una forma u otra han colaborado en la elaboración de este estudio, especialmente a mi tutor, Joaquín Navarro Hevia quien me ha ayudado continuamente en su elaboración y revisión con gran entrega y entusiasmo incluso en los días de campo más complicados, además de ofrecerme todos los medios disponibles e información necesaria para poder realizarlo.

Además quisiera dar las gracias a mis padres Salvador y M^a Jesús, ya que sin su importante ayuda, sobre todo en la ejecución de los trabajos de campo este estudio no hubiera sido posible y al resto de mi familia que siempre han estado dispuestos a prestarme su ayuda.

Por último, agradecer su ayuda con la estación total a los compañeros de la U.D. de Hidráulica e Hidrología y al profesor Roberto San Martín por su ayuda y colaboración en la realización de los análisis estadísticos.

MEMORIA

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| <u>1. RESUMEN</u> | 5 |
| <u>2. INTRODUCCIÓN</u> | 7 |
| <u>3. ANTECEDENTES</u> | 11 |
| 3.1. LAS BADLANDS DEL ENTORNO DE SALDAÑA Y SU RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO-FORESTAL | 11 |
| <u>3.1.1. Origen y formación</u> | 11 |
| <u>3.1.2. Los proyectos de restauración hidrológico-forestal</u> | 12 |
| 3.2. LOS DIQUES DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS EMPLEADOS EN EL CONTROL DE LAS BADLANDS DE SALDAÑA | 15 |
| 3.3. METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS SEDIMENTOS RETENIDOS POR LOS DIQUES | 16 |
| <u>3.3.1. Instrumentos de medida de la cuña de sedimentos</u> | 16 |
| <u>3.3.2. Metodologías de cubicación</u> | 17 |
| 3.4. ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA EN LA RETENCIÓN DE SEDIMENTOS POR LOS DIQUES | 23 |
| 3.5. CONOCIMIENTO ACTUAL DE LA RETENCIÓN DE SEDIMENTOS EN LA ZONA | 25 |
| <u>4. OBJETIVOS</u> | 27 |
| <u>5. MATERIAL Y MÉTODOS</u> | 29 |
| 5.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO | 29 |
| <u>5.1.1. Localización</u> | 29 |
| <u>5.1.2. Climatología</u> | 30 |
| <u>5.1.3. Geología</u> | 33 |
| <u>5.1.4. Edafología</u> | 35 |
| <u>5.1.5. Hidrología</u> | 37 |
| <u>5.1.6. Vegetación</u> | 39 |
| 5.1.6.1. Clasificación biogeográfica y bioclimática | 40 |
| 5.1.6.2. Vegetación potencial | 40 |
| 5.1.6.3. Vegetación actual | 41 |
| 5.2. CONTROL DE SEDIMENTOS RETENIDOS EN LOS DIQUES | 42 |
| <u>5.2.1. Selección del tamaño de la muestra de diques a medir</u> | 42 |
| <u>5.2.2. Localización de los diques y situación en la cartografía actual</u> | 44 |
| <u>5.2.3. Determiación del volumen de la cuña de sedimentos</u> | 45 |
| 5.2.3.1. Mediciones previas: levantamiento topográfico | 45 |
| 5.2.3.2. Cálculo del volumen de sedimentos retenido | 50 |

| | |
|--|-----|
| <u>5.2.4. Cálculo del volumen de sedimentos con otras metodologías</u> | 53 |
| <u>5.2.5. Volumen total de sedimentos retenidos en la cuenca</u> | 56 |
| 5.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS SEDIMENTOS: DENSIDAD APARENTE | 56 |
| 5.4. ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA EN LA RETENCIÓN DE SEDIMENTOS POR LOS DIQUES | 57 |
| 5.5. EMISIÓN DE SEDIMENTOS | 58 |
| 5.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 58 |
| <u>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> | 61 |
| 6.1. TAMAÑO DE LA MUESTRA DE DIQUES A MEDIR, LOCALIZACIÓN DE DIQUES Y CUÑAS DE SEDIMENTOS | 61 |
| 6.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS SEDIMENTOS | 64 |
| <u>6.2.1. Densidad aparente</u> | 64 |
| <u>6.2.2. Textura</u> | 68 |
| 6.3. ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE SEDIMENTOS RETENIDOS | 69 |
| 6.4. ESTIMACIÓN DE LAS TONELADAS DE TIERRA RETENIDAS | 73 |
| 6.5. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS EN LA ZONA DE ESTUDIO | 74 |
| 6.6. EFICIENCIA DE RETENCIÓN DE LAS HIDROTECNIAS | 77 |
| 6.7. PRODUCCIÓN TOTAL Y EMISIÓN DE SEDIMENTOS | 78 |
| 6.8. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON OTRAS METODOLOGÍAS | 80 |
| 6.9. ANÁLISIS DE METODOLOGÍAS Y CORRECCIÓN A LOS MODELOS PRISMÁTICOS | 92 |
| <u>7. CONCLUSIONES</u> | 99 |
| <u>8. PERSPECTIVAS FUTURAS Y RECOMENDACIONES</u> | 101 |
| <u>9. BIBLIOGRAFÍA</u> | 103 |

1. RESUMEN

Los paisajes acarcavados o *badlands*, aunque ocupan una mínima extensión en el sur de Europa, emiten cantidades notables de sedimentos generando graves problemas sobre las áreas situadas aguas abajo. Alrededor de Saldaña (Palencia), se extienden 3,17 km² de cárcavas sobre terrenos arcillosos del Terciario y Cuaternario, bajo clima mediterráneo continental. Su proximidad al municipio y al río Carrión provocaba graves problemas sobre infraestructuras, la calidad hídrica así como en la vida cotidiana de la población. Para frenarlos, la Confederación Hidrográfica del Duero (CHD) ejecutó una restauración hidrológico-forestal en 1930, con varias centenas de diques gavionados y la repoblación de las cuencas vertientes.

En este trabajo se ha analizado la eficacia de los diques forestales en el control del proceso erosivo, para una muestra de 25 diques (23,15% del total inventariado) todos ellos datados del proyecto de 1930, que abarcan una superficie corregida de 9,91 hectáreas. Para ello, se han evaluado las metodologías propuestas para la determinación del volumen de sedimentos retenidos por cada hidrotecnia, testándolas en una muestra heterogénea de diques que permitiera evaluar la existencia o no de diferencias significativas entre las diferentes metodologías. Además, a partir de estos resultados de retención, se ha evaluado la eficacia en la retención en estas áreas y se han determinado tasas erosivas para la restauración.

Los resultados muestran cómo nuestra metodología, propuesta por Díaz (2011), es la que ofrece mayor precisión en la retención de sedimentos ya que asume el mayor número de datos de campo y en todo momento plantea el cálculo apoyándose en los principios geométricos básicos. Estadísticamente se ha podido demostrar cómo este modelo presenta diferencias significativas en los cálculos respecto a otros de menor exactitud en diques de envergadura intermedia, disminuyendo estas diferencias cuando tratamos con diques muy pequeños o en aquellos casos en los que su volumen retenido supera los 233 m³. Además, se ha podido comprobar como los modelos prismáticos incurren en una serie de errores en los cálculos que generalmente repercuten en una sobreestimación del sedimento retenido, ya que asume planteamientos muy simples e incluso figuras geométricas que no son lo suficientemente aproximadas. Esto hace que las conclusiones vertidas con el uso de estos modelos debieran, por lo menos revisarse.

El volumen de sedimentos retenidos siguiendo nuestra metodología es 3608,74 m³, con una eficiencia en la retención por parte de los diques del 97,70% del total de sedimentos producidos, lo que supone que únicamente se pierden anualmente por dique 0,26 t·ha⁻¹·año⁻¹; lo cual, es un valor reducido a tenor de la elevada cantidad de sedimentos que se producen en la superficie analizada. La tasa erosiva media determinada para el área analizada 11,72 t·ha⁻¹·año⁻¹ y 7,30 t·ha⁻¹·año⁻¹, lo que supone pérdidas inadmisibles para terrenos con graves limitaciones para la instalación de la vegetación natural para el periodo estudiado. En consecuencia, el control erosivo desarrollado por las estructuras, demuestra su eficacia en la retención de sedimentos en escarpes de páramos, lo cual a posibilitado la creación de 4821,57 m² de superficie útil para la vegetación, posibilitando en el entorno de Saldaña una buena recuperación del bosque en apenas 80 años, así como el control de los graves problemas erosivos que se venían desarrollando.

2. INTRODUCCIÓN

La erosión hídrica es un proceso de graves consecuencias en la destrucción y formación del suelo. Dicho proceso erosivo consiste básicamente en la remoción y pérdida de la capa superficial del suelo debido al transporte de las partículas, que componen su masa, de un punto a otro por acción del agua. Generalmente la erosión hídrica se clasifica cuando se produce por arroyada superficial en laminar, regueros y surcos, y cárcavas y barrancos (Almorox *et al.*, 2010).

De estas formas de erosión hídrica, la que adquiere una mayor importancia es la erosión en cárcavas y barrancos, ya que lleva asociados unos procesos de remoción de suelo de mayor importancia y de difícil control. Su formación es consecuencia de la reconducción de la escorrentía por regueros, los cuales se agrandan y profundizan como consecuencia del avance del proceso erosivo. Los regueros (*rills*) y su posterior evolución en cárcavas (*gullies*) son formas asociadas a la escorrentía superficial concentrada y característica de medios susceptibles a altas tasas de erosión, con una escasa cobertura vegetal y muy bajo contenido en materia orgánica en los suelos (Calvo-Cases *et al.*, 2011). No obstante, el desarrollo de regueros y cárcavas, no es exclusivo del flujo superficial concentrado, sino que también están asociados a fenómenos de tubificación (“*piping*”) en suelos yesosos, salinos (Piccarreta *et al.*, 2006) o arcillosos con arcillas expansibles (Bryan, 1987). La aparición de estos canales y regueros facilita la rápida evacuación del agua de escorrentía al concentrar el flujo, impidiendo que se distribuya por toda la superficie (Valentín *et al.*, 2005), lo que conlleva una pérdida de humedad del suelo y conduce a una disminución de la biomasa y del potencial agrícola del suelo (Avni, 2005).

El avance de los procesos erosivos asociados a las cárcavas, tiene como consecuencia la aparición de terrenos fuertemente degradados, con graves procesos de pérdida de suelo denominados malas tierras, mal país o *badlands*. Una definición clásica para los *badlands* es la propuesta por Bryan y Yair (1982) que los definen como paisajes desertificados donde la vegetación es escasa o nula y que resultan inútiles para la agricultura y donde el tránsito de personas, vehículos y maquinaria se ve impedido. Fernández *et al.* (1996) presentan los *badlands* como paisajes en los que los modelados se caracterizan por procesos de disección en materiales de débil resistencia bajo el efecto directo de las aguas de lluvia y de escorrentía, que se traduce en una topografía marcada por una densa red de cárcavas y barrancos muy encajados, con vertientes abruptas y perfiles generalmente en V.

Todas estas áreas pueden aparecer sobre cualquier tipo de texturas y su génesis suele estar ligada a importantes desniveles generados por la tectónica o cambios en la red de drenaje (Mather *et al.*, 2002), aunque en otras ocasiones ha sido la sobreexplotación del suelo la responsable de su desarrollo. Campbell (1997) destaca que son muchos los procesos implicados en el origen y evolución de estos paisajes como salpicaduras de lluvia, escorrentía superficial, procesos de tubificación, de remoción en masa, fluvial y de la actividad humana. Profundizando un poco más en su formación Fernández *et al.* (1996), plantean seis puntos básicos que desencadenan la formación de los *badlands* los cuales son:

1. Litología de los suelos, que les hace fácilmente erosionables.
2. Topografía: fuertes pendientes que refuerzan el potencial erosivo de la red de drenaje disgregando los materiales poco resistentes.

3. Neotectónica: Alteraciones de la tectónica que ayudan al modelado del relieve, alterando drásticamente la topografía, provocando el encajamiento de la red de drenaje y aumentando su potencial erosivo.
4. Cubierta vegetal: Su desaparición, ligada generalmente a presiones por el rigor del clima y por las actividades antrópicas, dejan desprotegido el suelo posibilitando su mayor erosividad.
5. La utilización y gestión del territorio, el sobrepastoreo, la eliminación de la cubierta vegetal en beneficio de los cultivos, los incendios y el abandono de cultivos, tienen una gran contribución al origen de estas superficies degradadas.

Los climas donde se desarrollan los *badlands* y barrancos ocupan una amplia gama de condiciones, a pesar de que se encuentran comúnmente en las zonas semiáridas con muy marcado contraste estacional y, en menor medida, en las regiones subhúmedas y húmedas y también en zonas desérticas (Bryan y Yair, 1982; Campbell, 1997; Torri *et al.*, 2000; Nadal-Romero *et al.*, 2011). Desde el punto de vista de la formación y conservación de suelo, los *badlands* resultan inadmisibles debido a las altas tasas erosivas que conllevan. Como niveles de referencia para estas áreas en España, cabría destacar valores de tasas de erosión entre 32 y 77 Mg·ha⁻¹·año⁻¹ en *badlands* desnudas en las Bardenas Reales (Desir y Marín, 2009) o cifras de entre 16 y 63 Mg·ha⁻¹·año⁻¹ en *badlands* con vegetación en el Penedés (Martínez-Casasnovas *et al.*, 2009). Estos valores son una simple muestra de la magnitud de los procesos erosivos que se desarrollan en esas áreas. Sin embargo, cuando la revegetación resulta mayor del 30% en el lecho de los *badlands*, los procesos erosivos asociados a estos, resultan casi inactivos (Rey, 2003; Hooke, 2006; Martínez-Casasnovas *et al.*, 2009) o explican unas bajas tasas de erosión (Cantón *et al.*, 2001). Además, cuando se trata de *badlands* húmedos, se ha encontrado que el control en las tasas de erosión se ejerce por vegetación baja (es decir, hierba y arbustos) cuando esta alcanza porcentajes de cobertura del 50%, siendo este requisito suficiente para inactivar la mayoría de los barrancos (Rey, 2003). Torri *et al.* (2013) destacan la importancia de la vegetación en el control de estas áreas mostrando como la colonización por parte de esta en los últimos 35 – 40 años ha ayudado a reducir notablemente las áreas con tasas erosivas inadmisibles en la región de *badlands* que analizan en la Toscana italiana.

Por lo tanto, la restauración hidrológico-forestal, entendida esta como conjunto de planes, trabajos y acciones necesarias para la conservación, defensa y recuperación de la estabilidad y fertilidad de los suelos, la regulación de escorrentías, la consolidación de cauces fluviales y laderas, la contención de sedimentos y acarreos y, en general, la defensa del suelo contra la erosión a través de la recuperación de la cubierta vegetal (Ferrer de la Rosa, 2009), resulta fundamental en el control de los procesos erosivos asociados a los *badlands*. Sobre todo, como muestran las afirmaciones de Rey (2003) y Hooke (2006), la instauración de una cubierta vegetal abundante es un factor clave para el control de los procesos de erosión hídrica, ya que aparte de amortiguar la lluvia y contribuir a la fijación del suelo, sus efectos sobre la infiltración y el tiempo de concentración son máximos, siéndolo igualmente en el control que ejercen sobre las escorrentías superficiales, los caudales de avenida y sobre las pérdidas de suelo por erosión respecto a otras formaciones vegetales (Palacio, 1999).

El interés científico por estas áreas de *badlands* muestra un crecimiento sostenido en los últimos 30 años. Dos razones fundamentan este interés por el estudio de los *badlands*: la inmediatez y la rapidez de los procesos, y el predominio de los fenómenos naturales en los paisajes (Gallart *et al.*, 2013). El sistema *badland* se comporta como un laboratorio en el que muchos procesos se pueden observar o experimentar. Además podría abordarse como motivo para su estudio los problemas ocasionados en cuanto a formación y conservación de suelos se trata o las graves consecuencias que provocan en infraestructuras situadas aguas abajo de donde se sitúan los *badlands*, debido al elevado aporte de sedimentos provenientes de estas áreas. Esto conduce a desarrollar un importante conocimiento en cuanto a tasas erosivas se refiere para estas regiones, siendo frecuentemente evaluadas a partir de sedimentos retenidos en las estructuras construidas en ellas, como así avalan los estudios desarrollados para regiones mediterráneas de nuestro país (Castillo *et al.*, 2007; Romero *et al.*, 2007; Boix-Fayos *et al.*, 2008; Sougnez *et al.*, 2011; Bellín *et al.*, 2011). Estos estudios contribuyen a mejorar el conocimiento de estas áreas, comprendiendo la dinámica erosiva que se desarrolla en estas regiones y motivando iniciativas para el seguimiento o el desarrollo de técnicas de restauración que ayuden a controlar la producción de sedimentos que ocasionan.

Por lo tanto, la conservación del suelo resulta fundamental en entornos con elevadas tasas erosivas como son los *badlands*, para reducir los impactos asociados a estos entornos tan peculiares. En el entorno de Saldaña (Palencia) se extiende una amplia área afectada por los procesos erosivos asociados a *badlands* cuya extensión abarca más de 9 km². La pérdida de la cubierta vegetal debido a factores antrópicos y el sobrepastoreo había acrecentado los procesos erosivos provocando cortes de tráfico en la carretera Saldaña-Osorno por desprendimientos, problemas tanto en canales de riego como en el propio municipio por coladas de barro y problemas de turbidez en las aguas del río Carrión como consecuencia de la continua producción de sedimentos de estos parajes acaravados (Navarro *et al.*, 2013). Para controlar la erosión de esta área, se plantearon sendos proyectos de restauración hidrológico-forestal, elaborados por Jose María de Ayerbe (Ayerbe, 1930) y David Azcarretazábal (Azcarretazábal, 1963), que planteaban la revegetación de cuencas vertientes así como la construcción de hidrotecnias (diques de mampostería gavionada) y otras estructuras de carácter temporal como fajinas y palizadas.

La motivación de este estudio surge como respuesta a la controversia generada por diferentes autores sobre la idoneidad o no de la ejecución de obras transversales en la restauración hidrológico-forestal, ya que plantean que estas generan más efectos perjudiciales aguas abajo del dique que beneficiosos en lo que a la fijación y conservación del suelo aguas arriba se trata. Son afirmaciones muy concretas tales como que la construcción de obras hidráulicas pueden alterar el régimen hidrológico del cauce y su morfología, generando impactos no deseados que anulen los efectos beneficiosos previstos en la redacción del proyecto (Castillo *et al.*, 2007; Boix-Fayos *et al.*, 2007; Castillo *et al.*, 2011). Sin embargo, cabe destacar que estas afirmaciones se plantean fundamentalmente para regiones mediterráneas donde el régimen de precipitaciones tiene una gran importancia en la acentuación de los problemas ocasionados aguas abajo de las estructuras, debido a la elevada torrencialidad de estas. También resulta necesario evaluar previamente el adecuado diseño de estas estructuras en el entorno en el que se han emplazado, pues sólo de este modo seríamos capaces de evaluar su eficacia. Además muchas de las afirmaciones vertidas para desechar el uso de estas estructuras en el control erosivo a través de la

retención y fijación del suelo aguas arriba de la estructura, se apoyan en modelos de calculo sencillos basados en metodologías prismáticas simples (Castillo *et al.*, 2007; Romero *et al.*, 2007) que utilizan escasos datos de campo, lo que a priori se traduce en una falta de concordancia con la verdadera realidad del terreno y la retención de sedimentos.

Por lo tanto, a través de este estudio se pretende poner en valor la restauración hidrológico-forestal llevada a cabo en las laderas de Saldaña (Palencia), debido al escaso conocimiento que de estas obras y de restauraciones en entornos climáticos como en el que se realizaron se tiene. Se trata de evaluar el beneficio de las obras ejecutadas a través de la retención de sedimentos, apoyándonos en una metodología basada en la obtención de un número adecuado de datos de campo que represente la realidad del terreno en cuanto a la retención de sedimentos de trata (Díaz, 2011) y evaluando la eficacia de los diques en la retención de sedimentos, conservación y formación de suelo como medio para la instauración de una cubierta vegetal complementaria que contribuya a la disminución y control de los procesos erosivos que tienen lugar en este entorno de *badlands*.

Además, se compararán los resultados obtenidos con nuestra metodología con otras metodologías desarrolladas hasta la fecha, tratando de confirmar las afirmaciones vertidas por Díaz (2011) para la restauración de Tórtoles (Ávila). Con esta autora, se viene desarrollando un intenso trabajo colaborativo desde hace años en el que se resalta los efectos beneficiosos de las hidrotecnias en entornos climáticos de meseta.

Por otro lado, el adecuado conocimiento de los sedimentos retenidos por los diques podrán ayudar a estimar de un modo apropiado, las tasas erosivas en la zona, la eficacia de retención de estas obras, así como la cantidad de sedimentos que a lo largo del tiempo no han alcanzado las aguas del río Carrión, contribuyendo así a mantener durante más tiempo un adecuado nivel de calidad del agua.

3. ANTECEDENTES

3.1. LAS *BADLANDS* DEL ENTORNO DE SALDAÑA Y SU RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO-FORESTAL

3.1.1. Origen y formación

Resulta muy difícil datar con exactitud el origen de la desertificación del entorno de Saldaña. Navarro *et al.* (2013) realiza una meticulosa revisión de la bibliografía histórica a partir de la cual recopila datos que ayudan a comprender la magnitud y antigüedad de los procesos que en el entorno saldañés se vienen desarrollando.

En el estudio anteriormente citado, se data la existencia de cárcavas bien desarrolladas en torno a 1850, sin embargo destaca que su verdadero origen puede estar varios siglos antes debido a referencias de argayadas desde 1472 y a la aparición de los primeros acuerdos para su restauración en 1533. Un hecho relevante del que se tiene constancia desde el siglo XVII, era la mala calidad de las aguas circulantes por el río Carrión, lo cual era atribuible a la morfología de la cuenca y a la aparición de estos *badlands* en el entorno de Saldaña, como consecuencia de la intensa transformación del paisaje, dando lugar en episodios de lluvias a las conocidas como turbias del Carrión.

Por tanto el siglo XV puede asumirse a tenor de estas referencias como el origen de los fenómenos erosivos desarrollados en el entorno de Saldaña. Si bien hay que tener en cuenta que este territorio ha sido ocupado desde el neolítico, con asentamientos desde la época romana (como la Villa Romana de la Olmeda), lo que puede haber motivado una intensa transformación del territorio desde estas épocas, desencadenando finalmente el paisaje de *badlands* altamente desertificado que se puede ver en la Figura 3.1.



Figura 3.1. Imagen del pueblo de Saldaña y cárcavas del entorno en su estado anterior a su restauración (Ayerbe, 1930).

Posteriormente en el siglo XX, el proyecto de restauración hidrológico forestal de estas *badlands* elaborado por Ayerbe (1930) recoge el paisaje de Saldaña como intensamente acarvacado por causa de los procesos erosivos desencadenados por el hombre que generaba graves consecuencias sobre la vida de las personas del entorno y de los municipios situados aguas abajo. Así se puede ver en las imágenes que acompañan a este proyecto o el video de los años 30, elaborado durante la ejecución del proyecto por la Confederación Hidrográfica del Duero.

La restauración hidrológico-forestal de las *badlands* de Saldaña (Palencia), nace de la necesidad de disminuir los procesos erosivos y consecuencias generadas por estos en el municipio y su entorno. La pérdida de la cubierta vegetal por causas antropogénicas y el sobrepastoreo habían acrecentado los procesos erosivos provocando cortes de tráfico en la carretera Saldaña-Osorno por desprendimientos, problemas en canales de riego y en el municipio por coladas de barro y problemas de turbidez en las aguas del río Carrión, como consecuencia de la continua producción de sedimentos de estos parajes acarvacados (Navarro *et al.*, 2013, 2014). Como referencia del nivel de afección de la calidad hídrica, hay que destacar los niveles de sólidos medidos de 250 g/m³ durante las avenidas (González-Garrido, 1941).

La restauración hidrológico-forestal de los terrenos que conforman las cárcavas de Saldaña se llevó a cabo mediante la ejecución de dos proyectos de restauración hidrológico-forestal, elaborados por los Ingenieros José María de Ayerbe en 1930 y David de Azcarretazábal en 1964, ambos con acreditado prestigio en la ejecución de proyectos de restauración hidrológica, los cuales englobaban una zona más amplia de la provincia de Palencia. Estos proyectos fueron realizados y ejecutados por la Confederación Hidrográfica del Duero, dentro de las labores para la mejora de la calidad de las aguas. A continuación se desarrollará a grandes rasgos cada uno de estos proyectos de restauración.

3.1.2. Los proyectos de restauración hidrológico-forestal

El primero de los proyectos (Ayerbe, 1930) planteaba la restauración de 304,3 hectáreas del término municipal de Saldaña. Estos terrenos de propiedad comunal (245,4 hectáreas) y particular (58,9 hectáreas), se restauraron mediante un programa de consorcios con beneficios en función de las rentas aportadas. El proyecto planteaba la construcción de 256 diques forestales de mampostería gavionada y 680 palizadas que permitieran la fijación del terreno, disminuyese los procesos erosivos y permitiera la instalación de una cubierta vegetal.

La restauración de la vegetación se planteó mediante la repoblación de los terrenos con *Pinus pinaster* y *Pinus sylvestris* como especies principales, además de numerosas especies de frondosas acompañantes (*Robinia pseudoacacia*, *Ulmus* spp., *Populus* spp.). Además en este proyecto, se pretendía la construcción de una caseta para la guardería. En la Figura 3.2, se puede observar la geometría del dique modelo empleado en este proyecto. Cabe destacar al observar la figura, que en este proyecto las hidrotecnias a construir se proyectaron con perfil escalonado aguas abajo y paramento vertical aguas arriba.

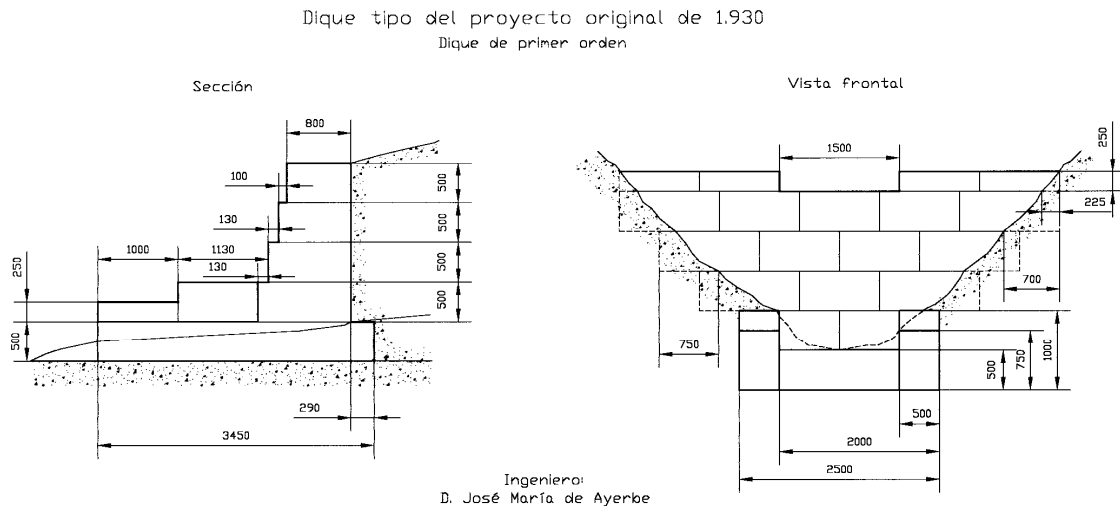


Figura 3.2. Alzado y perfil del dique tipo de la restauración de 1930. (Ayerbe, 1930).

El segundo proyecto (Azcarretazábal, 1963) planteaba la repoblación de 154,9 hectáreas del término municipal de Saldaña sitas en dos parcelas. La primera situada en “Laderas de Valdivina y del Castillo” de 140,5 hectáreas, de las cuales 21,6 hectáreas ya repobladas. La segunda parcela situada en los parajes “Cuestas de Triana, La Tejera y carretera de Osorno” de 213,6 hectáreas, con 36 hectáreas pendientes de repoblación. Estos terrenos de propiedad comunal se restauraron mediante un programa de consorcios con beneficios en función de las rentas aportadas. El proyecto planteaba la construcción de 251 diques forestales de mampostería gavionada en 20 modelos diferentes (algunos de estos modelos de dique se pueden ver en la Figura 3.3) con perfil doblemente escalonado, que permitieran la fijación del terreno, la disminución de los procesos erosivos y la instalación de una cubierta vegetal. Además, se proyectó la repoblación de los terrenos englobados en este proyecto con especies del género *Pinus*.

Los efectos generados por sendos proyectos de restauración son actualmente visibles en el entorno (con cubiertas vegetales superiores al 80% (Ramos, 2012), observando una gran mejora y reducción de los procesos erosivos que afectan a las laderas de Saldaña observándose una disminución del 44,85% de la superficie con riesgo alto y muy alto de erosión (Bartolomé, 2012). El incremento del capital natural generado por esta restauración en el municipio de Saldaña, asciende a 7 millones de €uros como así estima el estudio elaborado por Oleagordia (2012).

De todas estas obras transversales planteadas, se ha constatado la existencia de 108 diques en la actualidad (Martínez de Azagra *et al.*, 1997; Navarro *et al.*, 2013), aunque es difícil conocer con exactitud la totalidad de las obras construidas debido a la falta de documentos de ejecución de estas, pudiendo encontrarse algunas de estas obras sepultadas; lo que hace de la hidrología arqueológica o arqueohidrología la única manera de conocer la existencia de aquellas que hubieran podido quedar enterradas.

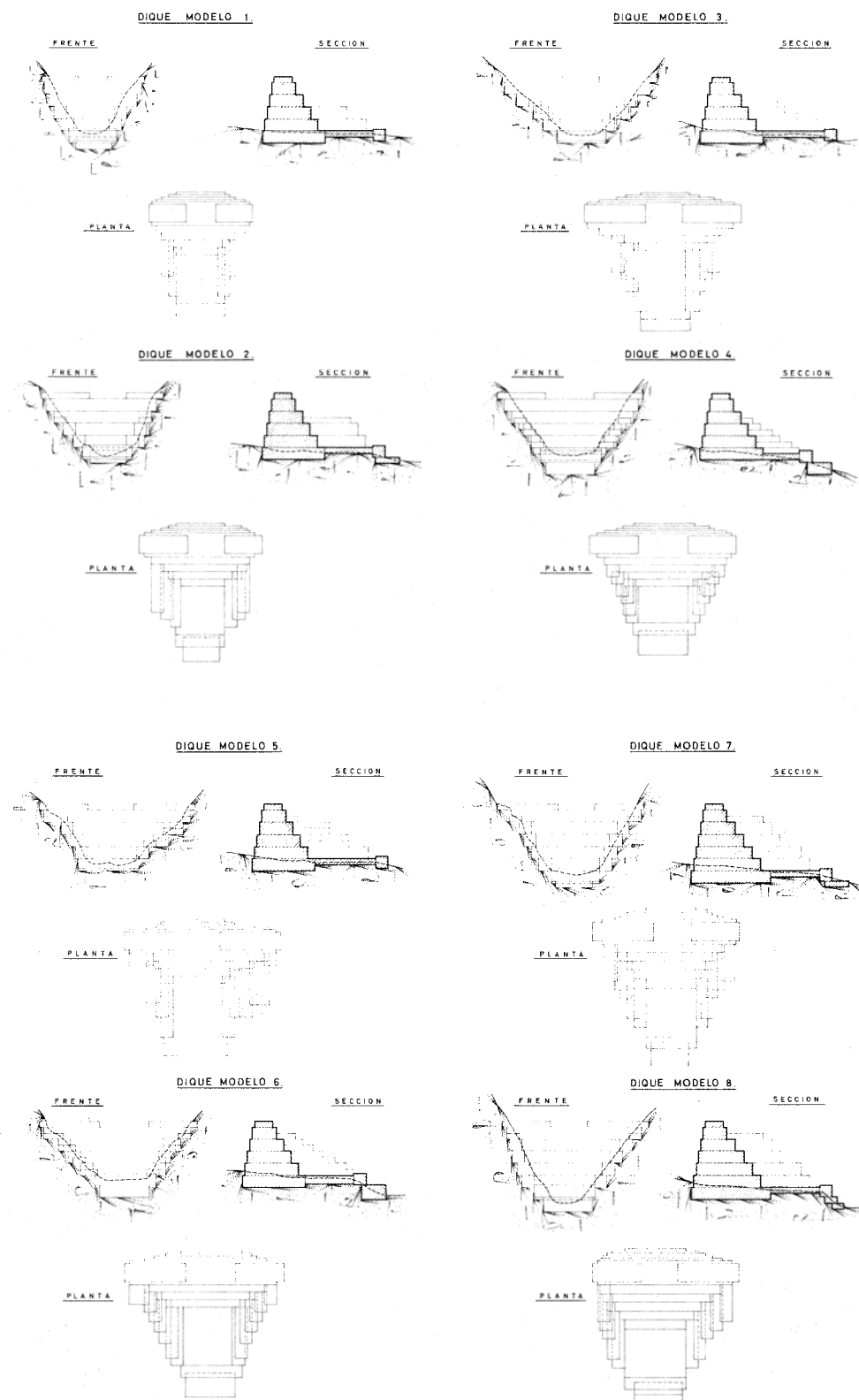


Figura 3.3. Modelos de dique del 1 al 8 del segundo proyecto de restauración (Azcarretazábal, 1963).

3.2. LOS DIQUES DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS EMPLEADOS EN EL CONTROL DE LAS *BADLANDS* DE SALDAÑA

Los diques de retención de sedimentos son estructuras transversales al cauce cuya función es retener la mayor cantidad posible de materiales sólidos o líquidos movilizados por grandes avenidas, con una capacidad de transporte muy alta (López y Rábade, 1988). Como elementos de corrección hidrológico-forestal, en especial en cuencas de gran aporte de sedimentos a los embalses, son unas construcciones bastante usuales en España (Martínez de Azagra *et al.*, 2002).

Entre las funciones de estas estructuras caben destacar efectos como la reducción de la pendiente, debido al relleno de la cuña de sedimentos; la estabilización de laderas y cauces gracias a la cuña de sedimentos aguas arriba del dique, que impide los movimientos en masa; el incremento de la capacidad de infiltración posibilitando la recarga de acuíferos; la disminución del caudal punta mediante el control de las aguas de avenida; la efectividad en el control de la erosión a través de la reducción de la velocidad del agua; la captura, control y disminución del aporte de material sólido hacia la red de drenaje.

Las obras de corrección hidrológica realizadas en las laderas y cárcavas de Saldaña, son fundamentalmente diques de mampostería gavionada cuya función principal es la de retención de sedimentos. Los gaviones, son estructuras prismáticas rectangulares de alambre que se rellenan de piedras. El tamaño estándar de los gaviones es el siguiente:

- Largo: 2 – 4 metros
- Ancho: 1 – 1,5 metros
- Alto: 0,5 – 1 metro (habitualmente: 1 metro)

Todos los diques poseen los mismos gaviones o jaulas de malla hexagonal (6 cm x 7,5 cm) de triple torsión con alambre galvanizado de 2,5 mm de diámetro (gaviones Bianchini) (Martínez de Azagra *et al.*, 2002). En la primera fase (Ayerbe, 1930), los diques son de perfil escalonado aguas abajo, empleándose cantos rodados procedentes del río Carrión para ejecutar los gaviones. La segunda fase (proyecto de 1963, ejecutada sobre 1970), plantea 20 modelos diferentes de diques de 2,5, 3 y 3,5 metros de altura. En esta fase, el relleno de los gaviones se realizó con piedra de cantera. Esta diferencia de relleno, proporciona un peso específico del gavión seco diferente dependiendo del tipo de material y la porosidad de relleno: 1684,4 kp/m³ para los diques antiguos y 1963,3 kp/m³ para los diques más recientes (Martínez de Azagra *et al.*, 2002).

Los proyectos de restauración plantearon la construcción de 507 diques a lo largo de todas las laderas que engloba esta restauración. En las labores de inventario realizadas por Martínez de Azagra *et al.* (1997), se sitúan 108 diques en el entorno de Saldaña, de los cuales 6 corresponden al proyecto de restauración de Azcarretazábal (1963). Cabe destacar la dificultad para la realización de este inventario, debido a la inaccesibilidad de algunas de las cárcavas como consecuencia de la abrupta topografía o de proliferación de vegetación, así como la variación en los cauces pudiendo no encontrarse pequeños diques como consecuencia de su enterramiento, cuyo inventario estaría mas cerca de las atribuciones de la arqueología hidrológica. No

obstante parece difícil creer que se llegaran a construir más de 200 diques entre las dos fases.

3.3. METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS SEDIMENTOS RETENIDOS POR DIQUES FORESTALES

La determinación de sedimentos retenidos por diques forestales ha sido objeto de estudio por diferentes autores con el fin de su cuantificación para la estimación de tasas erosivas en diferentes restauraciones hidrológico-forestales (Castillo *et al.*, 2007; Romero *et al.*, 2007; Sougnez *et al.*, 2011; Bellín *et al.*, 2011; Díaz, 2011). Por otro lado, estas determinaciones han servido como medida de análisis de su efectividad a lo largo de la vida útil de la hidrotecnia extrayendo en algunos momentos conclusiones discutibles o que generan controversia sobre sus efectos. Además de esto, la eficacia, bondad o precisión de cualquier método de medida de algo concreto, debe ser comprobado en relación a una medida real de algo conocido. Esto no se ha hecho en ninguna de las metodologías precedentes.

Por tanto, para estimar con garantías los sedimentos retenidos por los diques, y para sustentar cualquier afirmación es necesario primero analizar tanto los instrumentos de medida empleados como las metodologías utilizadas. Todo esto, se desarrollará en sucesivos apartados.

3.3.1. Instrumentos de medida de la cuña de sedimentos

Los instrumentos de medida utilizados para cuantificar el volumen de sedimentos en diques son muy variados. Entre estos destaca el empleo de dispositivos con Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) para realizar la medición de la cuña de sedimentos y el posicionamiento de los diques (Castillo *et al.*, 2007; Romero *et al.*, 2007). Se trata de un instrumento muy empleado en estas labores topográficas, ya que se obtiene un buen rendimiento en la realización de levantamientos topográficos. Sin embargo, su principal inconveniente es la precisión debida a la cubierta arbórea pudiendo producirse errores inadmisibles en la cubicación del volumen de sedimentos. Estos errores se reducirían con el empleo de GPS de precisión centimétrica para las mediciones en la cuña de sedimentos como utiliza Sougnez *et al.* (2011) en cuya metodología plantea el empleo de este instrumento para levantar mediante puntos la superficie de la cuña de sedimentos.

Bellín *et al.* (2011) plantean la medición de la longitud de la cuña de sedimentos así como de transectos de esta mediante el empleo de un distanciómetro láser de alta precisión. Este tipo de instrumento permite realizar mediciones de forma muy rápida, reduciendo el esfuerzo de toma de datos en campo, siendo preciso en la toma de valores aunque el exceso de vegetación dificulta considerablemente las medidas incrementando los errores. Además plantea el empleo de un clinómetro para la estimación de las pendientes de las laderas aledañas, cuya determinaciones son variables en función de la sensibilidad en la apreciación por parte del operador y la precisión del instrumento.

Además de todos estos instrumentos comentados, hay que destacar el uso de la estación total. Se trata de un instrumento muy empleado en la realización de levantamientos topográficos ya que se obtienen resultados de gran precisión, no planteándose el inconveniente del exceso de vegetación como condicionante para una disminución de la precisión. Este es el instrumento empleado por Díaz (2011) para

realizar el levantamiento de la cuña de sedimentos obteniendo un buen rendimiento en la toma de datos y resultados muy precisos. Su principal desventaja respecto al GPS reside en que se incrementan los tiempos de operación notablemente, pero esto puede compensarse debido a la mayor precisión que se obtiene en regiones donde el GPS no obtiene la suficiente cobertura. La precisión de la estación total es centimétrica, mientras que el GPS convencional es de varios metros (3 a 6 metros). El GPS centimétrico, muestra como principal problema el no poder ofrecer datos bajo cubiertas arbóreas de baja a alta densidad, pero en zonas sin vegetación su precisión es alta y ofrece un gran rendimiento en labores topográficas. Bussi *et al.* (2013) emplean un GPS centimétrico en el levantamiento del perímetro de una cuña de sedimentos, con errores a escala mundial de alrededor de 6 m, mientras que la precisión relativa fue de 1,5 cm (precisión horizontal) y 1,8 cm (precisión vertical).

3.3.2. Metodologías de cubicación

La determinación del volumen de sedimentos retenidos por diques forestales ha sido objeto de numerosas metodologías de cálculo, basadas generalmente en modelos prismáticos sencillos (Castillo *et al.*, 2007; Romero *et al.*, 2007) cuya aproximación a la realidad suele resultar meramente aproximada, lo que ha generado con el tiempo un avance hacia modelos metodológicos más complejos apoyados en un número mayor de datos de campo (Sougnez *et al.*, 20011; Bellín *et al.*, 2011; Díaz, 2011) A continuación se hará una recopilación de estas metodologías haciendo hincapié en las principales ventajas e inconvenientes de cada una de ellas.

· Metodología propuesta por Castillo *et al.* (2007)

Para la determinación de los sedimentos retenidos por los diques, Castillo *et al.* (2007) proponen una metodología de cálculo diferente según se trate de ramblas o de arroyos de zonas montañosas. En ramblas, plantean el cálculo del volumen asemejándolo a un canal prismático de sección rectangular aguas arriba del dique. Esta metodología está basada en los estudios de Lien (2003) y May & Gresswell (2003). Consideran que las ramblas presentan una sección transversal en forma de U, suponiendo que el ancho superficial del canal no ha variado a lo largo de los años. La fórmula que emplea es la siguiente:

$$V = \frac{1}{2}(w_s \cdot l_s \cdot h) = \frac{1}{2}(S \cdot h)$$

Donde: - V: volumen de sedimentos (m³).

- l_s: longitud de la cuña de sedimentación (m).

- w_s: anchura media de la cuña de sedimentos (m), que se define como S/l_s, siendo S la superficie de la cuña de sedimentos (m²).

- h: altura de los sedimentos medidos desde la base de la presa aguas abajo (m).

Esta metodología la han empleado otros autores como Boix-Fayos *et al.* (2008), asumiendo esta simplificación de que la cuña de sedimentos posee forma de canal prismático de sección rectangular. Debe tenerse en cuenta que esta metodología genera una desviación considerable en el cálculo del volumen ya que suponen una forma ficticia y para su cálculo sólo emplean datos de anchura y longitud de la cuña de sedimentos, asemejando el volumen de sedimentos a un prisma sencillo, el cual es posible que ofrezca desviaciones importantes de la realidad.

En zonas montañosas con arroyos tributarios, Castillo *et al.* (2007) realiza el cálculo de volumen mediante el empleo de una sección transversal con forma de V, basándose en la suposición de que las zonas montañosas y con pequeños arroyos tributarios, presentan una sección transversal con forma de V. En la Figura 3.4, puede observarse la aplicación de esta metodología con las principales variables que se requieren para determinar con su empleo el volumen de sedimentos retenidos. En este caso, se aplican diferentes fórmulas, estimando la anchura media de la cuña de sedimentos (w) como:

$$w = \frac{(w_b + w_s)}{2}$$

- Donde: - w_b : ancho del canal en la sección aguas abajo del dique.
- w_s : anchura media de la cuña de sedimentación, tal como se ha definido antes.

En este caso el volumen de sedimentos almacenados por los diques se estima mediante la siguiente fórmula:

$$V = \frac{1}{2} \cdot w \cdot l_s \cdot h$$

- Donde: - h : altura de los sedimentos medidos desde la base del dique.
- l_s : longitud de la cuña de sedimentos.
- w : anchura media del canal rellenado de sedimentos.

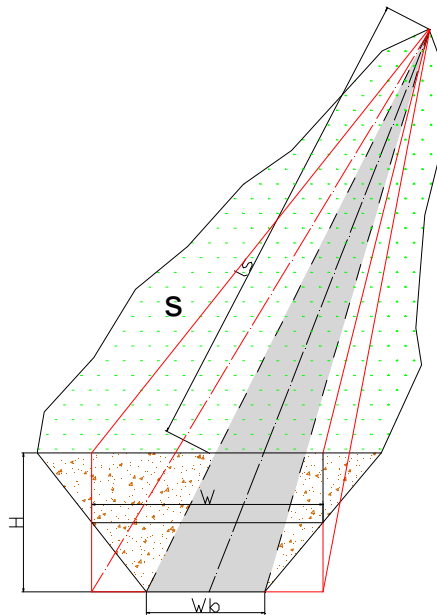


Figura 3.4. Determinación de las variables de cálculo en la metodología de Castillo *et al.* (2007).

- Metodología propuesta por Romero *et al.* (2007)

Otra metodología es la propuesta por Romero *et al.* (2007). En ella realiza el levantamiento topográfico de la superficie de la cuña de sedimentos mediante GPS-convencional, posicionando los puntos de su perímetro, y calculando el área generada por los puntos mediante ordenador. El cálculo del volumen lo realiza asociándolo a la figura geométrica que considera más parecida a la forma tridimensional de los sedimentos acumulados en el dique. Esta es la de una pirámide de base trapezoidal en posición horizontal (Hernández *et al.*, 2004). La fórmula utilizada para el cálculo del volumen de sedimentos es:

$$V = \frac{1}{3} \cdot B \cdot H$$

- Donde: - V: es el volumen de sedimentos.
- B: área de la base coincidente con el dique.
- H: longitud de la cuña de sedimentos.

La determinación de estas variables puede realizarse fácilmente como así muestra la Figura 3.5. Esta metodología genera un error al definir el límite de la cuña de sedimentos como un único punto y no en todos los casos es así cometiendo un error grave de volumen al realizar esta consideración. Además habría que tener en cuenta la magnitud del error asociado al instrumento de medida empleado.

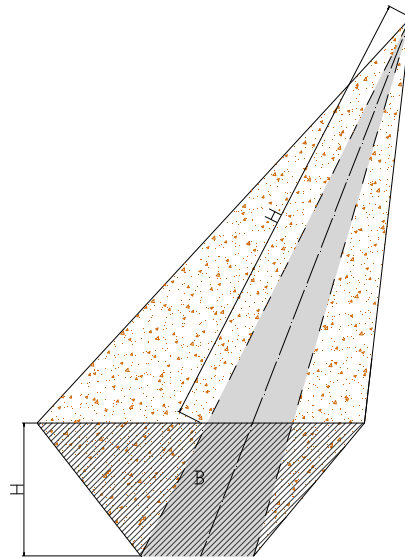


Figura 3.5. Determinación de las variables de cálculo en la metodología de Romero *et al.* (2007).

- Metodología propuesta por Sougnez *et al.* (2011)

Esta metodología es planteada como un nuevo método para la estimación de volúmenes basándose en planteamientos distintos respecto a las metodologías prismáticas que se habían planteado hasta la fecha. Partiendo de datos de campo tomados con GPS, pero con un GPS de precisión centimétrica. Con este se toman datos tanto de la cuña en su situación actual como datos de las laderas aledañas con

el fin de estimar pendientes que permitan una reconstrucción de la topografía antes de las labores de restauración en transectos perpendiculares al eje longitudinal de la cuña de sedimentos, constatando los datos con ramblas sin corregir. Para estimar la forma definitiva del lecho colmatado estima la profundidad de sedimentación en estos transectos mediante la siguiente fórmula:

$$H = h - \left(\frac{h}{L} \cdot l \right)$$

- Donde:
- H: profundidad del lecho en el transecto considerado.
 - h: profundidad de sedimentación en el dique, en sección aguas abajo.
 - L: longitud de la cuña de sedimentos.
 - l: distancia del dique al transecto considerado.

Tras estas determinaciones, construye las dos superficies, inicial (lecho del cauce sin colmatar) y final (superficie de sedimentación) y a partir de ellas determina el volumen mediante diferencia, aplicando la regla de Simpson extendida, incorporada en el software Surfer. Este software es un Sistema de Información Geográfica (SIG), que permite operar con las dos capas creadas a partir de los datos de campo. En la Figura 3.6 se puede observar el procedimiento de reconstrucción de secciones que plantea la metodología.

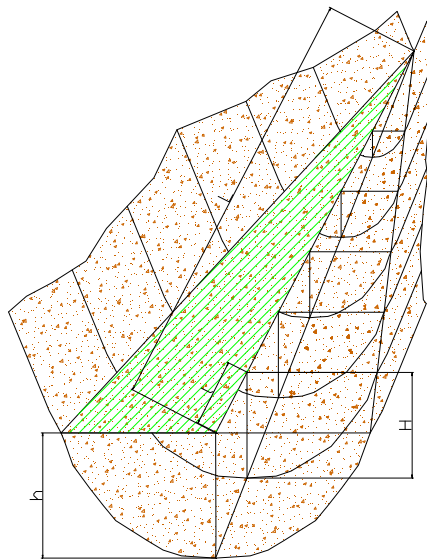


Figura 3.6. Determinación de las variables de cálculo en la metodología de Sougnez *et al.* (2011).

Analizando la metodología, cabría destacar que este método se apoya en datos de campo de mayor precisión que las metodologías aplicadas hasta su aparición, pero sus estimaciones pueden ver disminuida su precisión por la interpretación que podamos hacer del cauce antes de colmatación debido a la estimación de este mediante datos de cauces aledaños y sin corregir. Además, esta variabilidad que se pueda producir entre el cauce generado y el real, puede desencadenar en una diferencia significativa en los resultados de volumen obtenido con la aplicación del método, respecto del que podríamos considerar como verdaderamente retenido.

- Metodología propuesta por Bellín *et al.* (2011)

Esta metodología tiene puntos comunes a las metodologías propuestas por Castillo *et al.* (2007) y Sougnez *et al.* (2011) por lo que podría estimarse como una síntesis de ambas metodologías. Se apoya básicamente en la toma de datos de campo con distanciómetro láser de alta resolución para la realización de mediciones tanto en anchura como en longitud de la cuña de sedimentos.

Plantea la determinación del volumen a partir de tres variables:

- Grado de pendiente de la ladera de ambos lados del cauce mediante la utilización de un clinómetro.
- Profundidad de acumulación de sedimentos mediante una fórmula similar a la propuesta por Sougnez *et al.* (2011) la cual sería:

$$H = h_{\text{AccDam}} - \left(\frac{h_{\text{AccDam}}}{L} \cdot l \right)$$

Donde: - H: profundidad del lecho en el transecto considerado.

- h_{AccDam} : profundidad de sedimentación en el dique (sección aguas abajo).
 - L: longitud de la cuña de sedimentos.
 - l: distancia del dique a la sección considerada.
- Anchura de la zona de acumulación de sedimentos. Evalúa la anchura de la cuña mediante la ejecución de 10 secciones (transectos), situadas en puntos donde se estiman cambios representativos de su sección y en mayor número en el área próxima al dique ya que es donde se concentra el mayor volumen de sedimentos.

A partir de estas variables asume que en cada sección evaluada los sedimentos se aproximan a una sección trapezoidal, la cual calcula mediante la intersección de las pendientes medidas con clinómetro, la superficie de la cuña y la profundidad de acumulación de sedimentos. A partir de estas secciones cúbica el volumen retenido asemejándolo a la figura geométrica que considere más semejante. La Figura 3.7 muestra las medidas a realizar y el proceso de determinación de secciones para la obtención de volumen retenido por el dique.

El problema de esta metodología es un poco el mismo que las anteriores que es la tendencia a modelos prismáticos de aproximaciones generalistas que pueden ofrecer sobrestimaciones o subestimaciones del volumen al aproximar a una figura geométrica que poco tiene que ver con la forma real del cauce de una cárcava en condiciones naturales.

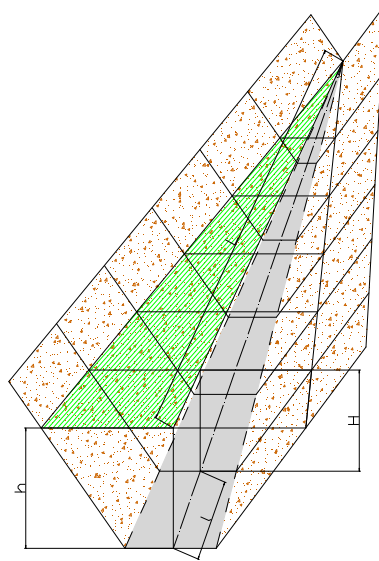


Figura 3.7. Determinación de las variables de cálculo en la metodología de Bellín *et al.* (2011).

- Metodología propuesta por Díaz (2011)

Por último, destacar la metodología propuesta por Díaz. (2011) y publicada en Díaz *et al.* (2014). Se trata de una metodología desarrollada por la U.D. de Hidráulica e Hidrología de la E.T.S.I.I.A.A de Palencia en colaboración con el Grupo de Hidrología y Conservación de la Universidad Católica de Ávila. En ella se plantea realizar las mediciones en campo mediante el empleo de una estación total para determinar la superficie de la cuña de sedimentos, la sección actual formada aguas abajo del dique y la pendiente del cauce. Estas medidas a realizar pueden observarse en la Figura 3.8. El cálculo del volumen de sedimentos retenidos aguas arriba del dique, lo calcula mediante la fórmula del prismoide para cada par de secciones consecutivas y la suma de todos estos volúmenes parciales representa el volumen total retenido. La fórmula del prismoide se plantea como aquella que ofrece una mejor aproximación al volumen retenido y es la siguiente:

$$V = \frac{d}{6}(B_1 + B_2 + 4B_m)$$

- Donde: - B_1 y B_2 : área de las secciones extremas.
- B_m : área de la sección intermedia.
- d : distancia ente las secciones extremas.

Esta metodología es muy precisa en cuanto a los resultados obtenidos. El único problema que puede ocurrir con esta metodología es la estimación por defecto del volumen al considerar una sección aguas abajo menor de la real como consecuencia de los deslizamientos laterales que hayan enterrado parte del dique original, hecho que también ocurriría en el resto de metodologías. Se trataría por tanto, de la metodología que ofrece una mayor aproximación (comenzando por la instrumento de medida en entornos con grandes superficies cubiertas por vegetación) al volumen real

de sedimentos retenidos por el dique, ya que se apoya en un mayor número de datos de campo y las estimaciones se hacen sobre secciones y pendientes reales medidas.

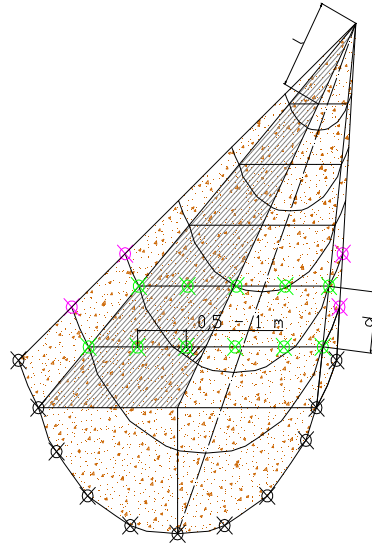


Figura 3.8. Determinación de las variables de cálculo en la metodología de Díaz (2011).

3.4. ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA EN LA RETENCIÓN DE SEDIMENTOS POR LOS DIQUES

Uno de los aspectos más importantes a valorar a la hora de realizar el estudio de la retención de sedimentos por los diques resulta de analizar la influencia de la capacidad de retención de sedimentos por parte de estos, es decir, su efectividad, ya que influye considerablemente en los valores obtenidos tanto de sedimentos retenidos como de tasas erosivas evaluadas. La eficiencia de retención se puede definir como el ratio capacidad-flujo de entrada, influido por el tipo de depósito y método de cálculo (Brune, 1953) Existen diferentes métodos para evaluar la eficiencia de retención ((Verstraeten y Poesen, 2000), pero tradicionalmente ha sido evaluada con fórmulas empíricas como la propuesta por Brown y Jarvis (1943), en la que define la eficiencia de retención como una función entre la capacidad del embalse y el área de producción de sedimentos que recibe el dique. La expresión que proponen Brown y Jarvis (1943), calibrada con una muestra de 15 diques es la siguiente:

$$TE = 100 \cdot \left(1 - \frac{1}{1 + 0,0021 \cdot D \cdot \frac{C}{W}} \right)$$

Donde: C: Capacidad de almacenamiento del embalse (m³).

W: Área de captación de sedimentos (km²).

D: Parámetro empírico. Valores entre 0,046 a 1, con valor medio de 0,1, dependiendo de las características del depósito. Brown y Jarvis (1943) sugiere que los valores para D están cerca de 1 (es decir, un alto TE).

Se trata de un método de aplicación sencilla, basado en parámetros fácilmente estimables. Su principal problema reside en la estimación del valor del parámetro D, el cual varía entre rangos establecidos pudiendo ser fijado por el usuario en función de las características de los diques, aunque se aconsejan valores que establezcan una alta eficiencia de retención. De hecho Brown y Jarvis (1943), propone que el valor del parámetro D es 1 en aquellas regiones donde la escorrentía es muy variable o para diques cuya función es la laminación de flujos de inundación. Para otras regiones, el valor de este parámetro varía, como así sugiere Boix-Fayos *et al.* (2008) en cuyas determinaciones en regiones mediterráneas asumen un valor de 0,76 para el parámetro D. La Figura 3.9 muestra las curvas propuestas por Brown y Jarvis (1943) en las que relaciona la eficiencia de retención (TE) con la relación entre la capacidad del albergar sedimentos por el dique y el área de captación, siendo en sentido descendente las curvas relativas al valor máximo de TE cuando $D=1$, la curva media cuando $D=0,1$ y el valor mínimo de TE cuando el parámetro $D=0,046$. Verstraeten y Poesen (2000) plantean que el uso de esta ecuación es adecuado en regiones pequeñas que muestran unas características similares en cuanto a precipitaciones y régimen hidrológico similar siendo necesario calibrar el modelo correctamente para la obtención del parámetro D.

Este método ha sido modificado por otros autores para su uso generalmente en eventos puntuales de precipitación, obteniendo curvas diferentes que atienden a una modificación del coeficiente C/W propuesto por Brown y Jarvis (1943). Estos métodos planteados por Brune (1953) y Heinemann (1981) presentan una complejidad de cálculo muy similar.

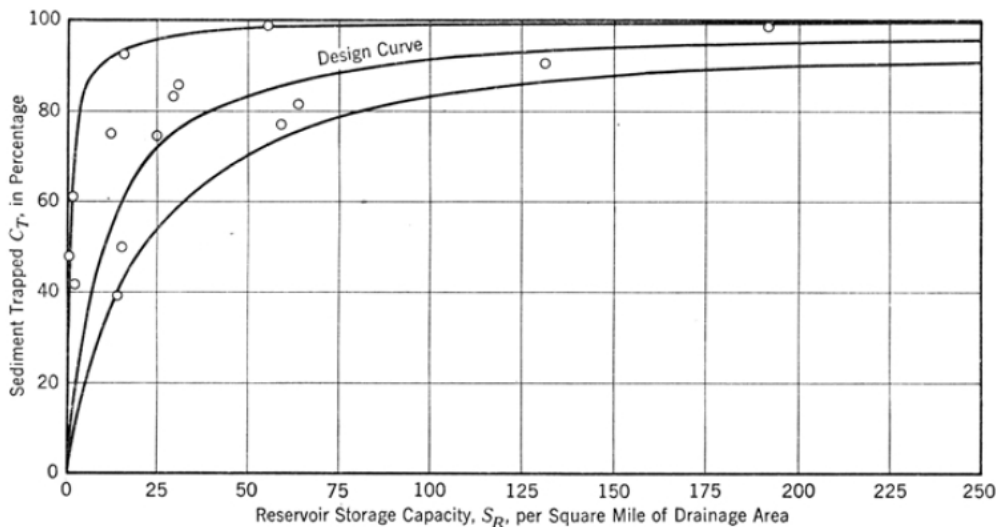


Figura 3.9. Relación entre TE y la capacidad de retención/superficie de aporte de sedimentos que nos otorgan los diferentes valores del parámetro D (Brown y Jarvis, 1943).

Esta fórmula ha sido utilizada en numerosos estudios de retención de sedimentos como los llevados a cabo en cuencas mediterráneas por Romero *et al.* (2012) o Bellín *et al.* (2011). Otros autores estiman directamente los valores de eficiencia de retención como es el caso de Lawrence y Cascio (2004) donde proponen que este parámetro se mueve dentro de valores próximos al 90 – 95%, valores que asume Sougnez *et al.* (2011).

Como medida alternativa a la fórmula de Brown y Jarvis (1943), se plantean otras metodologías, basadas en estimaciones más directas, como la que propone Verstraeten y Poesen (2000) donde se estima la eficiencia de retención de sedimentos a partir de la relación entre los sedimentos producidos en la cuenca y los retenidos por las estructuras transversales a partir de la siguiente relación:

$$TE = \frac{S_{sed}}{S_{in}}$$

Donde: S_{sed} : Masa de sedimentos retenidos por la estructura.

S_{in} : Masa de sedimentos producidos en la cuenca.

Se trata de un modelo de cálculo apoyado en la definición básica de la eficiencia de retención, que no es más que el porcentaje del total de sedimentos producidos que han sido retenidos por la estructura. Como puede observarse, al igual que ocurre con modelos empíricos de cálculo para la eficiencia de retención, se trata de una fórmula muy sencilla cuya mayor complejidad reside en la estimación de tasas de emisión de sedimentos así como una correcta y precisa determinación del volumen de sedimentos retenidos por las estructuras transversales construidas.

3.5. CONOCIMIENTO ACTUAL DE LA RETENCIÓN DE SEDIMENTOS EN LA ZONA

El análisis de la retención de sedimentos ha sido evaluado inicialmente mediante la realización de un estudio piloto elaborado por Ramos (2012). En este estudio, se determinó el volumen de sedimentos retenidos por los diques para una cárcava modelo de la restauración hidrológico-forestal de Saldaña (Palencia), permitiendo la estimación de tasas erosivas para dicha cárcava. Estos datos se completaron con la determinación de la evolución morfológica de la cárcava y una estimación evolutiva de la cubierta vegetal como consecuencia del control erosivo alcanzado con las obras ejecutadas, relacionando ambos aspectos con la producción de sedimentos y su retención por las obras transversales.

En este estudio, se asumía la comparativa del volumen de sedimentos retenido con la metodología planteada por la Unidad Docente de Hidráulica e Hidrología de la E.T.S.I.I.A.A. en colaboración con el Grupo de Hidrología y Conservación de la Universidad Católica de Ávila (Díaz, 2011) respecto de las metodologías prismáticas simples. Los resultados, mostraban como esta metodología se ajustaba de forma más precisa a la verdadera realidad de la cuña de sedimentos, diferenciándose claramente de las formas propuestas por las metodologías prismáticas simples, que a tenor de lo analizado parecían infravalorar el volumen retenido en valores de hasta un 27,2% menor.

Con los datos de volumen de sedimentos retenidos (1000,81 t para un periodo de 77 años transcurridos desde la ejecución de la restauración hasta el levantamiento topográfico realizado) obtenidos con este estudio piloto, se pretende que sirva de punto de partida para estimar una muestra con criterios estadísticos que nos de garantías de lo que realmente ocurre en la población total de diques que componen la restauración. Por tanto, y a tenor de las diferencias en los volúmenes obtenidos entre

metodologías, parece lógico utilizarlas como límites de error permitidos para la estimación del tamaño de la muestra a medir.

4. OBJETIVOS

El objetivo general a desarrollar con la realización de este estudio es:

- Estimar de la forma más precisa posible la eficacia de los diques forestales en la retención de sedimentos.

A partir de este objetivo general, se tratarán de desarrollar una serie de objetivos específicos, relacionados con el objetivo general y que se presentan en función de su importancia, destacando principalmente los siguientes:

- Estimar el volumen y las toneladas de sedimentos retenidos por los diques de la restauración hidrológico-forestal de Saldaña (Palencia) para una muestra estimada con criterios estadísticos desde el año de su ejecución.
- Determinar los sedimentos retenidos empleando la metodología por secciones y comparar los resultados con los obtenidos con las diferentes metodologías desarrolladas hasta la fecha.
- Evaluar estadísticamente las metodologías para observar la existencia de diferencias significativas entre ellas y analizar la idoneidad o no del empleo de cada una de ellas en la estimación de la retención de sedimentos.
- Evaluar la eficiencia de los diques forestales en la retención de sedimentos mediante la utilización de fórmulas empíricas y evaluar su influencia en el emisión de sedimentos.
- Estimar tasas erosivas para la restauración a partir de la retención de sedimentos y compararlas con otras restauraciones.
- Poner en valor la restauración hidrológico-forestal de Saldaña desarrollada en un entorno climático atípico, dando a conocer su eficacia.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

5.1.1. Localización

El municipio de Saldaña se localiza al norte de la provincia de Palencia, en la Comunidad de Castilla y León. Dicho municipio se sitúa a 63 km de la capital de la provincia, en la margen izquierda del río Carrión, el cual transcurre a través de su término regando sus vegas. Pertenece a la comarca de páramos y valles palentinos y su red hidrográfica a la Confederación Hidrográfica del Duero. La situación del municipio de Saldaña dentro de la provincia de Palencia se refleja en la Figura 5.1.

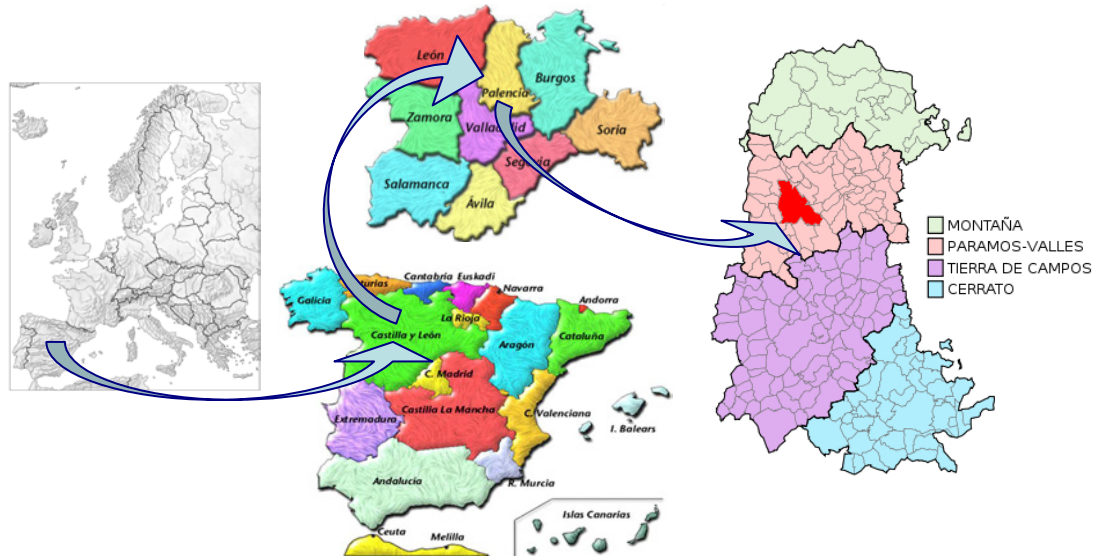


Figura 5.1. Localización del término municipal de Saldaña (Palencia).

En el entorno de Saldaña, más concretamente en la margen izquierda del río Carrión a su paso por el término municipal, destaca un área de *badlands*, que formaba un paisaje intensamente acarcavado desde hace varios siglos en los terrenos de confluencia entre los páramos y las llanuras aluviales, objeto de un intenso proyecto de restauración hidrológico-forestal durante el siglo XX.

Dicho estudio, se sitúa en los terrenos afectados por esta restauración al sureste del municipio de Saldaña, en la confluencia de los términos municipales de Saldaña y Lobera de la Vega, en una extensión que afecta al terreno restaurado que va desde las cárcavas 11 a 20 (ambas inclusive) de las numeradas en el proyecto de Ayerbe (1930). Dichas cárcavas, situadas en el paraje denominado “Cardo de los Valles”, situado en la margen izquierda del río Carrión, vierten sobre este directamente sus aguas y sedimentos. Las coordenadas geográficas y UTM (ETRS89 30N) medias de la zona de estudio se pueden observar en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Coordenadas medias del área de estudio.

Coordenadas medias de la zona de estudio

| | |
|------------------|------------------|
| Geográficas | 42° 30' 36,38" N |
| | 4° 43' 31,33" W |
| UTM (ETRS89 30N) | X: 358254,07 |
| | Y: 4707857,45 |

La superficie de *badlands* que se pretende analizar es de 134076,98 m². La situación del área que se pretende analizar en este estudio respecto del municipio de Saldaña se puede ver en la Figura 5.2.

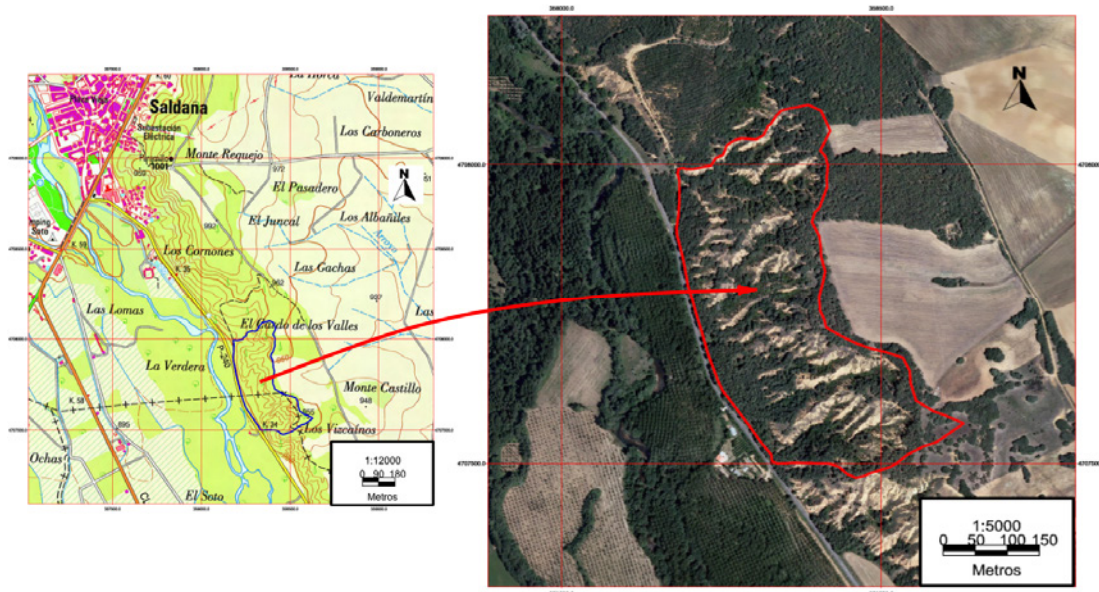


Figura 5.2. Localización de área de estudio en el término de Saldaña (Palencia) (ETRS89 UTM 30N).

Las laderas y barrancos de Saldaña, fueron objeto de sendos proyectos de restauración hidrológico-forestal consistentes en el control y corrección de los procesos erosivos mediante estructuras permanentes y temporales, así como la restauración de la cubierta vegetal de las cuencas vertientes. Las obras ejecutadas no se conocen con exactitud pero el inventario realizado por Martínez de Azagra *et al.* (1997) constató la existencia de 108 diques, 102 correspondientes a las obras proyectadas por Ayerbe (1930) y 6 del proyecto de Azcarretazabal (1963) ejecutado en 1971, todos ellos de mampostería gavionada. El área afectada que se pretende abarcar en este estudio, cuenta con 25 diques de retención construidos de mampostería gavionada, así como la repoblación con diversas especies arbóreas de las laderas de las cuencas vertientes. Estas obras fueron realizadas por la Confederación Hidrográfica del Duero mediante una política de consorcios con los ayuntamientos de los municipios afectados. El efecto generado por la restauración hidrológico-forestal ha sido realmente beneficioso como se demostrará con la realización de este estudio y actualmente sigue siendo muy visible en la zona. Hecho que se puede constatar hoy en día y que el pueblo de Saldaña ha reconocido otorgando una calle a D. Jose María de Ayerbe redactor del primer proyecto de restauración ejecutado en la zona.

5.1.2. Climatología

El análisis del clima de Saldaña se ha realizado a partir de los datos climáticos procesados por Bartolomé (2012) mediante el empleo de dobles acumulaciones, debido a que detectó la presencia de un error sistemático en la estación 2370. Estos datos corregidos son los que nos permiten caracterizar el clima de Saldaña. Concretamente la serie de datos climáticos empleada, la de la estación 2370, es suficientemente amplia ya que posee un rango de datos de 1945 – 2009 en

temperaturas y de 1945 – 2006 en precipitaciones. Analizando los datos climáticos se pueden extraer las principales características termopluviométricas del clima de Saldaña, las cuales se presentan en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2. Características termopluviométricas para el clima de Saldaña.

| Parámetro | Valor |
|---|--------------|
| Precipitación Anual | 528,1 mm |
| Precipitación Invierno | 150,5 mm |
| Precipitación Primavera | 142,2 mm |
| Precipitación Verano | 84,7 mm |
| Precipitación Otoño | 150,7 mm |
| Mes más frío | Enero |
| Temperatura media de las mínimas (tm) | 4 °C |
| Temperatura media mínima absoluta (tma) | -10,3 °C |
| Temperatura media anual (T) | 9,5 °C |
| Mes más calido | Julio |
| Temperatura media de las máximas (Tm) | 14,9 °C |
| Temperatura media máxima absoluta (Tma) | 34,5 °C |
| Periodo frío (meses T media <7 °C) | octubre-mayo |
| Periodo calido (meses T media >30 °C) | Nulo |

El climodiagrama de Walter y Lieth (1960) para Saldaña (Figura 5.3) nos muestra la evolución anual de la precipitación media y la temperatura media. Además podemos observar que el periodo libre de heladas se extiende por los meses de verano siendo la intensidad de la sequía de 2,5 meses centrados en esta época.

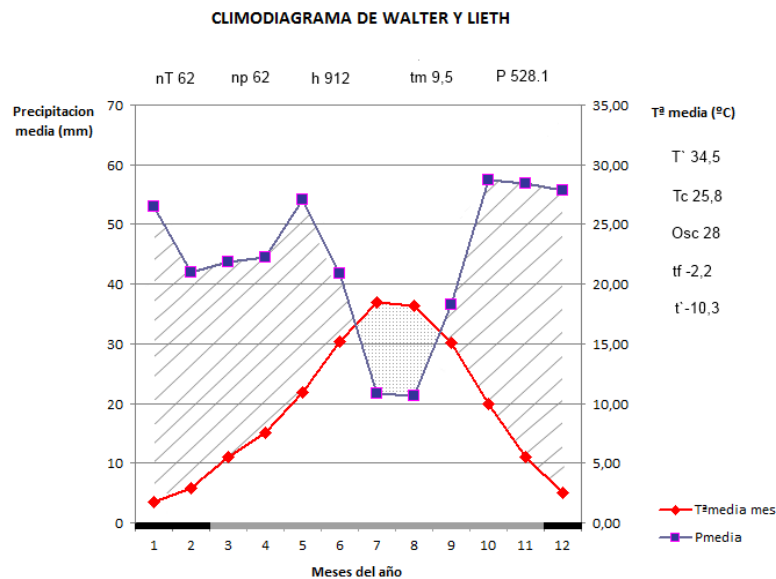


Figura 5.3. Climodiagrama de Walter y Lieth para Saldaña (Palencia).

La ETP para la zona de estudio calculada según el método de Thornthwaite (1948) es de 618,6 mm. Para caracterizar el clima se han calculado diferentes índices climáticos, pluviométricos y bioclimáticos que reflejarán las principales características

del clima de Saldaña (Palencia). Los resultados de los índices climáticos analizados se pueden observar en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3. Índices climáticos estudiados (Ramos, 2012).

| Parámetro | Valor | Clasificación |
|--|--------|---|
| Índice de pluviosidad de Lang (1915) | 55,60 | Zona húmeda de estepas o sabanas |
| Índice de aridez de Martonne (1906) | 27,08 | Zona subhúmeda |
| Índice de Emberger (1932) | 79,74 | Clima mediterráneo húmedo con inviernos fríos de heladas muy frecuentes |
| Índice de Dantin y Revenga (1941) | 1,80 | Zona húmeda |
| Índice de aridez de la UNEP (1997) | 0,85 | Clima húmedo |
| Índice de Vernet (1966) | -3,57 | Submediterráneo |
| Índice de continentalidad de Gorezynski (1920) | 21,78 | Clima continental |
| Clasificación climática de Turc (1961) | 603,70 | Clima húmedo |

Los diferentes índices calculados, como el de Lang (1915), clasifica la zona de estudio como húmeda al igual que el índice de Dantin y Revenga (1941), UNEP (1997) o Turc (1961), pero cabe destacar que la precipitación anual toma valores bajos. Sin embargo debemos tener en cuenta que existe una marcada influencia mediterránea como demuestran el índice de Emberger (1932) (79,74 piso mediterráneo húmedo, con inviernos fríos de heladas muy frecuentes) o el índice de Vernet (1966) que clasifica la zona como clima submediterráneo. Esto desemboca en un clima con ombroclima seco. Por otro lado el índice de continentalidad de Gorezynski (1920) nos clasifica Saldaña como clima continental.

De los índices pluviométricos analizados (Tabla 5.4) observamos que el índice de irregularidad pluviométrico es 3,3 lo que representa una acusada irregularidad pluviométrica. El índice de agresividad del clima de Fournier (1960) es 27,69 mm y el factor R de Erosividad de la Lluvia (Wischmeier y Smith, 1978) es $62 \text{ hJ}\cdot\text{cm}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ($620 \text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) lo que refleja una erosión baja a moderada. Estos valores reflejan un clima mediterráneo continental con inviernos largos y veranos cortos donde las precipitaciones no son importantes repartiéndose regularmente a lo largo del año (Navarro *et al.*, 2013).

Tabla 5.4. Índices pluviométricos estudiados (Ramos, 2012).

| Parámetro | Valor | Clasificación |
|--|---|-------------------------------------|
| Índice de agresividad del clima (Índice de Fournier medio) | 27,69 mm | Moderado |
| Índice de Agresividad o Erosividad de la Lluvia | $62 \text{ hJ}\cdot\text{cm}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ | Erosividad baja a moderada |
| Índice de Irregularidad Pluviométrica | 3,3 | Acusada irregularidad pluviométrica |

En cuanto a la clasificación bioclimática de la zona el índice de Mediterraneidad de Rivas-Martínez (1987) clasifica Saldaña en la Región Mediterránea. Además analizando el índice de termicidad (1987) cuyo valor es de 130,3 clasifica la zona dentro del piso supramediterráneo y el horizonte medio.

Según la clasificación fitoclimática de Allué (1990), Saldaña se encuentra en el subtipo VI (IV)₁ cerca de los límites del VI (IV)₁, siendo ambos nemoromediterráneos genuinos. El subtipo VI (IV)₁ puede existir en diferentes litologías predominando los grupos planicaducifolios marcescentes.

Por otro lado el índice de Gandullo y Serrada (1977) o Índice de Productividad Potencial Forestal (IPPF) toma un valor de 5,38 m³/ha-año, lo cual equivale a tierras que tienen limitaciones moderadas para el crecimiento de los bosques.

En definitiva, podemos concluir que la zona de estudio se enmarca dentro de un clima mediterráneo continentalizado con precipitaciones suficientes repartidas a lo largo de todo el año y temperaturas frías, condicionadas por inviernos largos y fríos con frecuentes heladas.

5.1.3. Geología

La provincia de Palencia está ocupada por dos grandes conjuntos geológicos, los terrenos paleozoicos en el Norte y los terrenos del terciario en el Centro y Sur. También aparece el Mesozoico en el sector nororiental de la zona montañosa del Norte, en las líneas de contacto con la cuenca terciaria y el Cuaternario en las vegas de los ríos. La distribución de las diferentes formaciones a lo largo del perfil de la provincia se observa en la Figura 5.4.

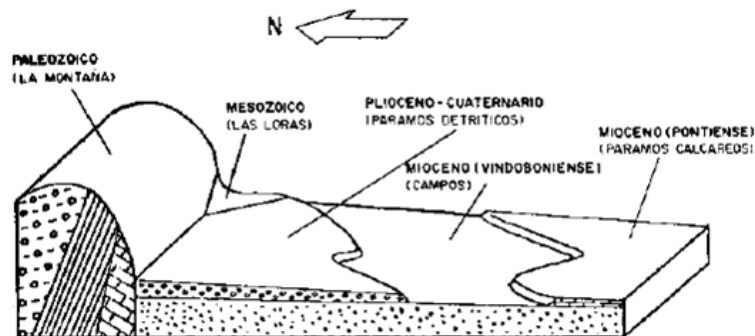


Figura 5.4. Esquema geológico de la provincia de Palencia (Ceñal *et al.*, 1988).

La zona objeto de estudio se localiza en una ladera comprendida entre los terrenos aluviales del Cuaternario, junto al río Carrión, y la cobertura de sedimento arcilloarenoso y acarreo cuarcítico que constituyen el Páramo de Raña de finales del Terciario principios del Cuaternario. Esta ladera presenta un relieve profundamente abarrancado como consecuencia de la naturaleza de los materiales, la actividad antrópica y el efecto del clima (Martínez de Azagra *et al.*, 1997). Dos grandes conjuntos de materiales pueden distinguirse: el Mioceno y el Cuaternario (IGME, 1982) (Figura 5.5). Estas formaciones geológicas se desarrollan a continuación:

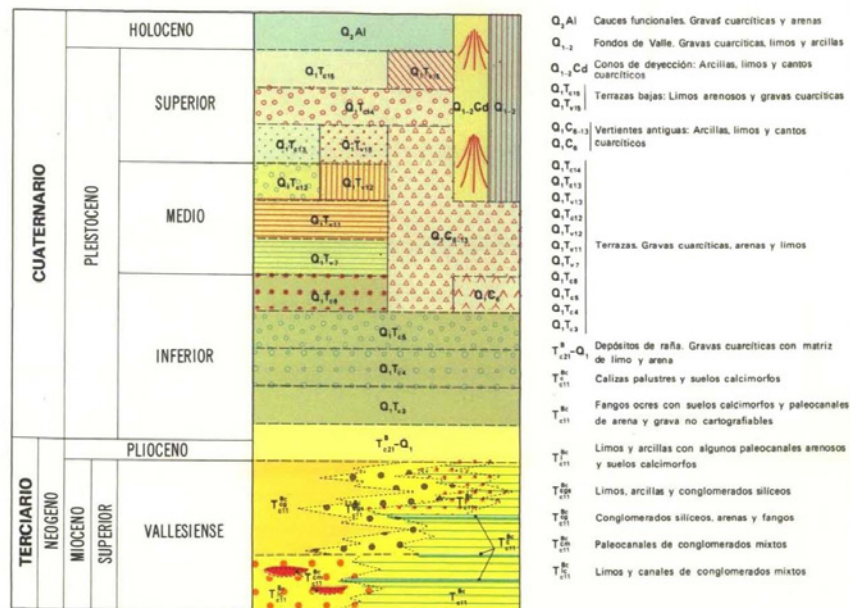
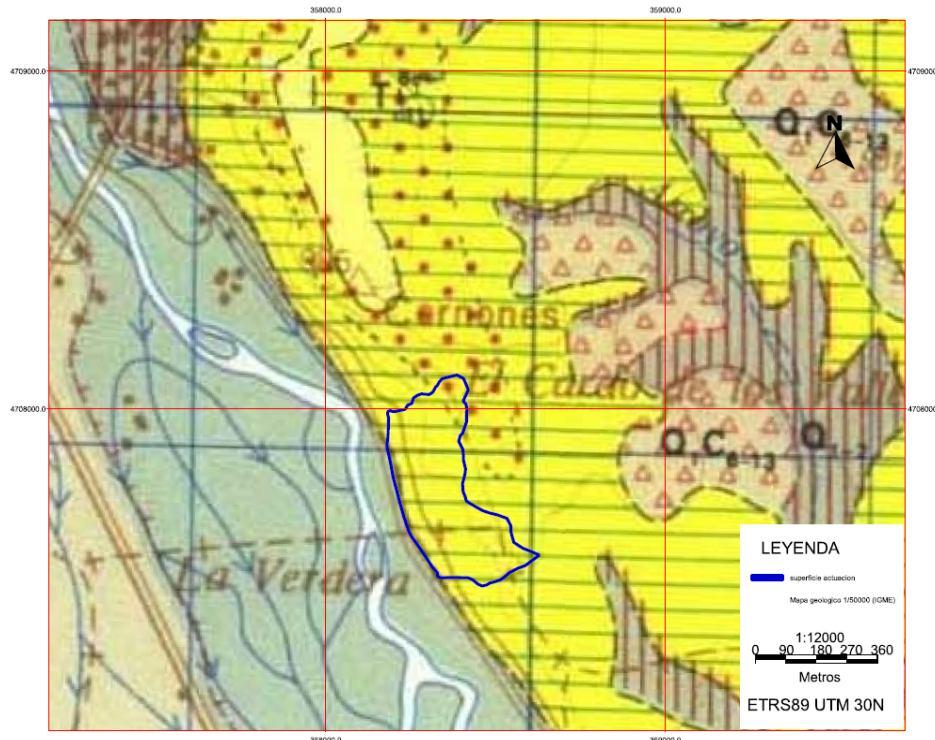


Figura 5.5. Mapa geológico de Saldaña (Palencia) (ETRS89 UTM 30N) (Elaborado a partir del mapa geológico del IGME (1982), hoja 164).

- *Aluviones actuales (Q_2Al):*

Son los aluviones funcionales del río Carrión (Cuaternario, Holoceno). Están formados por gravas y arenas cuarcíticas, que presentan una disposición típica en barras, propia de ríos divagantes y trenzados similar al estado del río Carrión antes de los proyectos de restauración.

- *Fangos ocreos con suelos calcimorfos y paleocanales de arena (T_{c11}^{Bc}):*
Suelos desarrollados durante el Terciario, periodo Neógeno (Mioceno), facies Vallesiense. Se caracterizan por fangos ocreos con suelos calcimorfos desarrollados por drenaje deficiente en ambiente estacionalmente húmedo. Los canales son del tipo de río trenzado ("braided") y/o anastomosado. La litología dominante son los limos arcillosos ocreos con nódulos carbonatados apareciendo ocasionalmente arcillas limosas rojas. Es característica la presencia de canales de arena poco cementada y base de grava silíceo. Los cuerpos arenosos presentan una anchura de 100 m y una potencia de 2 m. Base poco erosiva y estructura interna masiva a veces con estratificación cruzada. El tamaño de la arena varía entre 0,06 mm - 0,15 mm, pudiendo alcanzar la grava los 10 cm. El fondo del canal puede estar formado por gravillas y arena gruesa ($0,5 \text{ mm} < \varnothing < 1 \text{ mm}$). La facies más fina se encuadra como fangos o fangos arenosos. Las arcillas son mayoritariamente de illita con la caolinita minoritaria y trazas de pirofilita e interestratificados.
- *Limos y arcillas con algunos paleocanales y suelos calcimorfos (TI_{c11}^{Bc}):*
Suelos desarrollados durante la era Terciaria, periodo Neogeno (Mioceno), facies Vallesiense. Se desarrolla sobre el estrato anterior y se diferencia por la presencia de intercalaciones rojas arcillolimosas, de canales de fango con gravas y cantos fangosos tapizando la base de éstos y un menor desarrollo de suelos calcimorfos. El ambiente sedimentario es similar al del nivel anterior destacando la presencia de canales de fango y coladas de arcillas rojas.
- *Raña ($T_{c21}^{13} - Q_1$):*
Finales del Terciario (Plioceno) y principios del Cuaternario (Pleistoceno Inferior). La raña constituye un abanico de gran planitud (pendiente media inferior al 1,2 %) que recubre los depósitos miocenos. Se trata de un conjunto de abanicos aluviales anteriores al sistema fluvial actual, lo que subraya que los niveles subyacentes presentaban un deficiente drenaje. Su formación parece estar ligada a periodos más áridos pero con lluvias estacionales fuertes, escasas, pero muy intensas. Litológicamente se compone de gravas cuarcíticas con matriz arcilloarenosa. La mayoría de los cantos son cuarcitas y limolitas cuarcíticas paleozoicas, subredondeados en general. Algunos están arenizados y otros caolinizados. El tamaño de grano varía de 10-20 cm. La potencia varía entre los 30 y los 2 m.

5.1.4. Edafología

Según el Mapa de Suelos de España y de acuerdo con los criterios del USDA (1999), en la cuenca de estudio los suelos predominantes se corresponden con entisoles del suborden orthent (Figura 5.6). Estos suelos se corresponderían con los leptosoles descritos por la IUSS (2006). Se trata de suelos poco evolucionados generalmente en fuertes pendientes con propiedades similares a la roca madre en los que resulta difícil encontrar horizontes diagnósticos. Presentan un alto grado de degradación como consecuencia de los procesos erosivos y son característicos de laderas con altas tasas erosivas. En la Figura 5.6, se pueden observar los suelos fundamentales de la zona de estudio y del entorno.

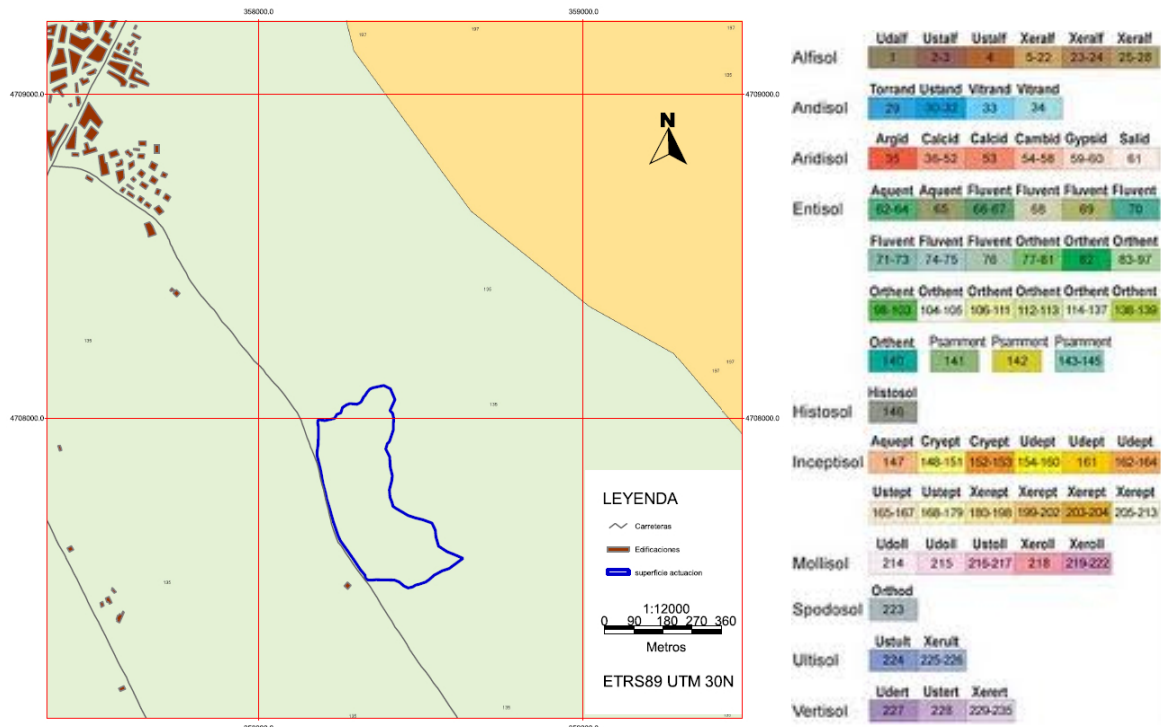


Figura 5.6. Mapa de suelos de la zona de actuación (ETRS89 UTM 30N) (Elaborado a partir del Mapa de Suelos de España, IGN 2011).

Las principales características de los suelos de la zona, basándonos en las muestras de suelo recogidas por Ortega y Navarro (2010) y Bartolomé (2012) mediante la apertura de calicatas de los suelos más representativos de las cárcavas, analizadas por el Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario (itagra ct) y evaluadas en los estudios de Ramos (2012) y Bartolomé (2012) son:

- Texturas: Arcillosas
- Materia orgánica: Deficientes en materia orgánica (0,39 – 1,81%)
- Cationes de cambio: Abundancia de calcio pero deficientes en potasio y magnesio.
- Permeabilidad: Permeabilidad lenta o muy lenta.
- Capacidad de retención de agua en el suelo: Baja (<50mm).
- Reacción del suelo: Suelos fuertemente básicos según USDA (2003).
- Salinidad: Conductividad entre 0,10 y 0,30 dS/m. Suelos no salinos según la clasificación del USDA (2003).
- Abundancia de calcio: Cantidad de carbonatos muy baja. Suelos totalmente descarbonatados y desafectados de caliza activa.

Otro factor muy importante y básico cuando analizamos la producción de sedimentos por causas erosivas es la susceptibilidad de los suelos a la erosión, evaluada mediante el Factor de erosionabilidad de la U.S.L.E (Wischmeier y Smith, 1978). Los resultados obtenidos en el cálculo de este factor por Ramos (2012) y Bartolomé (2012) muestran como los suelos adquieren valores medios incluso altos (0,39 – 0,54) en cuanto a susceptibilidad a la erosión se refiere.

5.1.5. Hidrología

La cuenca de estudio, se localiza en la margen izquierda del río Carrión, el cual riega el valle de su mismo nombre. Se sitúa en la cuenca del Duero (Figura 5.7), siendo el afluente número 14 por la derecha del río Pisuerga (al cual desemboca en el sur de la provincia), que a su vez es afluente del río Duero. El río Carrión, discurre de norte a sur por la provincia de Palencia. Su nacimiento se encuentra dentro del Parque Natural de Fuentes Carrionas y Fuente Cobre, Montaña Palentina. En su recorrido recoge el agua de numerosos afluentes y arroyos tributarios, destacando los aportes del río Ucieza, Cuezua o Valdeginete.

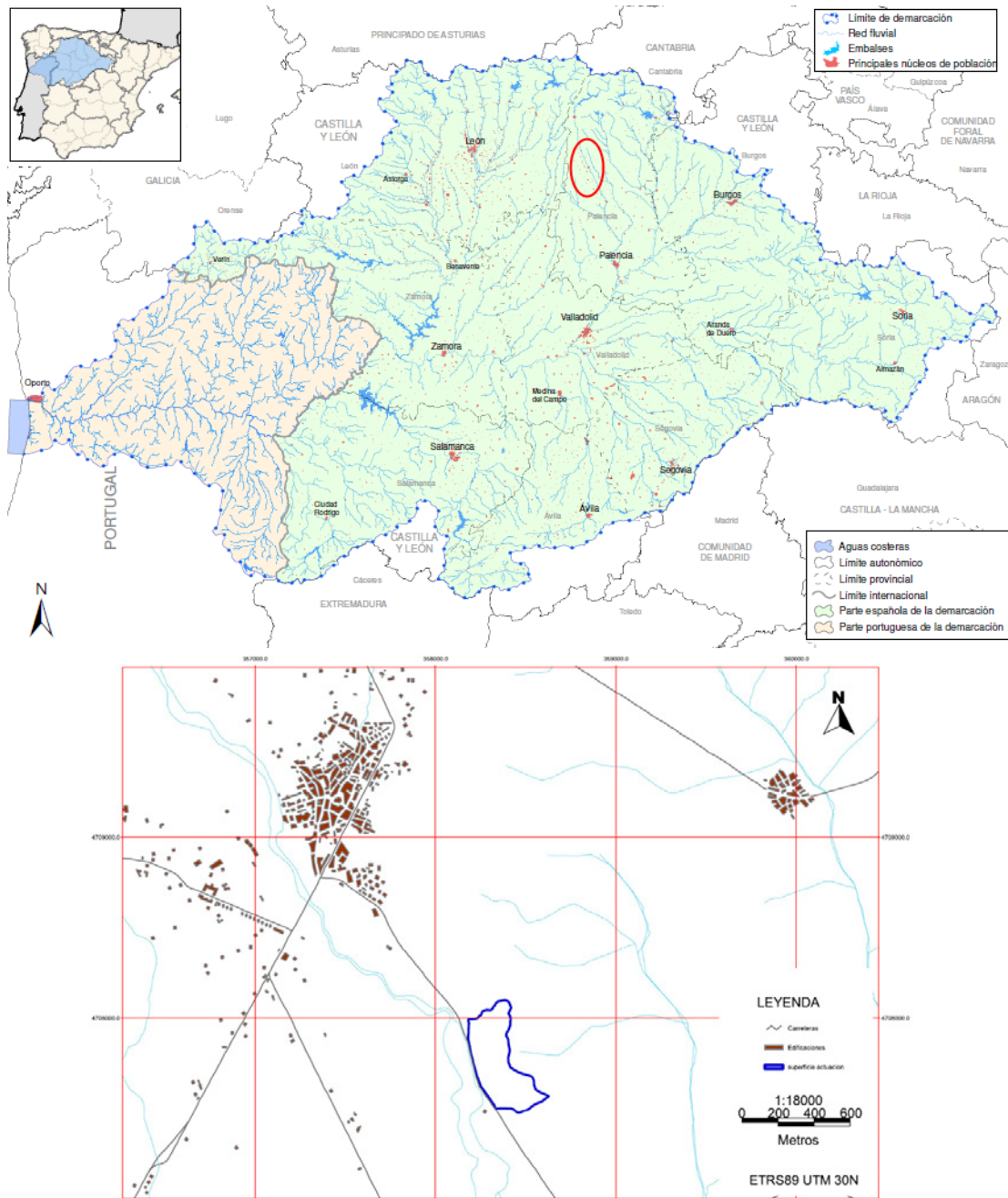


Figura 5.7. Situación del área de estudio en Cuenca del Duero (CHD, 2011).

La aportación media del río Carrión, de acuerdo con los datos que aporta la Confederación Hidrográfica del Duero en la estación de aforos de Palencia (nº 42) para la serie de años de 1912 - 2007, es de 30,74 hm³. Para la serie de años 1969 - 2007 el caudal medio es de 12,08 m³/s y el caudal instantáneo máximo registrado es de 377,2 m³/s registrado en el año hidrológico 1978 - 1979.

La zona de estudio, se caracteriza por la presencia de numerosas cárcavas, situadas en la margen izquierda del cauce del Carrión, todas ellas de tipo exorreico, que vierten directamente los caudales y sedimentos sobre el río. Atendiendo a su superficie, hablamos de cuencas muy pequeñas (tamaño de 0,02765 km² para la cárcava 20) a tenor de la Directiva Marco de Aguas 2000/60/CE. Presentan generalmente formas redondeadas o incluso alargadas, con pendientes medias de la cuenca elevadas (>50%) lo que las confiere un relieve muy pronunciado. En la Tabla 5.5, se pueden observar los parámetros físicos de la cuenca vertiente para la cárcava modelo número 20, los cuales son muy similares a los del resto de cárcavas englobadas dentro del área de estudio.

Tabla 5.5. Parámetros físicos de la cuenca vertiente para la cárcava modelo número 20 (Ramos, 2012).

| Parámetro | Valor | Clasificación |
|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Superficie de la cuenca | 0,02765 km ² | <10 km ² Muy pequeña |
| Índice de compacidad de Gravelius | 1,21 | Cuenca redonda |
| Relación de elongación | 0,58 | Cuenca alargada |
| Relación de relieve | 0,207 | Relieve pronunciado |
| Pendiente media | 51,62% | Relieve pronunciado |
| Índice de pendiente relativo | 45,47% | Relieve pronunciado |
| Curva hipsométrica | | Cuenca de meseta |
| Altura media | 30,66 m | |
| Altitud media | 935,16 m | |
| Curva de frecuencias | | Cuenca de meseta |
| Rectángulo equivalente | L = 247,17 m l = 111,87 m | |
| Coefficiente de Masividad de Martonne | 1111,23 m/km ² | |
| Coefficiente orográfico | 340,81 m ² /ha | Relieve acentuado |
| Factor topográfico de la MUSLE | 8,44 | Poco acentuado |

En cuanto a la red de drenaje, las cárcavas presentan pendientes medias de los cauces en torno al 20% e incluso mayores, siendo elevadas, tratándose de cauces de tipo torrencial. El tiempo de concentración es bajo lo que hace que las cárcavas sean susceptibles a crecidas relámpago. Las cárcavas del entorno, muestran una elevada densidad de la red de drenaje, lo cual es característico en entornos de *badlands*. Además se observa que presentan una frecuencia de cauces alta y moderada o alta torrencialidad, con una marcada homogeneidad litológica. Los valores de estos parámetros, pueden verse en la Tabla 5.6 donde se han evaluado para una cárcava modelo de la restauración (cárcava 20).

Tabla 5.6. Parámetros físicos de la red de drenaje, cárcava modelo número 20 (Ramos, 2012).

| Parámetro | Valor | Clasificación |
|---------------------------------|------------|--------------------|
| Longitud del cauce principal | 256,73 m | |
| Pendiente media cauce principal | 18,15% | Cauce torrencial |
| Tiempo de concentración | 0,15 horas | Crecidas relámpago |

Tabla 5.6 (Cont). Parámetros físicos de la red de drenaje, cárcava modelo número 20 (Ramos, 2012).

| Parámetro | Valor | Clasificación |
|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Densidad de drenaje | 38,89 km/km ² | Alta/fina |
| Canal de alimentación | 0,026 km ² /km | |
| Distancia de escorrentía | 0,013 km ² /km | |
| Alejamiento medio | 1,60 | |
| Coeficiente de torrencialidad | 23910,67 km ⁻³ | Elevado |
| Número total de cauces | 26 | |
| Número cauces orden 1 | 17 | |
| Número cauces orden 2 | 6 | |
| Número cauces orden 3 | 2 | |
| Número cauces orden 4 | 1 | |
| Frecuencia de cauces | 940,33 cauces/km ² | |
| Radio de bifurcación medio | 2,6 | <4, torrencialidad moderada |

Si se analizan perfiles longitudinales de los cauces principales, se observa que estos son típicos de cárcavas corregidas (Figura 5.8) comprobándose la reducción de la pendiente original como consecuencia de la pendiente de compensación generada mediante la cuña de sedimentación.

PERFIL LONGITUDINAL

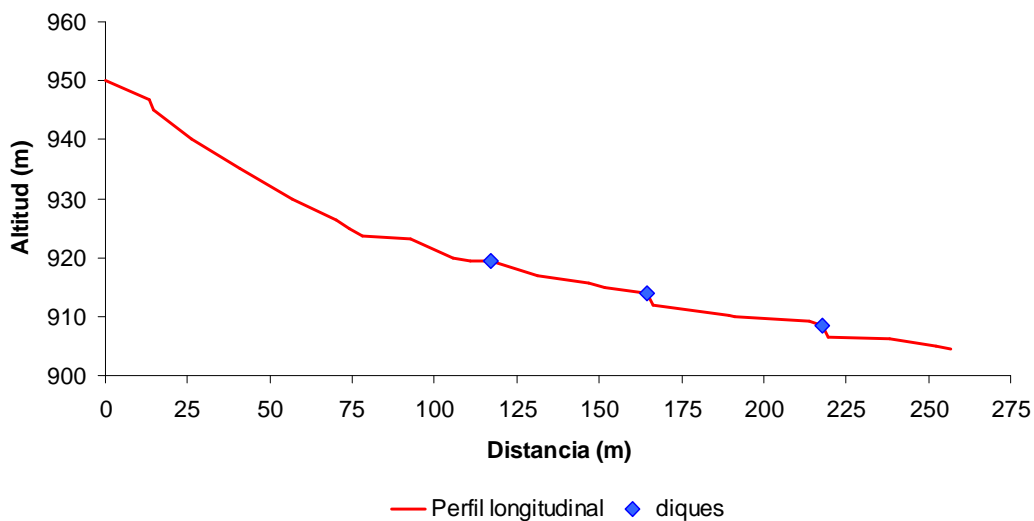


Figura 5.8. Perfil longitudinal de cauce principal modelo (cárcava 20).

5.1.6. Vegetación

La vegetación es un factor muy importante en el control de los procesos erosivos, ya que realiza una función protectora del suelo evitando el impacto directo de las precipitaciones y ayuda a fijar el suelo evitando el avance erosivo. Por ello, comprender y estudiar las necesidades de un territorio para albergar vegetación y elegir la correcta, resultan fundamentales y más cuando queremos conocer las implicaciones de esta en el proceso erosivo.

5.1.6.1. Clasificación biogeográfica y bioclimática

El municipio de Saldaña de acuerdo con Rivas-Martínez (2007) se ubica en las siguientes unidades biogeográficas:

- Reino: Holártico.
- Región: Mediterránea.
- Subregión: Mediterránea Occidental.
- Provincia: Mediterránea Ibérica Occidental.
- Subprovincia: Carpetano Leonesa.
- Sector: Planileones.
- Distrito: Valdaviés.

A partir de los valores de temperaturas medias mensuales, media de las mínimas del mes más frío, media de las máximas del mes más frío e índice de termicidad, Rivas-Martínez, (1987) determina los pisos bioclimáticos correspondientes a la Región Mediterránea. Con los valores para nuestra zona de estudio, comprobamos que esta se sitúa dentro del piso supramediterráneo como muestra la Figura 5.9.



Figura 5.9. Pisos bioclimáticos de España (Rivas-Martínez *et al.*, 2003).

5.1.6.2. Vegetación potencial

Se denomina vegetación potencial a la comunidad vegetal estable en un área dada, que representa la etapa última de la sucesión progresiva (Rivas-Martínez, 2007). La vegetación está condicionada por diversos factores como las condiciones climáticas, la orografía, el suelo o el factor humano.

Se denomina serie de vegetación a la unidad geobotánica sucesionista y paisajista que expresa todo el conjunto de comunidades vegetales o estadios que pueden hallarse en espacios teselares afines como resultado del proceso de la

sucesión, lo que incluye lo mesológico, lo geográfico y lo florístico, tanto de la asociación representativa de la etapa clímax o cabeza de serie, como la vegetación correspondiente a las asociaciones iniciales o subseriales que puedan reemplazarla (Rivas-Martínez, 2007). Las series de vegetación se diferencian atendiendo a su tipología y al paisaje que generan en varios grupos: climatófilas (aquellas que se encuentran en terrenos que sólo reciben agua procedente de las precipitaciones), las edafoxerófilas (desarrolladas sobre suelos xerofíticos) y las edafohigrófilas (desarrolladas sobre suelos azonales).

Cada región y piso bioclimático, anteriormente señalados, llevan asociados unas series de vegetación. Según el Mapa de series de vegetación de Rivas-Martínez (1987), la zona de estudio presenta como vegetación potencial la serie 18a: Serie supramediterránea carpetano-ibérica-alcarreña subhúmeda silicícola de *Quercus pyrenaica*. *Luzulu forsteri-Querceto pyrenaicae sigmetum*. Se trata de una serie distribuida sobre los suelos de carácter silíceo pobres en bases y en zonas de predominio de ombroclimas subhúmedos a húmedos.

Fisonómicamente se configura como un bosque con un dosel arbóreo densamente tupido, pobre en especies, que pasa casi sin continuidad directamente a un estrato herbáceo, siendo muy escasa la presencia de arbustos. En general, entre las herbáceas dominan claramente los hemicriptófitos, alcanzando cierta presencia los neófitos. Las etapas seriales iniciales aparecen formadas por diferentes tipos de piornales, asociados al horizonte bioclimático en el que se sitúa, así encontramos piornales de la asociación *Genista floridae-Cytisetum scoparii*, en el horizonte inferior, de la *Genista floridae-Adenocarpum hispanici* en el medio y finalmente de la asociación *Cytiso oromediterranei-Genistetum cinerascens* en el horizonte superior. Las especies características de estas series son entre otras: *Quercus pyrenaica*, *Genista florida*, *Genista cinerea*, *Adenocarpus complicatus*, *Pterospartum tridentatum*, *Erica australis* var. *aragonensis*, etc. La etapa madura o clímax de estas series corresponde a robledales densos, bastante sombríos, creadores de tierras pardas con mull (*Quercus pyrenaica*).

Las etapas de regresión, se corresponden a matorrales retamoides o piornales (*Genista florida*), que prosperan todavía sobre suelos mulliformes bien conservados y los brezales o jarales (*Erica australis* var. *aragonensis*, *Cistus laurifolia*), donde los suelos tienden a podzolizarse en mayor o menor medida por la influencia de una materia orgánica sin descomponer. En los ombroclimas húmedos aparecen los brezales y la podsolización, que está muy amortiguada en los subhúmedos bajo jarales (Rivas-Martínez, 1987).

5.1.6.3. Vegetación actual

La vegetación actual presente en esta área de *badlands*, difiere en gran medida de la vegetación potencial en la zona. Los robledales se encuentran prácticamente desaparecidos y la vegetación presente es consecuencia de las repoblaciones forestales realizadas durante el siglo XX en la zona. Se trata fundamentalmente de coníferas del género *Pinus*, destacando principalmente *Pinus sylvestris* sobre todo en las laderas y cauces de las cárcavas (Figura 5.10). Como especies acompañantes, destacan *Pinus pinaster*, *Pinus nigra* y *Pinus radiata*, que aparecen fundamentalmente en zonas más llanas como el páramo, donde los procesos erosivos son de menor entidad. En cuanto a especies de hoja caduca, cabe destacar especies como *Populus*

nigra, *Ulmus minor*, *Ulmus laevis* y *Robinia pseudoacacia*, además de numerosos rebrotes de *Quercus pyrenaica*, que se asientan fundamentalmente en cauces y cuñas de sedimentación. El estrato arbustivo, está formado por especies como *Rubus ulmifolius*, *Crataegus monogyna*, *Cytisus scoparius* y *Prunus spinosa*, así como otras especies de menor talla adaptadas a condiciones de solana y menor disponibilidad hídrica, destacando los cantuesares (*Lavandula stoechas* ssp. *pedunculata*) y tomillares (*Thymus zygis*). En cuanto al estrato herbáceo, se encuentra representado por numerosas especies que recubren el suelo formando un manto tupido en los cauces y disminuyendo su cobertura en las paredes de las cárcavas al empeorar las condiciones edáficas para su instalación. Entre las especies de herbáceas destacan *Cynodon dactylon*, *Dactylis glomerata*, *Xolantha tuberaria* o *Dorycnium pentaphyllum* todas ellas con gran presencia en la zona de estudio.

Según nos desplazamos hacia la llanura de inundación del río Carrión, observamos rápidamente como la vegetación cambia hacia especies de ribera. En esta zona, son fundamentales las plantaciones madereras de *Populus x euramericana*. Como especies típicamente ribereñas aparecen *Alnus glutinosa*, *Fraxinus angustifolia*, *Populus nigra* y *Salix* spp.



Figura 5.10. Panorámica de la vegetación del área de estudio.

5.2. CONTROL DE SEDIMENTOS RETENIDOS EN LOS DIQUES

5.2.1. Selección del tamaño de la muestra de diques a medir

La selección del tamaño de la muestra de diques a medir, se ejecutará mediante criterios estadísticos, basándonos en los volúmenes de sedimentos obtenidos en el estudio piloto elaborado por Ramos (2012). En este estudio se abordó la determinación de los sedimentos retenidos mediante la metodología por secciones (Díaz, 2011) y se compararon los resultados respecto a modelos prismáticos simples. Por tanto, esta diferencia entre volúmenes será la tolerancia o error asumible para el

cálculo del volumen, siempre poniéndonos en el caso más desfavorable, es decir, la menor diferencia de volumen.

La Tabla 5.7 muestra los resultados de volumen obtenidos por dique con la metodología de secciones, el volumen total, la media y los estadísticos para la variable volumen. Estos valores son los que nos permitirán abordar el cálculo del tamaño de la muestra de diques a medir. Para determinar correctamente el tamaño de la muestra, se ha comprobado que la variable volumen, proviene de una distribución normal. Según el test de Kolmogorov-Smirnov con un 95% de nivel de confianza, el p-valor adquiere un valor de $0,7335 > 0,05$, no pudiendo descartarse que la distribución de la variable volumen sea normal.

Tabla 5.7. Volumen de sedimentos por dique, volumen total, media y análisis estadístico del volumen por dique.

| Dique | Volumen (m ³) | |
|-------------------------------|---------------------------|----------|
| | 42 | 169,5063 |
| | 43 | 177,0155 |
| | 44 | 192,7672 |
| | 45 | 79,3799 |
| | 46 | 70,9217 |
| Total | | 689,5906 |
| Media | | 137,9180 |
| Desviación típica | | 57,9872 |
| Coefficiente de variación | | 42,0447% |
| Intervalos de confianza (95%) | (65,9172;209,9190) | |
| Asimetría estandarizada | | -0,4779 |
| Curtosis estandarizada | | -1,4175 |

Cabe destacar la utilización del valor de la desviación típica. En este caso, para la determinación del tamaño muestral necesario, se empleará la desviación típica corregida, que adquiere un valor de 51,87, ya que dicho estadístico ofrece una mejor aproximación a la hora de determinar el tamaño de la muestra, de modo que cumpla con garantías las necesidades establecidas. Una vez presentados los datos del estudio piloto, se establecerá mediante la ecuación (1), el tamaño de la muestra necesario para estimar la media con un error inferior a 15 m³ con un nivel de confianza del 90%. La magnitud del error debería situarse próximo al 9,30% de diferencia respecto al mejor de los casos que fue con la metodología de Castillo *et al.* (2007). De ahí el error de 15 m³ que supondría un error porcentual del 10,80%, el cual será muy próximo a las tolerancias anteriormente comentadas, las cuales parece lógico asumir en esta determinación de volumen.

$$n_{\infty} = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \cdot \sigma^2}{e^2} \quad (1)$$

Donde: n_{∞} = Tamaño de la población a medir.

$Z_{\alpha/2}^2$ = Valor correspondiente según la normal al nivel de confianza establecido.

σ^2 = Varianza poblacional.

e = Error máximo en la estimación.

Tras sustituir los valores de cada una de las variables en la ecuación (1), teniendo en cuenta la relación existente entre la varianza y la desviación típica, se obtiene una muestra de diques a medir para un nivel de confianza del 90%. Posteriormente, comprobaremos si se cumple la expresión (2), entre la muestra total (N) de diques y una muestra de diques a medir obtenida (n_{∞}).

$$N > n_{\infty} (n_{\infty} - 1) \quad (2)$$

Si la expresión (2) no se cumple, nos lleva a determinar el tamaño de la muestra mediante la expresión (3):

$$n = \frac{n_{\infty}}{1 + \frac{n_{\infty}}{N}} \quad (3)$$

Esta expresión será la que nos dé el verdadero tamaño de la muestra necesaria de diques a medir para estimar con garantías lo que ocurre en la totalidad de los diques que componen la restauración. Para que esta muestra sea lo más homogénea posible incorporando diques de todas las dimensiones, se seleccionarán los diques contiguos a la cárcava del estudio piloto ya que cumplen estos requisitos de variabilidad de la población y además se tendrá en cuenta que pertenezcan al mismo proyecto de restauración, el de Ayerbe (1930).

5.2.2. Localización de los diques y situación en la cartografía actual

Una vez determinado el número de diques a medir será necesario realizar su localización, para conocer tanto su situación dentro de la restauración, como a la cuenca a la que pertenecen y así poder valorar la influencia que tienen en la estabilización de los cauces y las laderas aledañas.

En primer lugar, se ha consultado el inventario realizado por Martínez de Azagra *et al.*, (1997) para ver la situación de las cárcavas con diques para proceder a su selección. Se seleccionaron aquellas que cumplían los requisitos de proximidad, variabilidad en cuanto a tamaño de diques y periodo de construcción y se ubicaron los diques. Esta localización, se ha ejecutado mediante el empleo del GPS Garmin E-trex Legend Hcx, transitando por el cauce de la cárcava y tomando los puntos de situación de cada dique construido. El punto de localización del dique, se tomó sobre el vertedero de este (Figura 5.11). Los puntos obtenidos se han representado sobre la cartografía actual (IGN, 2011) mediante la utilización del software gvSIG 1.12 en coordenadas UTM ETRS89 30N.



Figura 5.11. Toma de punto de situación en el vertedero del dique.

5.2.3. Determinación del volumen de la cuña de sedimentos

En este estudio se abordará el cálculo del volumen mediante la metodología propuesta por Díaz (2011). Esta metodología es la que se pretende poner en valor y analizar respecto a otros modelos metodológicos de diferente complejidad de cálculo. Para llevarla a cabo, el cálculo del volumen de la cuña de sedimentos requiere de la realización de unas mediciones previas, las cuales se han realizado mediante el empleo de la estación total Leica Tc 307. Posteriormente en gabinete, con los datos de campo obtenidos se realizarán los cálculos oportunos para obtener el resultado de volumen y peso de sedimentos. Este procedimiento se explicará con más detalle en los apartados posteriores.

5.2.3.1. Mediciones previas: levantamiento topográfico

Basándonos en la metodología desarrollada por la U. D. de Hidráulica e Hidrología de la E.T.S.I.I.A.A. de Palencia en colaboración con el Grupo de Hidrología y Conservación de la Universidad Católica de Ávila para la restauración de Tórtoles (Ávila) (Díaz, 2011), se ha realizado un levantamiento topográfico mediante el empleo de estación total. Se trata de un instrumento óptico-electrónico que permite medir la posición de un punto en tres dimensiones, referidas a la ubicación del instrumento, con un error de escala centimétrica.

A partir de las coordenadas de los puntos obtenidos del levantamiento topográfico con estación total se determina el volumen de la cuña de sedimentos. El procedimiento de medición en campo que nos permita esta determinación de volumen requiere llevar a cabo las siguientes estimaciones:

- a. Estimar la sección aguas abajo del dique
- b. Determinar la pendiente longitudinal y el lecho del cauce
- c. Determinar la superficie de la cuña de sedimentos

a.- Estimación de la sección natural aguas abajo del dique

Esta determinación es muy importante, ya que nos permite realizar una estimación del lecho que ha sido colmatado por los sedimentos. Se ha realizado mediante puntos levantados aguas abajo del dique, contiguos al paramento de este, con la estación total, manteniendo una equidistancia entre puntos de un metro. (Figura 5.12). Además, se tomaron dos puntos por encima de esta sección, a ambos lados del paramento del dique, para estimar una aproximación de la pendiente de las laderas de la cárcava justo por encima del dique, para mejorar la aproximación a la verdadera realidad de la cárcava en cuanto a las pendientes se refiere. Esta pendiente resulta de gran utilidad en la ejecución de las secciones transversales como se podrá ver posteriormente.

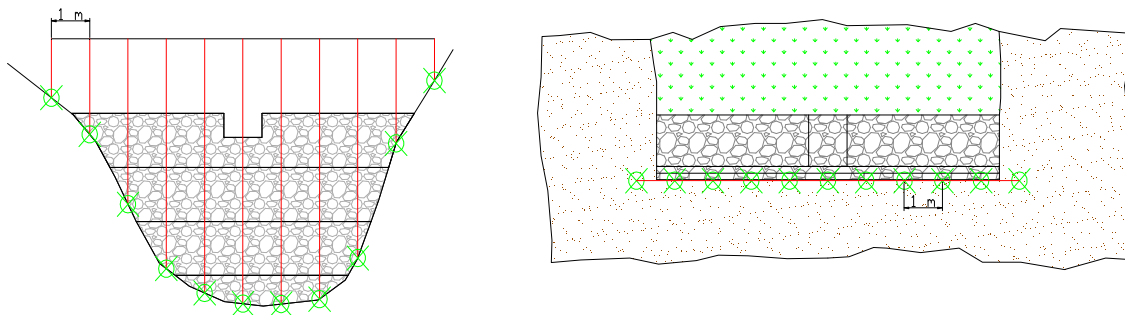


Figura 5.12. Ejecución de medidas aguas abajo del dique (sección natural).

b.- Determinación de la pendiente y del lecho original sobre el que se asienta la cuña de sedimentos

Esta determinación, requiere una correcta identificación del final de la cuña de sedimentos. Para ello, nos debemos fijar en el cambio de pendiente sufrido en el cauce o la variación de la granulometría de los materiales presentes en el cauce. El final de la cuña, puede ser un punto único, o tener una forma determinada, lo cual requiere la realización de varios puntos que representen con la mayor precisión posible la sección del final de la cuña.

Uniendo el punto final de la cuña de sedimentos con el punto central del dique aguas abajo, obtenemos la pendiente natural de la cárcava (Figura 5.13). Si unimos todos los puntos de la sección transversal calculada sobre el cauce natural (sección aguas abajo) con el punto final de la cuña, obtenemos una aproximación del lecho natural del cauce el cual ha sido colmatado por los sedimentos retenidos por el dique durante el periodo analizado (Figura 5.14).

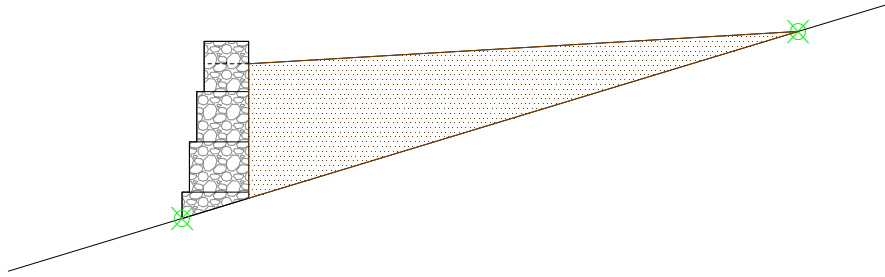


Figura 5.13. Estimación de la pendiente longitudinal mediante puntos medidos con la estación.

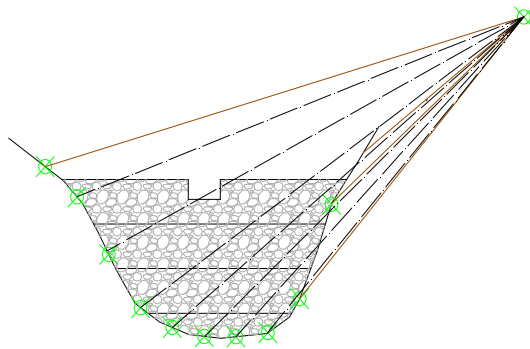


Figura 5.14. Procedimiento para la estimación del lecho de la cárcava con los datos de campo.

c.- Determinación de la superficie de la cuña de sedimentos

La determinación de la superficie de la cuña de sedimentos requiere de la realización de secciones transversales a lo largo de toda la cuña, obteniendo los puntos que delimitan cada sección. El número de secciones transversales a realizar varía en función de la longitud de la cuña de sedimentos (Tabla 5.8). Con esta determinación se obtiene con precisión la superficie de la cuña de sedimentos tal y como es en la actualidad, con una gran precisión de muestreo.

Tabla 5.8. Determinación de la distancia entre secciones transversales en función de la longitud de la cuña de sedimentos (Díaz, 2011).

| Longitud de cuña (m) | Distancia entre secciones (m) |
|----------------------|-------------------------------|
| < 5 | 0,5 |
| 5 – 10 | 1 |
| 10 – 15 | 1,5 |
| 15 – 20 | 2 |
| 20 – 25 | 2,5 |
| > 25 | 3 |

En cada sección se han tomado puntos con una separación de 1 metro (Figura 5.15) ya que en estudios anteriores como el realizado por Díaz (2011) se comprobó como una reducción en el trabajo de campo al pasar de una equidistancia de 0.5 a 1 metro en la toma de puntos no suponía una disminución de la precisión de los

resultados del volumen de sedimentos retenidos por el dique. Además en aquellos diques cuya cuña de sedimentos se situase por encima de los 30 metros, se optó por aumentar la separación entre secciones hasta los 4 metros, con el fin de reducir el esfuerzo de toma de datos en campo, ya que al aumentar en un 1 metro la separación entre las secciones, las diferencias que se producen en las determinaciones del volumen son prácticamente nulas mediante el empleo de la fórmula del prismoide. De este modo, se reducen el número de secciones a realizar y se aumenta considerablemente el rendimiento.

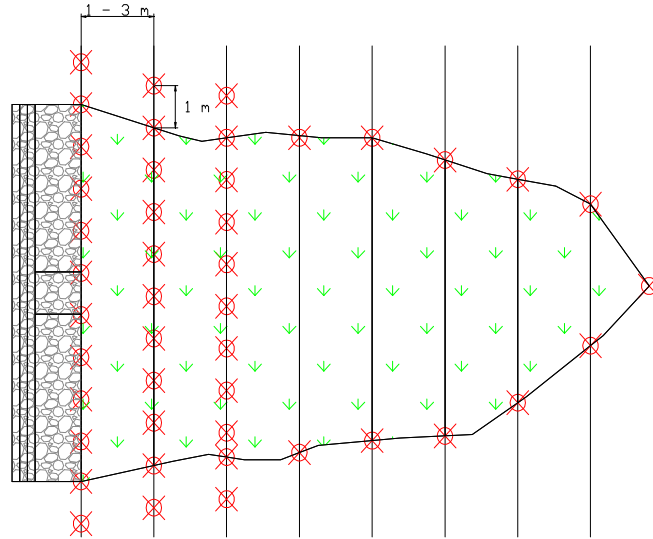


Figura 5.15. Mediciones para la determinación de la superficie de la cuña de sedimentos.

Para realizar estas mediciones se situó la cinta métrica mediante jalones de un extremo a otro de la cuña de sedimentos, considerando los límites de esta en cada sección, en la intersección con las laderas de la cárcava, observando estos límites a partir del cambio de pendiente y se fue situando el prisma reflector en estos puntos y luego a la distancia considerada de 1 m, salvo en aquellos puntos donde se requirió de un punto intermedio que permitiera definir con precisión la anchura de la cuña de sedimentos.

Para realizar todas estas mediciones se empleó el siguiente material y medios:

- Estación total Leica Tc 307
- Trípode
- Prisma reflector
- Jalón extensible
- Cinta métrica
- Jalones de sujeción
- GPS Garmin E-trex Vista
- Estaquillas y martillo
- Tijeras de podar
- Hacha
- Azada y azadilla
- Pico
- 3 personas

Las medidas se han ejecutado mediante la realización de un levantamiento topográfico con la estación total, siguiendo un itinerario, transitando por el cauce de la cárcava de forma que ha sido necesario estacionar varias veces para poder ejecutar todas las visuales. Debido a la pronunciada orografía del terreno con grandes pendientes (generalmente >50%) y pronunciadas crestas; por lo que no se ha podido realizar un itinerario cerrado y se ha tenido que dejar la poligonal abierta. Se han elegido puntos de estación que permitan realizar el itinerario de forma que se pudieran visar todos los puntos necesarios en los diques (Figura 5.16 izquierda). Para ello, se optó por estacionar aguas abajo y arriba del dique a medir, siempre minimizando al máximo el número de estaciones. En la realización de las mediciones nos hemos encontrado el problema de la orografía del terreno y la falta de visibilidad por causa de la vegetación que ha dificultado el estacionamiento, transito por la cárcava así como la visión del prisma a la hora de realizar las mediciones (Figura 5.16 derecha y Figura 5.17 izquierda). Muchas veces antes de proceder con el levantamiento se ha requerido una labor de poda y desbroce muy exhaustiva (Figura 5.17 derecha), realizando espacio para transitar por la cárcava y poder lanzar las visuales a los puntos a medir.

En algún caso, ha habido que excavar para encontrar el nivel de enterramiento del dique aguas abajo, cuando este era evidente. En el resto de casos, no se ha considerado que la sección aguas abajo no fuese la original, aunque esto no es cierto. La asunción de esta hipótesis, supone una estimación por debajo del nivel de los sedimentos retenidos.



Figura 5.16. Medición de cuña de sedimentos con la estación total (izquierda) y cuña de sedimentos levantada vista desde una cresta con la abundancia de vegetación (derecha).



Figura 5.17. Dique 32 antes (izquierda) y después (derecha) de su desbroce y medición.

El levantamiento topográfico ha comenzado con una correcta instalación y nivelación de la estación total, lo cual se ha comprobado con asiduidad para minimizar los errores del levantamiento. Posteriormente se situó el prisma reflector sobre el jalón buscando una altura visible de este, para poder proceder a la ejecución de las mediciones. Cuando las condiciones de visibilidad impedían ver el prisma ha sido necesario aumentar la altura de este, llegando en algún punto a agotar la altura del jalón del prisma.

Para comprobar y minimizar el error con el que se puede realizar el levantamiento topográfico al no poder realizar una poligonal cerrada, se ha optado por la toma de puntos comunes a dos estaciones de forma que sirvan de comprobación para una correcta ejecución junto con las medidas realizadas de estación a estación.

5.2.3.2. Cálculo del volumen de sedimentos retenido

La determinación del volumen de la cuña de sedimentos, se realizará a partir de los datos obtenidos con las mediciones realizadas en el levantamiento topográfico. La forma de calcularlo, se asentará en el siguiente procedimiento de gabinete:

- a. Determinar el área de cada sección transversal de la cuña
- b. Determinar el volumen entre dos secciones consecutivas
- c. Determinar el volumen total de la cuña de sedimentos

a.- Determinación del área de cada sección transversal de la cuña

Este procedimiento se apoya en los datos tomados en campo con la estación total. Con los datos del levantamiento topográfico (coordenadas relativas a cada punto) se obtendrá para cada sección transversal medida en campo de la cuña de sedimentos el área en esa sección. El área de cada sección de la cuña de sedimentos, se obtiene con el empleo de cálculo electrónico mediante el software de diseño gráfico AutoCAD 2012. Este software, nos permite representar las diferentes secciones a partir de las coordenadas (representación en dos dimensiones) obtenidas con la estación total y medir el área generada por cada sección.

Para poder determinar el área de cada sección transversal se han comparado la sección natural aguas abajo con cada sección determinada para la cuña de sedimentos, siguiendo el siguiente procedimiento:

1. Obtención en planta de la cuña y determinación del eje del cauce a partir de los puntos de las secciones evaluadas con la realización del levantamiento topográfico.
2. Representación de ambas secciones a comparar (sección aguas abajo y sección de la cuña) en dos dimensiones, en el mismo plano.
3. Comparación de ambas secciones mediante traslado de la sección aguas abajo la distancia correspondiente hasta cada sección transversal de la cuña de sedimentos (d) y la obtención de la altura (h) de elevación del cauce en esa sección, a partir del perfil longitudinal estimado de la cuña de sedimentos. (Figura 5.18).
4. Traslado de las secciones la distancia lateral (D) a considerar desde el punto central aguas abajo según el eje del cauce (Figura 5.19).

5. Aproximación de la sección aguas abajo a la anchura real del cauce colmatado mediante la aplicación de un coeficiente de reducción a la sección aguas obtenido en función de la variación estimada del lecho de la cárcava analizada (Figura 5.19).
6. Para proceder al cierre de la sección para determinar un área, se ha optado por prolongar la pendiente estimada para las laderas de la cárcava mediante puntos externos a la superficie de la cuña, teniendo en cuenta los deslizamientos como volumen retenido.

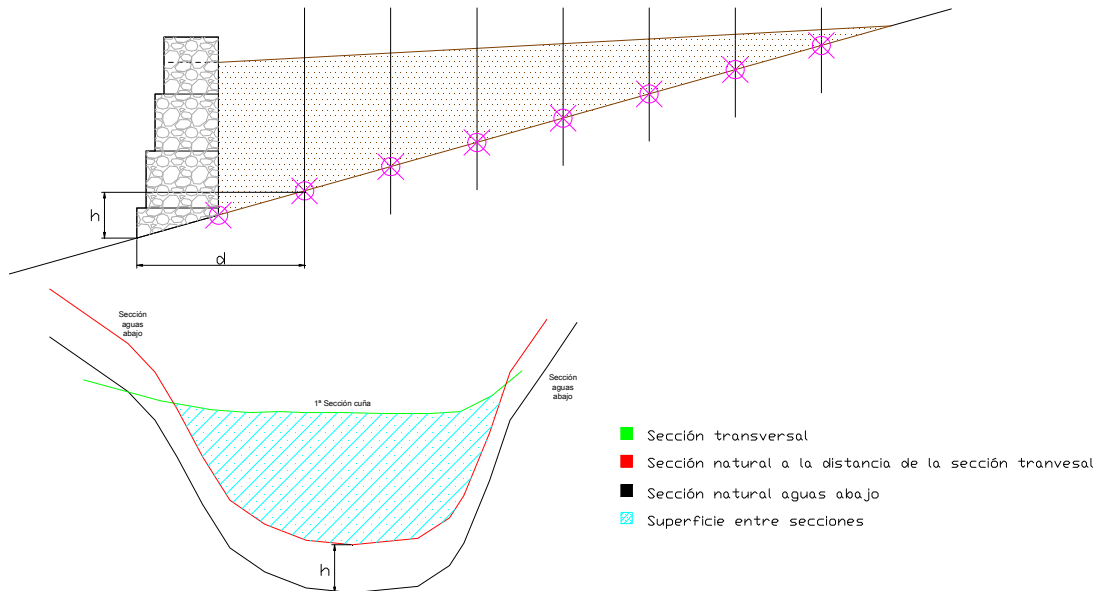


Figura 5.18. Determinación del área generada por las secciones transversales.

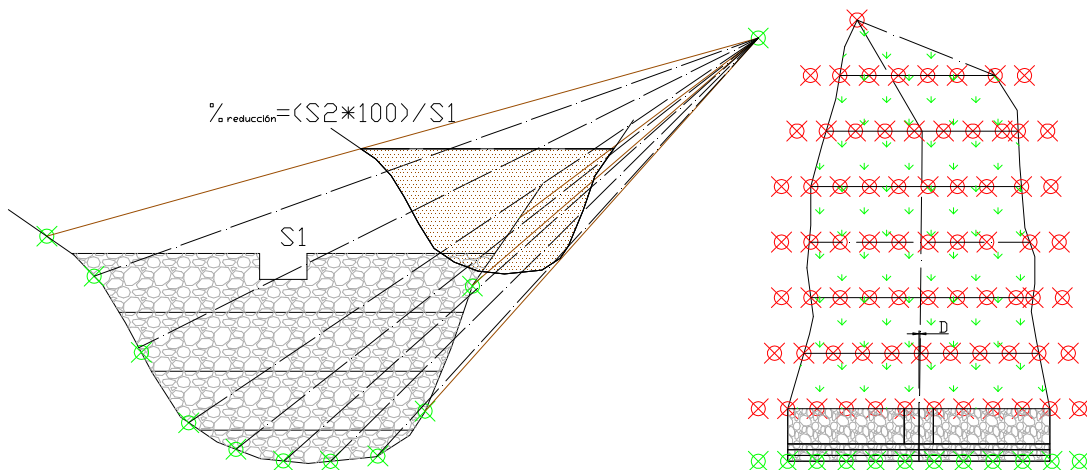


Figura 5.19. Determinación de la variación del lecho mediante ajustes de las secciones.

A la hora de determinar estas áreas se tendrá en cuenta el incremento de superficie generado por los deslizamientos laterales. Estos deslizamientos suponen un volumen muy amplio dentro de los sedimentos retenidos ya que este proceso de deslizamiento es de gran magnitud dentro de toda el área de estudio y es actualmente el proceso de movimiento de suelo más importante que se desarrolla dentro de estas

cárcavas corregidas. Por ello obviar este volumen supondría una estimación a la baja del volumen retenido y no se tendría en cuenta una de las funciones de este tipo de estructuras como es la de estabilizar las laderas y cauces mediante la cuña de sedimentos reduciendo los movimientos en masa. Por lo tanto se ha optado por medir la longitud del deslizamiento en aquellos puntos donde estos son claramente presentes, de forma que se obtengan unos resultados más correctos y representativos.

Por otro lado, en situaciones de dique con dissipador-contradique, ha sido necesario realizar diversas correcciones para estimar el área de la sección en el dissipador de modo que no se obviasen los sedimentos retenidos en este. Para ello, se revisaron los proyectos y el inventario para obtener los datos de profundidad del dissipador y anchura de las hiladas. En aquellos casos donde estos datos no se pudieron encontrar, se procedió a excavar el dissipador hasta el final de este, de modo que obtuviéramos el dato real de su colmatación. En la Figura 5.20, se puede observar la ejecución de estas mediciones para determinar la profundidad del dissipador.



Figura 5.20. Determinación de la profundidad de sedimentación en un dissipador.

b.- Determinación del volumen entre dos secciones consecutivas

La determinación del volumen entre dos secciones consecutivas, requiere conocer con anterioridad el área de cada sección transversal y la distancia entre dos secciones consecutivas. Para realizar el cálculo del volumen generado entre dos secciones consecutivas, será necesario asemejar el sólido comprendido entre ambas a un prismoide (Díaz, 2011). Se llama prismoide al sólido limitado por dos caras planas y paralelas de forma cualquiera, llamadas bases, y por una superficie reglada, engendrada por una recta que se apoya en ambas. El volumen del prismoide viene dado por la fórmula:

$$V = \frac{d}{6} (B_1 + B_2 + 4B_m)$$

- Donde: - d: distancia entre las bases o altura del prismoide.
- B_1 y B_2 : áreas de las dos bases.
- B_m : área de la sección media.

La sección del sólido comprendida entre dos perfiles transversales, podemos asimilarla a un prismoide pero esta hipótesis no es totalmente exacta ya que los perfiles transversales pueden ser las bases del prismoide pero la superficie del terreno no es una superficie reglada, sino en general irregular. No obstante, si los perfiles

transversales se encuentran separados por una pequeña distancia el terreno se puede asemejar a una recta y la fórmula es bastante exacta (Díaz, 2011). Además el error cometido es por exceso en unos casos y por defecto en otros, compensándose los volúmenes de tierra. Mediante esta fórmula, podemos determinar el volumen generado entre secciones consecutivas empleando un perfil intermedio (secciones 1-2-3, siendo la 2 el perfil intermedio). La necesidad del empleo de esta fórmula se basa en que ofrece unos resultados de mayor exactitud (Díaz, 2011).

c.- Determinación del volumen total de la cuña de sedimentos

Esta determinación, se realiza mediante la suma de los volúmenes obtenidos en el paso anterior para cada par de secciones consecutivas. El resultado obtenido de la suma del volumen generado por cada par de secciones a lo largo de toda la cuña del dique, nos representa el volumen total de sedimentos retenidos por cada dique.

Según el tipo de perfil del dique en el cual estemos calculando el volumen de la cuña de sedimentos, será necesario o no descontar el volumen ocupado por los gaviones aguas arriba. En nuestro caso por tratarse de diques con un perfil escalonado aguas abajo con el paramento vertical aguas arriba no será necesario descontar el volumen ocupado por los gaviones.

5.2.4. Cálculo del volumen de sedimentos con otras metodologías

Una de las preocupaciones presentes, es conocer la idoneidad de las metodologías para extraer conclusiones veraces sobre la capacidad de los diques en la retención de sedimentos y su idoneidad o no. Por tanto, será necesario evaluar la metodología aplicada con las desarrolladas por otros autores con el fin de comprobar la diferencia entre los diferentes métodos. Las metodologías planteadas para realizar esta comparación son las propuestas por Castillo *et al.* (2007), Romero *et al.* (2007), Sougnez *et al.* (2011) y Bellín *et al.* (2011), que han sido entendidas como suficientes en los trabajos publicados hasta el momento, las cuales a priori son muy dispares tanto en datos de entrada como en los cálculos.

- Metodología de Castillo *et al.* (2007)

Castillo *et al.* (2007) estiman que en estas zonas los cauces presentan forma de V que difiere bastante de las estimaciones en U para ramblas. Siguiendo esta afirmación estiman la sección media de la cuña de sedimentos (w) como:

$$w = (w_b + w_s) / 2$$

- Donde: - w_b : ancho del canal en la sección aguas abajo del dique.
- w_s : anchura media de la cuña de sedimentación.

En este caso el volumen de sedimentos almacenados por los diques se estima mediante la siguiente fórmula:

$$V = \frac{1}{2} \cdot w \cdot l_s \cdot h$$

- Donde: - h: altura de los sedimentos medidos desde la base del dique.
- l_s : longitud de la cuña de sedimentos.
- w: anchura media del canal rellenado de sedimentos.

Para desarrollar esta metodología emplearemos como datos la medida, la anchura aguas abajo del dique, la sección media calculada como el resultado de dividir la superficie entre la longitud total de la cuña, la longitud total de la cuña de sedimentos y la altura de sedimentos medida sobre el paramento del dique. Estos datos son de fácil estimación en campo y demuestran la baja complejidad de datos necesaria en este modelo prismático. En realidad, la utilización de estos datos, supone una ligera mejora en las estimaciones del volumen ya los valores empleados provienen de mediciones reales de estación total.

- Metodología de Romero *et al.* (2007)

En esta metodología el cálculo del volumen lo realiza asociándolo a la figura geométrica que considera más parecida a la forma tridimensional de los sedimentos acumulados en el dique. Esta es la de una pirámide de base trapezoidal en posición horizontal (Hernández *et al.*, 2004). La fórmula utilizada para el cálculo del volumen de sedimentos es:

$$V = \frac{1}{3} \cdot B \cdot H$$

- Donde: - V: es el volumen de sedimentos.
- B: área de la base coincidente con el dique.
- H: longitud de la cuña de sedimentos.

Emplearemos datos de campo básicos como son anchura superior e inferior del dique, altura de sedimentos en este y la longitud de la cuña de sedimentos, los cuales requieren un bajo esfuerzo de campo y ofrecen una dudosa aproximación relativa a la realidad sedimentaria de la zona. Estos datos, también suponen una mejora ya que se trata de valores determinados a partir de los datos del levantamiento topográfico.

- Metodología de Sougnez *et al.* (2011)

Esta metodología plantea determinar el volumen mediante la construcción de dos capas desarrolladas con la ejecución de un levantamiento topográfico. La primera de ellas, la capa de superficie de la cuña de sedimentos generada a partir de de la toma de puntos de la superficie y la segunda, que simularía el lecho colmatado se reconstruiría a partir de datos de las pendientes actuales y cárcavas sin corregir estimando la profundidad del lecho a partir de la siguiente fórmula:

$$H = h - \left(\frac{h}{L} \cdot l \right)$$

- Donde: - H: profundidad del lecho.
- h: profundidad de sedimentación en el dique.
- L: longitud de la cuña de sedimentos.
- l: distancia del dique al transecto considerado.

Estas capas de puntos se implementan en el software Surfer Demo 11 y por superposición de las capas a partir puntos comunes, calcula el volumen entre ambas mediante la fórmula de Simpson cuya implementación en el software sería:

$$A_i = \frac{\delta_x}{3} [G_{i,1} + 4G_{i,2} + 2G_{i,3} + 4G_{i,4} + \dots + 2G_{i,nCol-1} + G_{i,nCol}] \quad 1 \leq i \leq n$$

$$\text{Volumen} = \frac{\delta_x}{3} [A_{,1} + 4A_{,2} + 2A_{,3} + 4A_{,4} + \dots + 2A_{mRow-1} + A_{mRow}] \quad 1 \leq j \leq m$$

- Donde: - δ_x : espacio entre la columna de pixeles del MDT creado (m).
- δ_y : espacio entre cada fila de pixeles del MDT creado (m).
- G_{ij} : la altitud del pixel i, j .

Para determinar el volumen con este método nos apoyaremos en los datos del levantamiento topográfico realizado con la estación total y a partir de ellos elaboraremos las dos capas de MDT (una de lecho mediante la reconstrucción de este con puntos de pendientes de las laderas y otra de superficie con puntos del perímetro de la cuña y la superficie de esta) como se puede ver en la Figura 5.21, que nos permitan obtener por diferencia los resultados de volumen. Los datos necesarios para esta metodología, realmente provienen de un GPS centimétrico, aunque en este caso emplearemos los datos obtenidos con la estación total. La complejidad del método es más elevada ya que requiere una mayor intensidad de muestreo en campo para las determinaciones. El resultado es un volumen total de sedimentos retenidos en las unidades de medida de las capas que introducimos para ejecutar los cálculos.

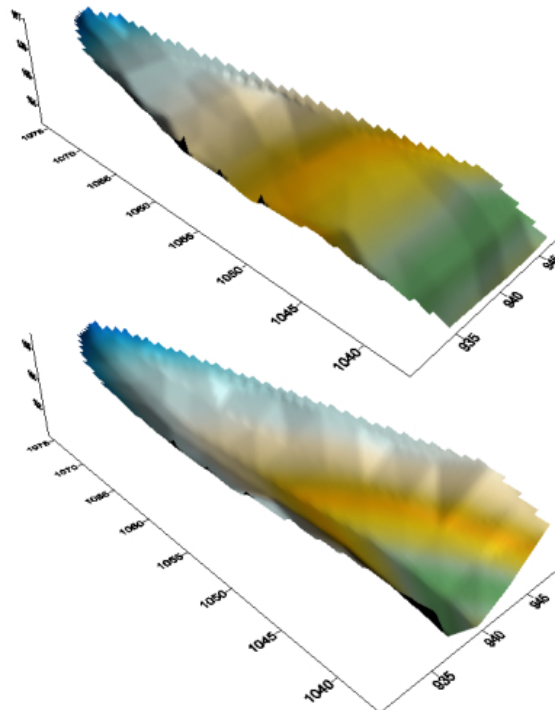


Figura 5.21. Mallas generadas en la cubicación de diques empleando la metodología de Sougnez *et al.* (2011). Superficie (arriba) y lecho (abajo).

- Metodología de Bellín *et al.* (2011)

Bellín *et al.* (2011) asumen que las cuñas de sedimentos se asientan sobre un lecho en forma de U. Para determinar el sedimento retenido estiman la profundidad del lecho a partir de la siguiente fórmula:

$$H = h - \left(\frac{h}{L} \cdot l \right)$$

- Donde:
- H: profundidad del lecho.
 - h: profundidad de sedimentación en el dique.
 - L: longitud de la cuña de sedimentos.
 - l: distancia del dique al transecto considerado.

Luego se miden en campo secciones transversales de la cuña con GPS (emplearemos las de la estación total) y las pendientes de las laderas medidas con clinómetro en estas secciones y se procesan junto con la profundidad del lecho para obtener secciones transversales de la cuña. Para cada par de secciones se cubica el volumen asemejándolo a la figura geométrica más parecida. En nuestro caso se optó por utilizar la fórmula de la sección media. El volumen total se obtiene a partir de la suma total de los sedimentos retenidos por cada par de secciones.

5.2.5. Volumen total de sedimentos retenidos en la cuenca

El volumen total de sedimentos retenidos en la cuenca, se obtiene mediante la suma de los volúmenes totales de sedimentos retenidos por cada dique. Esta cifra, nos da una aproximación del volumen de sedimentos producidos por la cuenca como mínimo y por tanto, permite una estimación de la tasa de erosión sufrida en función de la superficie de la cuenca. Como se ha determinado el volumen para una sucesión de cuencas, podemos obtener resultados erosivos para un tramo de la restauración que nos indique la dinámica de lo que en esta zona está ocurriendo.

5.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS SEDIMENTOS: DENSIDAD APARENTE

La caracterización de los sedimentos retenidos por los diques se ha realizado mediante la determinación de su densidad aparente. Esta determinación para el sedimento retenido por cada dique, se ha realizado mediante el empleo del método de los cilindros (Figura 5.22). Este método, se basa en la utilización de cilindros de acero que permiten extraer muestras de suelo sin modificar y de volumen conocido, por lo que la densidad aparente puede ser calculada en base a la relación peso seco de la muestra entre el volumen del cilindro.

El procedimiento realizado para determinar la densidad aparente es el siguiente: La muestra de suelo se extrae introduciendo el cilindro hasta su totalidad, cubierto con la tapa para evitar pérdidas de material, procurando no dejar espacios vacíos ni material que sobresalga del cilindro. Una vez recogida la muestra, se extrae del cilindro y se coloca en estufa a 105-110 °C para realizar su secado hasta peso constante (24 horas aproximadamente).



Figura 5.22. Determinación de densidad aparente mediante el método del cilindro. Toma de muestras en campo (derecha) y determinaciones en laboratorio (izquierda).

Con el peso de la muestra seca obtenido y el volumen del cilindro, calcularemos la densidad aparente del suelo mediante la siguiente fórmula:

$$\rho_{\text{aparente}} = \frac{\text{Pesomuestraseca}}{\text{Volumencilindro}}$$

Se ha optado por determinar la densidad aparente de cada cuña de sedimentos de forma independiente. Para ello se han realizado tres mediciones de densidad aparente en cada cuña de sedimentos de cada dique a diferentes profundidades (más profundo cuanto más próximo al dique y disminuyendo la profundidad según nos alejamos de este) de forma que se pueda obtener un valor más preciso de densidad aparente de los sedimentos retenidos. Las profundidades empleadas fueron de 30, 20 y 10 cm, con una separación mínima de 1 metro al paramento del dique de la primera muestra y equidistancia mínima de 1,5 metros entre las muestras. A partir de esta estimación de densidad aparente se procederá al cálculo del peso de los sedimentos retenidos para cada dique.

5.4. ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA EN LA RETENCIÓN DE SEDIMENTOS POR LOS DIQUES

La determinación de la eficiencia de retención (TE) para cada dique, resulta fundamental para obtener el nivel de eficacia de estos en cuanto a retención se refiere. Su cálculo se ha realizado siguiendo la expresión empírica propuesta por Brown y Jarvis (1943), la cual es la siguiente:

$$TE = 100 \cdot \left(1 - \frac{1}{1 + 0,0021 \cdot D \cdot \frac{C}{W}} \right)$$

Donde: C: Capacidad de almacenamiento del embalse (m³).

W: Área de captación de sedimentos (km²).

D: Parámetro empírico. Valores entre 0,046 a 1, con valor medio de 0,1, dependiendo de las características del depósito. Brown (1943) sugiere que los valores para D están cerca de 1 (es decir, un alto TE).

Esta expresión, es frecuentemente utilizada para estas determinaciones como así se constata en los estudios de Romero (2012) o Díaz *et al.* (2014). En la realización de los cálculos, se ha asumido que el valor del parámetro D es la unidad, ya que se trata de una zona donde la escorrentía es muy variable, hecho postulado por Brown y Jarvis (1943) para determinar uno el valor de este parámetro. Este mismo valor del parámetro D es el que ha sido empleado por Díaz *et al.* (2014) para la zona de Tórtoles (Ávila).

5.5. EMISIÓN DE SEDIMENTOS

La emisión de sedimentos, se corresponde con fracción del total de los sedimentos producidos en la zona de estudio, los cuales no han sido retenidos por las hidrotecnias construidas. En este caso, se ha evaluado la emisión de sedimentos a partir del volumen de sedimentos retenidos para cada dique (producción de sedimentos por dique) de forma independiente y mediante el sumatorio se ha determinado la emisión total para toda el área de estudio, para lo cual ha sido necesario determinar con anterioridad la producción total de sedimentos. La ecuación que nos relaciona estos parámetros, es la siguiente:

$$TSY = SY + SE$$

Donde: TSY: Producción total de sedimentos o tasa de erosión ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$).

SY: Sedimentos retenidos o producción de sedimentos ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$).

SE: Emisión de sedimentos ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$).

En primer lugar, se ha determinado la producción de sedimentos por dique, para lo cual se ha empleado la metodología propuesta por Díaz (2011), cuyo procedimiento metodológico se ha explicado con anterioridad. A partir de aquí, se ha determinado la producción total de sedimentos por dique, aplicándole al valor de retención por dique, el valor de eficiencia determinado mediante la fórmula de Brown y Jarvis (1943). Tras determinar estos dos valores, ya podríamos mediante su diferencia determinar el valor de emisión de sedimentos por dique.

El sumatorio de todos estos datos parciales, nos permite obtener una estimación de la cantidad de sedimento producido que no es retenido por las hidrotecnias construidas en el área de estudio y poder evaluar el beneficio generado por estas a través de la retención de sedimentos.

5.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La ejecución del análisis estadístico, se ha realizado de forma secuencial con el fin de conocer si existen diferencias estadísticamente significativas en la determinación del volumen de sedimentos retenidos con el empleo de las diferentes metodologías evaluadas en el estudio.

En primer lugar, se propuso la ejecución mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI de un análisis de la varianza ANOVA que nos relacionara el volumen retenido obtenido, empleando como factor la metodología. Para

ello se ha ejecutado un análisis de la varianza ANOVA (One-way ANOVA) para observar la existencia o no de diferencias significativas entre estas metodologías, transformando la variable volumen mediante su raíz cuadrada para cumplir con los requisitos de residuos normales que plantea el modelo ANOVA. El modelo ANOVA realizado se corresponde con la siguiente formula:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + E_{ij}$$

Donde: y_{ij} : Observación j-ésima de la variable en el grupo i-ésimo del factor.

μ : Media global de y .

α_i : Lo que se desvía la media de y en el grupo i-ésimo respecto a la media global de y .

E_{ij} : Error aleatorio. Lo que se desvía la observación y_{ij} de su media de grupo.

$$E_{ij} \rightarrow N(0, \sigma^2) \text{ e independientes}$$

Los errores del modelo, son variables aleatorias las cuales deben ser normales, de media cero, varianza (σ^2) constante e independiente, para que el modelo ANOVA sea correcto.

Tras este análisis de la varianza y debido a la gran heterogeneidad detectada en los datos, se ha realizado un análisis "cluster" con el empleo de STATGRAPHICS Centurion XVI para agrupar los resultados de volumen obtenidos según metodología en grupos homogéneos para poder observar si las metodologías están sesgadas o no en función del volumen de sedimentos retenido. En este análisis "cluster", se ha fijado su cálculo siguiendo el método de Ward y la distancia euclídea al cuadrado. Este análisis estadístico, nos devuelve el número de grupos que se podrían generar con nuestros datos en función de la distancia entre grupos y los diques que pertenecen a cada grupo creado.

A partir de los grupos determinados en el "cluster", se ha procedido nuevamente a analizar estos grupos mediante un análisis de la varianza ANOVA, en este caso un ANOVA de medidas repetidas ya que cada individuo fue medido con cinco metodologías distintas, para observar la existencia o no de diferencias significativas entre el volumen retenido en función de la metodología empleada. Este análisis, se ha realizado con el empleo del software SAS Enterprise, evaluando los datos y obteniendo los contrastes de analizar conjuntamente el grupo, la metodología y la metodología-grupo. Para ello se ha fijado la varianza constante dentro de cada grupo y la matriz de covarianzas por simetría compuesta. El modelo ANOVA de medidas repetidas realizado se corresponde con la siguiente formula:

$$y_{ij} = \mu + g_i + m_j + g_i \cdot m_j + E_{ij}$$

Donde: y_{ij} : Observación del grupo i-ésimo bajo la metodología j-ésima.

μ : Media global de y .

g_i : Efecto del grupo i-ésimo respecto a la media global de y .

m_j : Efecto de la metodología j-ésima respecto a la media global de y .

$g_i \cdot m_j$: Efecto del grupo i-ésimo por la metodología j-ésima respecto a la media global de y .

E_{ij} : Error aleatorio. Lo que se desvía la observación y_{ij} de su media de grupo.

$$E_{ij} \rightarrow N \left(0; \text{Var}(E_{ij}) = \sigma_{i1}^2; \text{Cov}(E_{ij}, E_{ij'}) = \sigma_{i2}^2 \right) \text{ e independientes}$$

Los errores del modelo, son variables aleatorias las cuales deben ser normales, de media cero, varianza (σ_{i1}^2) y covarianza (σ_{i2}^2) constantes e independientes para que el modelo ANOVA sea correcto.

Para concluir, una vez evaluadas las diferencias entre los metodologías, se ha realizado un ajuste de regresión entre la metodología que ofrece mejores estimaciones en la retención de sedimentos (Díaz, 2011) y el resto, para obtener la ecuación del ajuste que nos permite transformar los valores obtenidos con cada una de las otras metodologías a la más precisa. Este ajuste de regresión se ha ejecutado con el software STATGRAPHICS Centurion XVI empleando en todos los casos un ajuste lineal como el que mejor relaciona las tendencias entre las metodologías. A partir de estos ajustes de regresión, se podrá analizar con mayor precisión las diferencias respectivas entre estas metodologías. Hay que destacar que como en cualquier análisis estadístico realizado, se ha evaluado la normalidad de los residuos rechazando el análisis si estos no presentan una tendencia normal a partir del test de Kolmogorov-Smirnov.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. TAMAÑO DE LA MUESTRA DE DIQUES A MEDIR, LOCALIZACIÓN DE DIQUES Y CUÑAS DE SEDIMENTOS

El tamaño de la muestra de diques a medir determinado mediante procedimientos estadísticos para un nivel de confianza del 90%, a partir del estudio piloto, es de 25 diques, lo que supone el 23,15% de los diques inventariados en la restauración. Una vez determinado el tamaño muestral, se han seleccionado los diques a estudiar, incluyendo los 5 del estudio piloto realizado en el año 2012, situados en la cárcava 20. Partiendo de esto, se han seleccionado los diques contiguos a esta cárcava en dirección sureste hacia el término municipal de Lobera de la Vega. Concretamente los diques seleccionados se sitúan en las cárcavas que van de la cárcava 11 a la 20 ambas inclusive según el inventario realizado por Martínez de Azagra *et al.* (1997), completando el total de la muestra de 25 diques (Figura 6.1). Además, se cumple que los diques son muy variables en cuanto a su tamaño, lo que nos garantiza tener presente individuos de los diferentes tipos de diques ejecutados en la restauración.

Para situar los diques seleccionados dentro del área de estudio, se han localizado mediante el empleo del GPS modelo Garmin E-trex Legend Hcx empleando el vertedero de cada dique como punto de situación de este. El acceso hasta ellos, se realizó a través del cauce de cada cárcava. A partir de las coordenadas (UTM ETRS 89 30N) obtenidas con el GPS (Tabla 6.1) se han posicionado los diques sobre la cartografía y con los puntos levantados con la estación total, las cuñas de sedimentos generadas en el proceso sedimentario (Figura 6.1).

Tabla 6.1. Coordenadas de situación de los diques estudiados, cárcava y número de dique (UTM ETRS 89 30N).

| CARCAVA | DIQUE | X (m) | Y (m) |
|---------|-------|------------|-------------|
| 11 | 22 | 358397,966 | 4707534,126 |
| | 23 | 358419,672 | 4707530,977 |
| | 24 | 358392,975 | 4707545,797 |
| 12 | 25 | 358347,347 | 4707595,089 |
| | 26 | 358396,645 | 4707619,707 |
| 13 | 27 | 358332,046 | 4707637,239 |
| | 28 | 358352,893 | 4707650,395 |
| 14 | 29 | 358301,244 | 4707665,537 |
| | 30 | 358285,029 | 4707735,508 |
| 15 | 31 | 358319,181 | 4707758,853 |
| | 32 | 358317,253 | 4707765,375 |
| 16 | 33 | 358283,834 | 4707782,393 |
| | 34 | 358313,637 | 4707789,479 |
| | 35 | 358326,072 | 4707795,035 |
| | 36 | 358315,671 | 4707804,598 |
| | 37 | 358281,562 | 4707807,073 |
| | 38 | 358301,974 | 4707854,401 |
| 17 | 39 | 358216,215 | 4707806,106 |
| 18 | 40 | 358208,412 | 4707823,384 |
| 19 | 41 | 358208,525 | 4707860,559 |

Tabla 6.1 (Cont). Coordenadas de situación de los diques estudiados, cárcava y número de dique (UTM ETRS 89 30N).

| CARCAVA | DIQUE | X (m) | Y (m) |
|---------|-------|------------|-------------|
| 20 | 42 | 358217,682 | 4707978,508 |
| | 43 | 358271,750 | 4707974,478 |
| | 44 | 358317,726 | 4707968,604 |
| | 45 | 358258,768 | 4707998,237 |
| | 46 | 358284,475 | 4708015,921 |

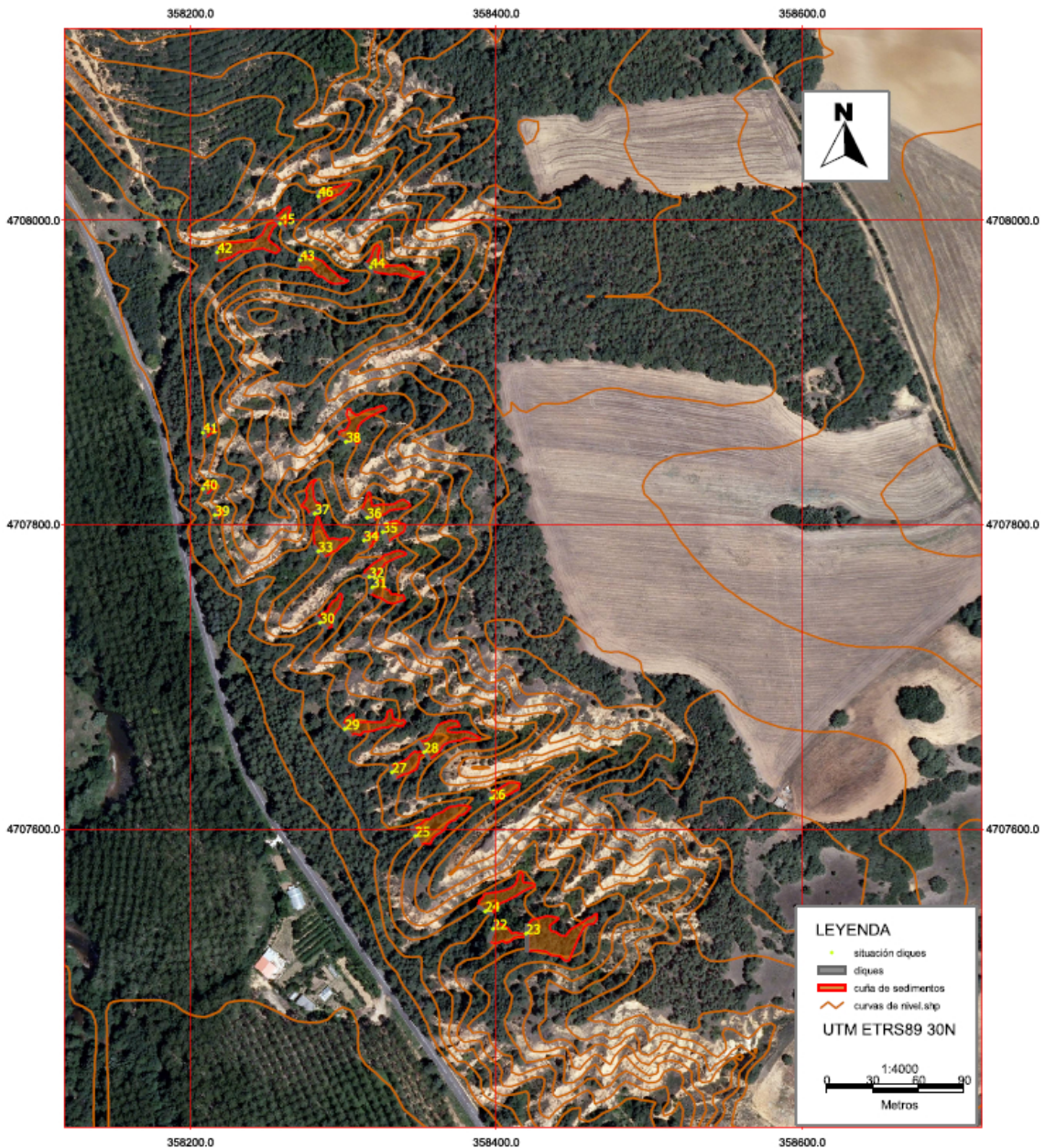


Figura 6.1. Situación de diques y cuñas de sedimentos dentro del área de estudio.

Observando la situación de los diques dentro del área de estudio, se puede ver que las características de cada dique dependen en gran medida de su situación y la labor que desempeñan. Los diques 29, 39, 40 y 41 desempeñan un papel corrector de vital importancia dentro de su cárcava, ya que son los únicos en su cárcava y almacenan la totalidad de los sedimentos retenidos en estas. Estos diques, presentan pequeñas dimensiones y generalmente no superan los 2 metros de altura. Otros diques como el 23, 28 y 36 presentan disipador de energía (Figura 6.2 izquierda y Figura 6.3 derecha) el cual se encuentra totalmente aterrado y se ha considerado en los cálculos de retención de sedimentos del dique construido inmediatamente aguas abajo. Hay que destacar la envergadura de estos tres diques que superan los 3 metros y en algún caso la longitud del paramento, que supera ampliamente los 20 metros de longitud.

Por último, hay que destacar que todos los diques presentan un perfil escalonado aguas abajo, con perfil recto aguas arriba, por lo cual no será necesario descontar su volumen en la realización de los cálculos. La anchura del paramento es de 0,80 metros en todos los diques medidos, encontrándonos los diques totalmente aterrados, incluso las alas en la mayoría de los diques, exceptuando los diques 30, 34 y 38 los cuales aún no están completamente aterrados (Figura 6.2 derecha y Figura 6.3 izquierda). Otros como el propio dique 38 o el dique 35, muestran problemas de desestribado, generando como consecuencia un vertido de caudales incontrolado lo cual puede repercutir en la retención de sedimentos en estos diques.



Figura 6.2. Dique 28 con el disipador de energía totalmente colmatado (izquierda) y dique 34 que aún no se encuentra totalmente aterrado (derecha).



Figura 6.3. Dique 38 con problemas de desestribado (izquierda) y dique 23 el cual presenta el mayor paramento de toda la muestra (derecha).

6.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS SEDIMENTOS

La determinación del volumen de sedimentos retenidos por diques forestales con el fin de determinar tasas erosivas y estudiar los efectos de estas hidrotecnias en la retención de sedimentos, requiere de una caracterización de los sedimentos retenidos, la cual se ha realizado mediante la estimación de la densidad aparente.

6.2.1 Densidad aparente

Para su determinación, se han tomado tres muestras de suelo en la cuña de sedimentos de cada dique a profundidades variables de 30, 20 y 10 centímetros. Estas muestras se han tomado a menor profundidad según nos alejábamos del dique, manteniendo una equidistancia mínima entre muestras de 1,5 metros. En total el número de muestras tomadas ha sido de 75 repartidas a lo largo de los veinticinco diques que componen las obras realizadas a lo largo del área de estudio. Para determinar la densidad aparente se ha aplicado el método del cilindro secando las muestras en estufa a 104 °C para determinar el peso sobre muestra seca. Los resultados de densidad aparente obtenidos se muestran en la Tabla 6.2 y su representación en la Figura 6.4.

Tabla 6.2. Estimación de la densidad aparente (D_{ap}) de los sedimentos retenidos por los diques de la muestra analizada.

| Dique | Muestra | Peso (g) | Volumen (cm ³) | D_{ap} (g/cm ³ =t/m ³) |
|-------------------------|---------|----------|----------------------------|---|
| 22 | 1 | 150,73 | 98,52 | 1,53 |
| | 2 | 152,53 | 98,52 | 1,55 |
| | 3 | 150,63 | 98,52 | 1,53 |
| Densidad aparente media | | | | 1,54 |
| 23 | 4 | 139,33 | 98,52 | 1,41 |
| | 5 | 146,03 | 98,52 | 1,48 |
| | 6 | 163,53 | 98,52 | 1,66 |
| Densidad aparente media | | | | 1,52 |
| 24 | 7 | 148,73 | 98,52 | 1,51 |
| | 8 | 172,13 | 98,52 | 1,75 |
| | 8 | 167,93 | 98,52 | 1,70 |
| Densidad aparente media | | | | 1,65 |
| 25 | 9 | 180,63 | 98,52 | 1,83 |
| | 10 | 153,03 | 98,52 | 1,55 |
| | 11 | 168,13 | 98,52 | 1,71 |
| Densidad aparente media | | | | 1,70 |
| 26 | 12 | 152,93 | 98,52 | 1,55 |
| | 13 | 153,83 | 98,52 | 1,56 |
| | 14 | 157,63 | 98,52 | 1,60 |
| Densidad aparente media | | | | 1,57 |
| 27 | 15 | 159,33 | 98,52 | 1,62 |
| | 16 | 169,83 | 98,52 | 1,72 |
| | 17 | 159,13 | 98,52 | 1,62 |
| Densidad aparente media | | | | 1,65 |

Tabla 6.2 (Cont). Estimación de la densidad aparente (Dap) de los sedimentos retenidos por los diques de la muestra analizada.

| Dique | Muestra | Peso (g) | Volumen (cm ³) | D _{ap} (g/cm ³ =t/m ³) |
|-------|-------------------------|----------|----------------------------|--|
| 28 | 18 | 160,53 | 98,52 | 1,63 |
| | 19 | 172,23 | 98,52 | 1,75 |
| | 20 | 156,63 | 98,52 | 1,59 |
| | Densidad aparente media | | | 1,66 |
| 29 | 21 | 150,73 | 98,52 | 1,53 |
| | 22 | 155,13 | 98,52 | 1,57 |
| | 23 | 184,43 | 98,52 | 1,87 |
| | Densidad aparente media | | | 1,66 |
| 30 | 24 | 147,13 | 98,52 | 1,49 |
| | 25 | 154,83 | 98,52 | 1,57 |
| | 26 | 152,43 | 98,52 | 1,55 |
| | Densidad aparente media | | | 1,54 |
| 31 | 27 | 146,13 | 98,52 | 1,48 |
| | 28 | 153,13 | 98,52 | 1,55 |
| | 29 | 167,83 | 98,52 | 1,70 |
| | Densidad aparente media | | | 1,58 |
| 32 | 30 | 157,93 | 98,52 | 1,60 |
| | 31 | 164,03 | 98,52 | 1,66 |
| | 32 | 158,23 | 98,52 | 1,61 |
| | Densidad aparente media | | | 1,62 |
| 33 | 33 | 136,13 | 98,52 | 1,38 |
| | 34 | 158,23 | 98,52 | 1,61 |
| | 35 | 158,33 | 98,52 | 1,61 |
| | Densidad aparente media | | | 1,53 |
| 34 | 36 | 172,23 | 98,52 | 1,75 |
| | 37 | 154,93 | 98,52 | 1,57 |
| | 38 | 159,43 | 98,52 | 1,62 |
| | Densidad aparente media | | | 1,65 |
| 35 | 39 | 175,13 | 98,52 | 1,78 |
| | 40 | 173,53 | 98,52 | 1,76 |
| | 41 | 173,73 | 98,52 | 1,76 |
| | Densidad aparente media | | | 1,77 |
| 36 | 42 | 164,33 | 98,52 | 1,67 |
| | 43 | 169,83 | 98,52 | 1,72 |
| | 44 | 157,23 | 98,52 | 1,60 |
| | Densidad aparente media | | | 1,66 |
| 37 | 45 | 145,63 | 98,52 | 1,48 |
| | 46 | 158,93 | 98,52 | 1,61 |
| | 47 | 157,33 | 98,52 | 1,60 |
| | Densidad aparente media | | | 1,56 |
| 38 | 48 | 151,63 | 98,52 | 1,54 |
| | 49 | 158,93 | 98,52 | 1,61 |
| | 50 | 167,93 | 98,52 | 1,70 |
| | Densidad aparente media | | | 1,62 |

Tabla 6.2 (Cont). Estimación de la densidad aparente (D_{ap}) de los sedimentos retenidos por los diques de la muestra analizada.

| Dique | Muestra | Peso (g) | Volumen (cm ³) | D_{ap} (g/cm ³ =t/m ³) |
|-------|-------------------------|----------|----------------------------|---|
| 39 | 51 | 177,63 | 98,52 | 1,80 |
| | 52 | 175,33 | 98,52 | 1,78 |
| | 53 | 168,13 | 98,52 | 1,71 |
| | Densidad aparente media | | | 1,76 |
| 40 | 54 | 153,43 | 98,52 | 1,56 |
| | 55 | 163,73 | 98,52 | 1,66 |
| | 56 | 163,13 | 98,52 | 1,66 |
| | Densidad aparente media | | | 1,62 |
| 41 | 57 | 155,43 | 98,52 | 1,58 |
| | 58 | 155,43 | 98,52 | 1,58 |
| | 59 | 171,93 | 98,52 | 1,75 |
| | Densidad aparente media | | | 1,63 |
| 42 | 61 | 142,03 | 98,52 | 1,44 |
| | 62 | 142,13 | 98,52 | 1,44 |
| | 63 | 146,53 | 98,52 | 1,49 |
| | Densidad aparente media | | | 1,46 |
| 43 | 64 | 134,93 | 98,52 | 1,37 |
| | 65 | 142,93 | 98,52 | 1,45 |
| | 66 | 130,93 | 98,52 | 1,33 |
| | Densidad aparente media | | | 1,38 |
| 44 | 67 | 144,43 | 98,52 | 1,47 |
| | 68 | 143,73 | 98,52 | 1,46 |
| | 69 | 151,63 | 98,52 | 1,54 |
| | Densidad aparente media | | | 1,49 |
| 45 | 70 | 144,13 | 98,52 | 1,46 |
| | 71 | 147,43 | 98,52 | 1,50 |
| | 72 | 148,33 | 98,52 | 1,51 |
| | Densidad aparente media | | | 1,49 |
| 46 | 73 | 143,93 | 98,52 | 1,46 |
| | 74 | 139,23 | 98,52 | 1,41 |
| | 75 | 149,03 | 98,52 | 1,51 |
| | Densidad aparente media | | | 1,46 |

Si analizamos un poco los resultados de densidad aparente media obtenida para cada dique, podemos observar como esta, adquiere valores máximos de 1,76 y 1,77 t/m³ en los diques 35 y 39 respectivamente (ver Figura 6.4), lo cual esta directamente relacionado con la situación de estos diques en zonas de aporte fundamentalmente como consecuencia de deslizamientos y desprendimientos de terreno, ya que albergan gran cantidad de regolito en su sedimento. El valor mínimo obtenido, se corresponde con el dique 43 donde el valor de densidad aparente es 1,38 t/m³. El resto de muestras, apenas presentan ligeras variaciones en el valor de densidad aparente entre unas y otras. Estas pequeñas diferencias, vienen dadas por la textura de los sedimentos (generalmente arcillosa) y principalmente por el contenido de arena que presentan los sedimentos, ya que durante la toma de muestras se pudo observar la existencia de variaciones en la proporción de arena en el sedimento.

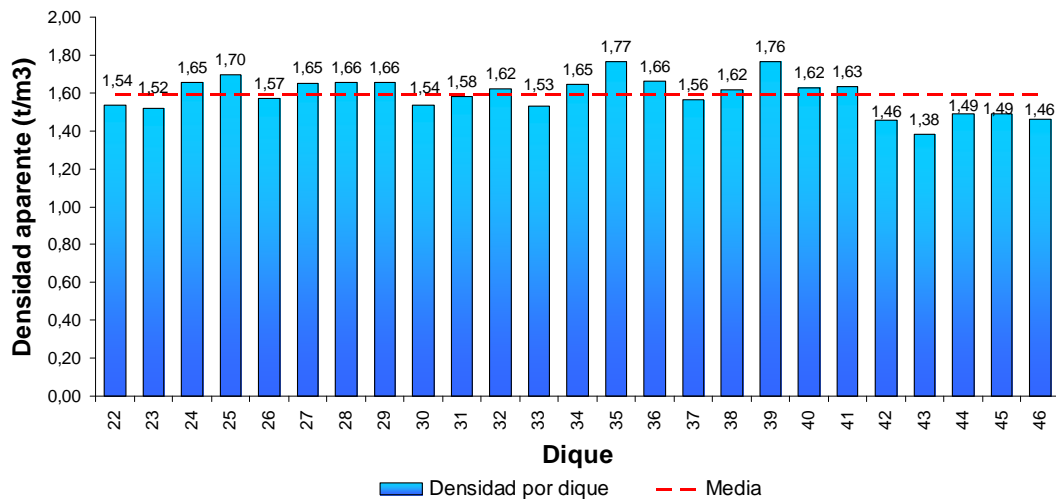


Figura 6.4. Estimación de la densidad aparente (Dap) de los sedimentos retenidos por los diques de la muestra analizada.

Estos resultados de densidad aparente media obtenidos por dique, se han evaluado estadísticamente para observar la tendencia de la variable, estudiarla y comprobar si existen o no valores fuera de los rangos establecidos “outliers”. La Tabla 6.3 recoge los estadísticos de la variable densidad aparente media de los sedimentos retenidos por dique.

Tabla 6.3. Estadísticos para la variable densidad aparente media (Dapm).

| Resumen estadístico | |
|-------------------------------|--------|
| N | 25 |
| Media | 1,591 |
| Desviación típica | 0,095 |
| Coefficiente de variación (%) | 5,963 |
| Mínimo | 1,380 |
| Máximo | 1,770 |
| Asimetría estandarizada | -0,338 |
| Curtosis estandarizada | -0,165 |

Si observamos los estadísticos obtenidos, se puede ver como el coeficiente de variación presenta un valor bajo lo cual indica que los resultados de densidad aparente media obtenidos, son bastante homogéneos, adquiriendo un valor medio de 1,591 t/m³. Además, la homogeneidad de la variable queda demostrada con los valores de asimetría y apuntamiento estandarizado las cuales se sitúan entre -2 y 2 lo que se corresponde con valores muy próximos y con poca variabilidad considerándose la variable normal, lo cual es patente con el test de Kolmogorov-Smirnov cuyo valor es $t_e = 0,704 > 0,05$, no pudiendo rechazarse la hipótesis de que la variable provenga de una distribución normal. En la Figura 6.5, se puede ver el Box-Plot para esta variable, donde puede comprobarse que no presenta “outliers” y la ligera asimetría negativa de la variable.

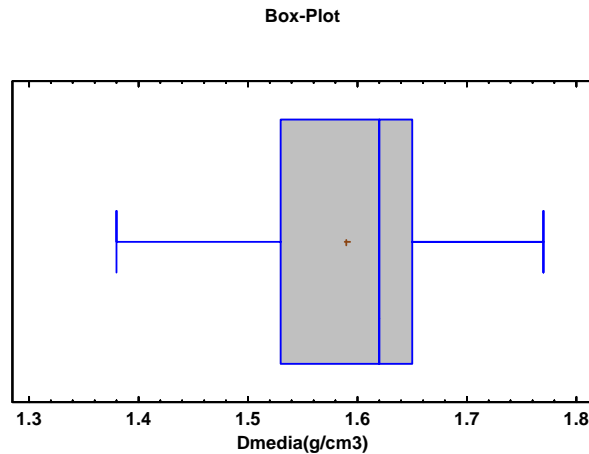


Figura 6.5. Box-Plot para la densidad aparente media (Dapm) de los sedimentos retenidos por los diques de la muestra analizada.

6.2.2. Textura

Para analizar la textura predominante en los sedimentos retenidos por los diques, se han seleccionado las muestras recogidas por Ortega y Navarro (2010) en los diques de la cárcava 20, las cuales fueron analizadas en el laboratorio del Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario (itagra.ct). A partir de este análisis se han obtenido los resultados de Tabla 6.4.

Tabla 6.4. Textura de los sedimentos retenidos en uno de los diques construidos en la cárcava 20.

| Nº muestra | Horizonte | % Arena | % Limo | % Arcilla |
|------------|-----------|---------|--------|-----------|
| 2.1 | C1 | 25,5 | 45,5 | 29,0 |
| 2.1 | C2 | 16,0 | 48,0 | 36,0 |
| Suelo | | 21,4 | 46,4 | 32,2 |

El suelo analizado presenta dos horizontes claramente diferenciados. El horizonte C₁ presenta una textura franco-arcillosa siendo la textura del horizonte C₂ franco-arcillo-limosa como se puede observar en el triangulo de texturas del USDA (2003) que se puede ver en la Figura 6.6. Para el conjunto del suelo los sedimentos presentan una textura franco-arcillosa.

Si analizamos un poco mas en profundidad los resultados obtenidos, sitúan los sedimentos retenidos en los diques en texturas gruesas. Esto se debe a que los diques son permeables lo que permite la salida de las partículas de menor tamaño. Estos resultados de textura, difieren de los del resto de los suelos de la cárcava, los cuales presentan texturas más arcillosas. Esto es síntoma de la evolución sufrida por los suelos que conforman las cuñas de sedimentos, los cuales han evolucionado a partir de la misma roca madre de matriz arcillosa.

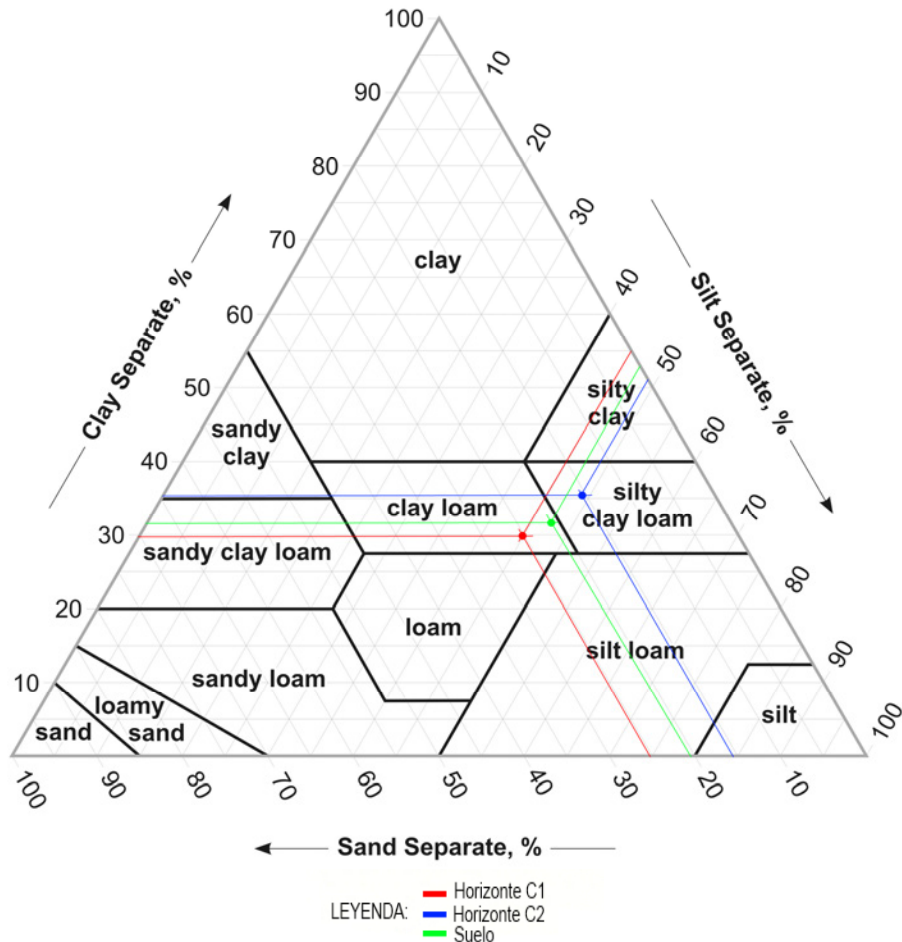


Figura 6.6. Triángulo de texturas del USDA (2003) para los sedimentos retenidos.

6.3. ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE SEDIMENTOS RETENIDOS

Siguiendo la metodología propuesta por Díaz (2011) y publicada en Díaz *et al.* (2014), en la que se colabora, se ha estimado el volumen de sedimentos retenidos por cada dique a partir de las secciones transversales medidas en el levantamiento topográfico. Las secciones transversales de los diques del área de estudio que permiten determinar el volumen de sedimentos retenidos, así como los cálculos y ajustes para su realización se pueden observar en el Anejo I: Datos topográficos.

El procedimiento seguido, básicamente es el siguiente: a través del cálculo realizado con AutoCAD 2012 se ha obtenido el área de las secciones transversales correspondientes a cada dique y posteriormente se ha aplicado la fórmula del prismoide entre secciones consecutivas, para determinar el volumen de sedimentos retenidos por cada dique y mediante la suma del volumen retenido por cada dique, se ha obtenido el volumen total retenido en la zona de estudio. Los resultados de volumen parcial por dique y total, se pueden ver en la Tabla 6.5. El Anejo II: Evaluación de los sedimentos retenidos, recoge los valores del área de cada sección empleados y los cálculos de volumen.

Tabla 6.5. Volumen total obtenido por dique aplicando la metodología de Díaz (2011).

| Dique | Volumen retenido (m ³) |
|-------|------------------------------------|
| 22 | 234,459 |
| 23 | 610,718 |
| 24 | 228,399 |
| 25 | 386,966 |
| 26 | 102,347 |
| 27 | 109,479 |
| 28 | 222,595 |
| 29 | 121,855 |
| 30 | 65,980 |
| 31 | 115,108 |
| 32 | 114,987 |
| 33 | 93,262 |
| 34 | 10,989 |
| 35 | 44,286 |
| 36 | 164,904 |
| 37 | 66,949 |
| 38 | 202,728 |
| 39 | 6,139 |
| 40 | 9,337 |
| 41 | 7,665 |
| 42 | 169,506 |
| 43 | 177,016 |
| 44 | 192,767 |
| 45 | 79,380 |
| 46 | 70,922 |
| Total | 3608,740 |

El volumen total de sedimentos retenidos en los diques construidos en el área de estudio mediante la metodología propuesta por Díaz (2011) y la cual se plantea poner en valor en este estudio, asciende a 3608,740 m³. Analizando un poco más detenidamente los resultados de volumen retenido por dique, hay que destacar la gran variabilidad de volúmenes retenidos de unos diques a otros (ver Figura 6.7), lo cual nos da una idea de la heterogeneidad de la muestra de diques medida. Por ejemplo, el dique 23 presenta valores de retención de 610,718 m³ frente a los apenas 6,139 m³ del dique 39. Esta gran variabilidad, se debe fundamentalmente a la longitud y altura del paramento y a la pendiente del cauce original el cual ha sido colmatado por los sedimentos.

Hay que destacar además, que estos sedimentos fueron retenidos desde el año de construcción de las hidrotecnias el cual resulta muy difícil de datar con exactitud. Por otro lado, es muy difícil saber con certeza el volumen real retenido ya que tras la construcción de los diques, estos se aterraban en un porcentaje desconocido para evitar el golpe de avenida. Para poder estimar realmente este volumen sería necesario dismantelar la cuña de sedimentos o ejecutar transectos excavados en ella como

plantean Bussi *et al.* (2013) lo que se excede de las pretensiones de este estudio y de los medios económicos para abordar un estudio de esa envergadura en un entorno de tan difícil acceso como el que nos encontramos en las cárcavas que rodean el entorno de Saldaña.

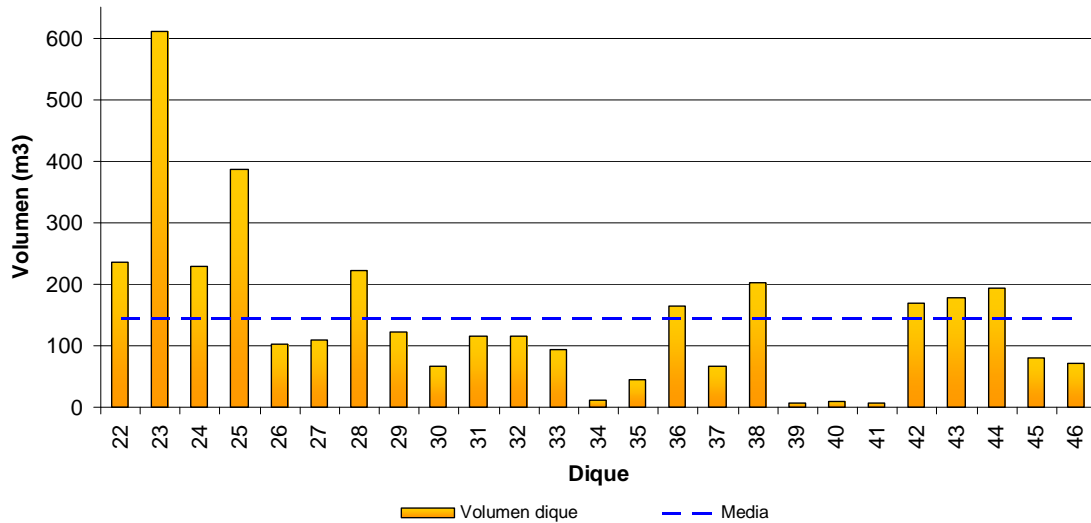


Figura 6.7. Volumen retenido por dique siguiendo los principios establecidos en la metodología de Díaz (2011).

Los resultados de volumen por dique obtenidos mediante el empleo de este modelo metodológico, se han evaluado estadísticamente para observar la tendencia de la variable, estudiarla y comprobar si existen o no valores fuera de los rangos establecidos “outliers”. La Tabla 6.6 recoge los estadísticos de la variable volumen retenido por dique.

Tabla 6.6. Estadísticos para la variable volumen retenido (m³).

| Resumen estadístico | |
|-------------------------------|---------|
| N | 25 |
| Media | 144,350 |
| Desviación típica | 132,116 |
| Coefficiente de variación (%) | 91,525 |
| Mínimo | 610,718 |
| Máximo | 604,579 |
| Asimetría estandarizada | 4,207 |
| Curtosis estandarizada | 5,935 |

Si observamos los estadísticos obtenidos, se puede ver como el coeficiente de variación presenta un valor elevado, lo cual indica que los resultados de volumen retenido por dique obtenidos, son bastante heterogéneos, adquiriendo un valor medio de 144,350 m³. Además, la heterogeneidad de la variable queda demostrada con los valores de asimetría y apuntamiento estandarizado las cuales sobrepasan el límite -2 y 2 lo que se corresponde con valores muy alejados entre si y con una gran variabilidad. La variable puede considerarse normal, lo cual es patente con el test de Kolmogorov-Smirnov cuyo valor es de 0,495 > 0,05, no pudiendo rechazarse la hipótesis de que la variable provenga de una distribución normal. En la Figura 6.8, se puede ver el Box-

Plot para esta variable, donde puede comprobarse que presenta dos valores muy extremos de volumen y alejados del resto de la población, lo cual esta directamente relacionado con la asimetría positiva de la variable.

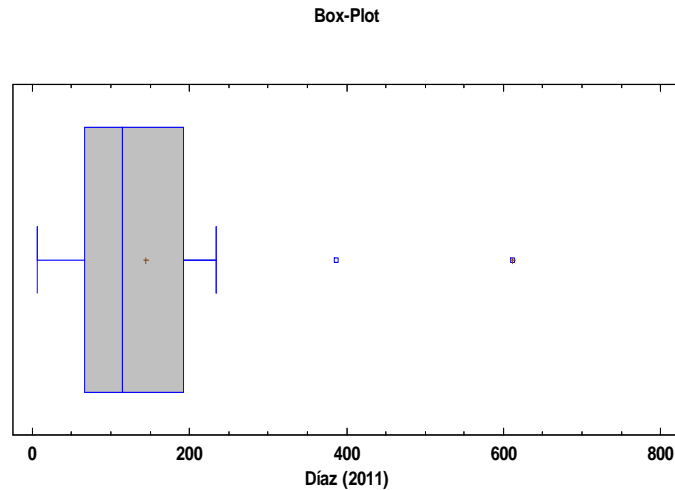


Figura 6.8. Box-Plot para el volumen retenido por los diques de la muestra analizada.

Otro problema fundamental a la hora de evaluar el proceso sedimentario en las hidrotecnias transversales y la totalidad de sedimentos retenidos, resulta de conocer cuándo estas estaban totalmente colmatadas, por tanto, a partir de cuándo su operatividad se vio limitada produciéndose pérdidas de retención de sedimentos. Ramos (2012) data esta fecha en el año 1984, a partir de la interpretación de una secuencia evolutiva de ortofotos y recopilación de experiencias personales. Por tanto, desde esa fecha, las estructuras se encuentran en un estado de colmatación posiblemente similar al actual pudiendo producirse pérdidas de sedimentos a través del caudal circulante por cada cárcava.

Sin embargo parece difícil que estas pérdidas sean elevadas ya que los caudales calculados para la cárcava 11 por Arribas (2013) no son muy elevados y de una magnitud de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ para un periodo de retorno de 500 años. Hay que destacar que la presencia de caudal es muy reducida pudiendo observarse únicamente en eventos tormentosos de gran magnitud o tras un invierno de lluvias muy abundantes y continuas como se pudo observar en la visita realizada en marzo de 2013 tras las lluvias de todo el invierno. En esta visita se observó en varios diques como fluía un caudal de apenas unas gotas por segundo. Otro aspecto a tener en cuenta cuando hablamos de pérdida en la retención, es la permeabilidad del dique lo que supone pérdidas de las partículas de menor tamaño (arcillas). Pero el asumir la posible pérdida de sedimentos y la consiguiente disminución en la retención, no puede servir para desacreditar el alto nivel de sedimentos retenidos conseguido.

6.4. ESTIMACIÓN DE LAS TONELADAS DE TIERRA RETENIDAS

Una vez obtenido el volumen de sedimentos retenidos por los diques objeto de estudio y utilizando el dato de densidad aparente media de los sedimentos calculado para cada dique (ver cálculos y resultados en el apartado 6.2.) obtenemos el peso de los sedimentos de la cuña cuyos resultados se presentan en la Tabla 6.7.

Tabla 6.7. Masa de los sedimentos retenidos para la totalidad de los diques analizados, en función del volumen y la densidad.

| Dique | Volumen (m ³) | Densidad (t/m ³) | Masa (t) |
|-------|---------------------------|------------------------------|----------|
| 22 | 234,459 | 1,54 | 361,066 |
| 23 | 610,718 | 1,52 | 928,291 |
| 24 | 228,399 | 1,65 | 376,859 |
| 25 | 386,966 | 1,70 | 657,842 |
| 26 | 102,347 | 1,57 | 160,685 |
| 27 | 109,479 | 1,65 | 180,640 |
| 28 | 222,595 | 1,66 | 369,508 |
| 29 | 121,855 | 1,66 | 202,279 |
| 30 | 65,980 | 1,54 | 101,609 |
| 31 | 115,108 | 1,58 | 181,870 |
| 32 | 114,987 | 1,62 | 186,278 |
| 33 | 93,262 | 1,53 | 142,691 |
| 34 | 10,989 | 1,65 | 18,132 |
| 35 | 44,286 | 1,77 | 78,385 |
| 36 | 164,904 | 1,66 | 273,740 |
| 37 | 66,949 | 1,56 | 104,440 |
| 38 | 202,728 | 1,62 | 328,419 |
| 39 | 6,139 | 1,76 | 10,805 |
| 40 | 9,337 | 1,62 | 15,126 |
| 41 | 7,665 | 1,63 | 12,495 |
| 42 | 169,506 | 1,46 | 247,479 |
| 43 | 177,016 | 1,38 | 244,281 |
| 44 | 192,767 | 1,49 | 287,223 |
| 45 | 79,380 | 1,49 | 118,276 |
| 46 | 70,922 | 1,46 | 103,546 |
| Total | 3608,740 | 1,59 | 5691,965 |

Los diques construidos entre las cárcavas 11 y 20 ambas inclusive, han conseguido una retención de 5691,965 t de sedimentos. Para hacernos una idea de la magnitud de esta retención, si consideramos un volquete con una capacidad de carga de 30 t, estos diques han conseguido retener la nada despreciable cantidad de 190 volquetes, los cuales sin estas hidrotecnias, habrían causado graves problemas en las vías de comunicación y en la calidad, tanto del agua, como del hábitat fluvial.

Estas toneladas de sedimentos han sido retenidas desde la construcción de los diques de gaviones. Para determinar el periodo de sedimentación se ha revisado el proyecto de Ayerbe (1930) pero no recoge documentos que constaten la ejecución de las obras. La única información al respecto es la publicada por el Diario ABC (1935) donde se alude a las obras de corrección en las laderas de la margen izquierda del Carrión las cuales estima acabadas y con resultados beneficiosos para el entorno y el pueblo de Saldaña. Por lo tanto fijaremos 1935 como el año a partir del cual los diques

pertenecientes al proyecto de Ayerbe (1930), al cual pertenecen todos los diques estudiados, comenzaron a ser funcionales en la retención de sedimentos.

De esta forma hasta la toma de datos del levantamiento topográfico se pueden distinguir dos periodos de sedimentación diferenciados. El primero, correspondiente a los diques de la cárcava 20, que abarcaría desde 1935 hasta abril de 2012, el cual nos daría un periodo de colmatación de 77 años. En el segundo periodo, englobaríamos el resto de los diques (medidos entre finales de 2013 y principios de 2014) con un periodo de colmatación transcurrido de 79 años.

Sin embargo si tenemos en cuenta los supuestos establecidos por Ramos (2012) y Ramos *et al.* (2013) donde plantea que en 1984 la colmatación de los diques es completa y similar a la actual, podemos estimar la colmatación hasta la vida útil de la hidrotecnia. Por tanto, si suponemos la vida útil del dique hasta que se produce su colmatación completa esta ha sido de 49 años para la totalidad de los diques objeto de estudio.

6.5. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

A partir de las toneladas de sedimentos retenidas por los diques, la superficie de la cuenca afectada por la corrección con los diques (superficie de aporte de sedimentos a los diques) y el periodo transcurrido desde su construcción se puede determinar una aproximación de la tasa de erosión, producción de sedimentos o de retención en la cuenca de estudio. Esta tasa de erosión, se ha calculado para cada cuenca de forma independiente y a partir de la fórmula de la media ponderada se ha determinado la tasa de erosión para la superficie corregida, ya que los diques se levantaron en dos periodos de tiempo distintos. En la Tabla 6.8, se pueden ver los valores de erosión obtenidos desde la construcción de los diques hasta la actualidad.

Tabla 6.8. Producción de sedimentos mínima para cada cárcava analizada en función del periodo de tiempo transcurrido desde su construcción, área y retención de sedimentos.

| Cárcava | Retención (t) | Área (ha) | Periodo (Años) | Producción (t·ha ⁻¹ ·año ⁻¹) |
|-----------------|---------------|-----------|----------------|---|
| 11 | 1666,216 | 2,233 | 79 | 9,445 |
| 12 | 818,526 | 1,097 | 79 | 9,445 |
| 13 | 550,148 | 0,650 | 79 | 10,712 |
| 14 | 202,279 | 0,454 | 79 | 5,637 |
| 15 | 469,758 | 0,656 | 79 | 9,070 |
| 16 | 945,807 | 1,653 | 79 | 7,243 |
| 17 | 10,805 | 0,097 | 79 | 1,413 |
| 18 | 15,126 | 0,141 | 79 | 1,360 |
| 19 | 12,495 | 0,251 | 79 | 0,631 |
| 20 | 1000,805 | 2,678 | 77 | 4,853 |
| Media ponderada | | | | 7,304 |

Siguiendo los criterios establecidos por la FAO (1981), los valores de erosión obtenidos por cárcava, representan pérdidas de suelos ligeras (<10 t·ha⁻¹·año⁻¹), con la excepción de la cárcava 13, cuya emisión de sedimentos se consideraría baja (10-15 t·ha⁻¹·año⁻¹). Sin embargo Stamey y Smith (1965) establecen un valor de 5 t·ha⁻¹·año⁻¹ como valor límite para pérdidas admisibles en suelos poco profundos y Hudson (1971) valores de 2 t·ha⁻¹·año⁻¹ para suelos muy erosionables. Arnoldus (1977) destaca que

para suelos con profundidades de 25 cm (como los de la zona de estudio) la tasa de erosión no debe superar las $2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$. Todos estos valores plantean que los resultados de erosión son elevados para todas las cárcavas analizadas salvo para las cárcavas 17, 18 y 19, donde los valores obtenidos no superan los límites de pérdidas admisibles establecidas por esta sería de autores. Todos estos planteamientos pueden verse con facilidad si observando la Figura 6.9, donde se presentan las emisiones obtenidas, junto con los límites admisibles.

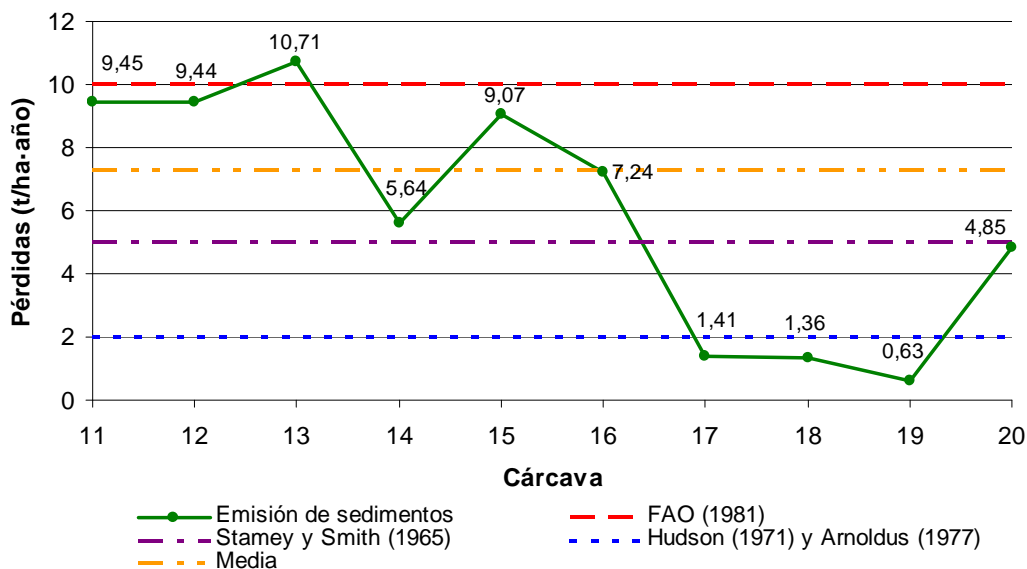


Figura 6.9. Producción de sedimentos (1935-2012 y 1935-2014) por cárcava y tolerancias admisibles establecidas por los diferentes autores.

Cabe destacar que el volumen de sedimentos retenidos no se corresponde con la totalidad del material erosionado ya que se trata de cuencas extensas en las que no se produce únicamente aporte directo de sedimentos, sino que son muy importantes los deslizamientos, los cuales suponen el principal tipo erosivo actual. Solo en las zonas de cabecera de cada cárcava y en las zonas de orientación sur con elevadas pendientes es donde es mayor la actividad por erosión laminar. Además al tratarse de diques permeables, durante su fase de colmatación puede ocurrir que las partículas más pequeñas (arcillas) atraviesen el dique y no sean retenidas. Por otro lado los diques que se encuentran totalmente colmatados, pueden sufrir como consecuencia de fenómenos de gran precipitación una pérdida de sedimentos por el vertedero, lo que parece improbable por los bajos caudales circulantes. Sin embargo estos diques aún presentan buena efectividad en la reducción de los movimientos en masa.

Si evaluamos la producción de sedimentos hasta la colmatación del dique utilizando la fecha fijada por Ramos (2012), suponiendo mínima la retención de sedimentos desde entonces hasta la actualidad podemos comprobar como para el periodo 1935-1984 este valor de emisión de sedimentos claramente aumenta. La Tabla 6.9, recoge los valores de producción de sedimentos para cada cárcava analizada en el periodo transcurrido hasta la colmatación de los diques, asumiendo el planteamiento de que desde entonces su función de retención es mínima y existen pérdidas de sedimentos.

Tabla 6.9. Producción de sedimentos mínima para cada cárcava analizada en función del periodo de tiempo transcurrido hasta su colmatación, área y retención de sedimentos.

| Cárcava | Retención (t) | Área (ha) | Periodo (Años) | Producción ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$) |
|-----------------|---------------|-----------|----------------|---|
| 11 | 1666,216 | 2,233 | 49 | 15,228 |
| 12 | 818,526 | 1,097 | 49 | 15,228 |
| 13 | 550,148 | 0,650 | 49 | 17,270 |
| 14 | 202,279 | 0,454 | 49 | 9,089 |
| 15 | 469,758 | 0,656 | 49 | 14,623 |
| 16 | 945,807 | 1,653 | 49 | 11,677 |
| 17 | 10,805 | 0,097 | 49 | 2,278 |
| 18 | 15,126 | 0,141 | 49 | 2,192 |
| 19 | 12,495 | 0,251 | 49 | 1,018 |
| 20 | 1000,805 | 2,678 | 49 | 7,627 |
| Media ponderada | | | | 11,723 |

Estos resultados, muestran unos valores de gran magnitud siendo únicamente pérdidas de suelo ligeras a tenor de la clasificación establecida por FAO (1981) los resultados obtenidos para las cárcavas 14, 17, 18, 19 y 20, siendo bajas para el resto. Sin embargo, serían pérdidas de suelos inadmisibles según los valores planteados por Stamey y Smith (1965), salvo en las cárcavas 17, 18 y 19. Para el criterio de Hudson (1971), únicamente la cárcava 19 presentaría pérdidas tolerables de suelo. Todo este se puede corroborar observando la Figura 6.10. Se puede comprobar como la restauración hidrológico-forestal ha dado sus frutos y ha disminuido el valor de esta tasa de emisión de sedimentos en todas las cárcavas analizadas comparando ambos periodos en valores de hasta $5,783 t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$.

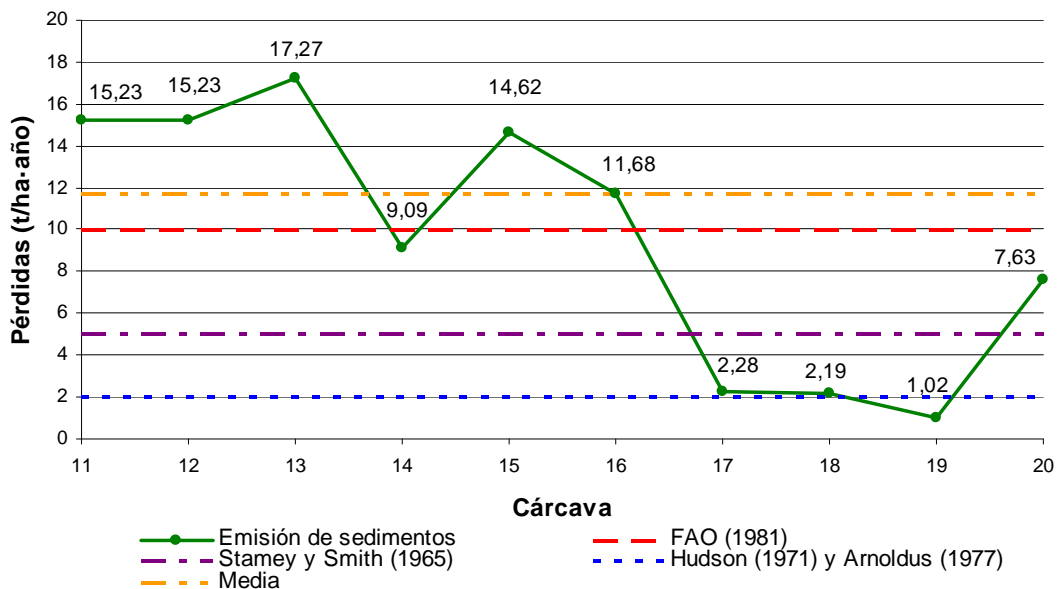


Figura 6.10. Producción de sedimentos (1935-1984) por cárcava y tolerancias admisibles establecidas por los diferentes autores.

El valor medio de producción de sedimentos obtenido desde la construcción de los diques hasta la actualidad es de $7,30 t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$, el cual es inadmisibile desde el punto de vista de la formación y conservación del suelo. Estos valores son de similar

magnitud a los obtenidos por Díaz *et al.* (2014) de $6,40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ para una muestra de 15 diques medida en la restauración hidrológico-forestal de Tortoles (Ávila), con un clima mediterráneo-continentalizado como el que nos encontramos en Saldaña. Por su parte, Romero (2008) determina una tasa media de erosión $3,96 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ para la cuenca del río Quípar (Murcia) a partir de los sedimentos retenidos por los 195 diques que analiza siguiendo su metodología. De forma similar Boix-Fayos *et al.* (2008) estiman una tasa media de erosión para la cuenca de la Rogativa (Murcia) de $5,39 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$. En el estudio desarrollado por Sougnez *et al.* (2011) en la Sierra de la Torrecilla y la Sierra de Carrascoy (Murcia) donde estima tasas erosivas a partir de la retención de sedimentos, obtiene valores erosivos muy bajos de $0,34 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$. Por otro lado, el estudio desarrollado en la Sierra de Los Filabres, Alhamilla y Estancias (Almería) por Bellín *et al.* (2011), determina tasas erosivas de $1,40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$. Hay que destacar que el valor obtenido en este estudio es considerablemente mayor al obtenido por otros autores en cuencas mediterráneas. Las razones que pueden justificar esta diferencia son tres: Por un lado, el clima muy diferente predominante en ambas zonas, por otro lado, tal y como plantea Romero *et al.* (2011) el estado de colmatación de los diques y por último la infravaloración provocada por el método de medida. De este modo, la diferencia de los resultados obtenidos respecto a los calculados por Romero (2008) se debe fundamentalmente, a que en su estimación de tasa erosiva sólo utiliza aquellos diques que aún no están colmatados. Sin embargo, cuando comparamos con mediciones de diques totalmente colmatados, como los resultados obtenidos por Boix-Fayos *et al.* (2008), se puede observar como los valores medios de erosión calculados ($7,30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$) son más similares a estos y de mayor magnitud.

Relacionando este valor anual de sedimentos retenidos hasta la actualidad con la calidad de las aguas del río Carrión podemos evaluar su mejora desde la realización de las obras de restauración hidrológico-forestal. La tasa de retención anual estimada es de $7,30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ para una superficie de 9,91 hectáreas. Esto supone un valor anual de $2221,39 \text{ t}\cdot\text{año}^{-1}$ de sedimentos para las 304,3 ha restauradas por el proyecto de Ayerbe (1930) en el término de Saldaña. De esta forma empleando este valor medio de pérdidas por erosión estimado, la restauración de las laderas de Saldaña habría permitido la retención hasta la actualidad de 175489,81 t de sedimentos producidos en estas laderas los cuales sin estas actuaciones hubieran acabado en el río Carrión, ya que todas estas cárcavas vierten directamente sobre el cauce del Carrión en su margen izquierda. Por lo tanto, se puede comprobar la mejora en la calidad de las aguas las cuales disminuyen en turbidez y del hábitat acuático a través de la disminución del sellado de frezaderos.

Estos valores nos dan una idea de la magnitud del proceso erosivo sufrido en las laderas de la margen izquierda del río Carrión a lo largo de toda la restauración que abarca desde Villalba de Guardo hasta La Serna, con una superficie de aproximadamente 9 km^2 con graves problemas erosivos.

6.6. EFICIENCIA DE RETENCIÓN DE LAS HIDROTECNIAS

Una vez determinado el volumen de sedimentos por cada dique, se ha calculado la eficiencia de retención de este mediante la aplicación de la fórmula empírica propuesta por Brown y Jarvis (1943). Los resultados de eficiencia (TE) en porcentaje por dique analizado, se pueden ver en la Tabla 6.10.

Tabla 6.10. Eficiencia de retención por dique, empleando la fórmula de Brown y Jarvis (1943) a partir del volumen retenido y el área de captación de sedimentos por dique.

| Dique | Volumen retenido (m ³) | Área captación (km ²) | TE (%) |
|-------|------------------------------------|-----------------------------------|--------|
| 22 | 234,459 | 0,001067 | 99,784 |
| 23 | 610,718 | 0,016193 | 98,753 |
| 24 | 228,399 | 0,005070 | 98,954 |
| 25 | 386,966 | 0,002684 | 99,671 |
| 26 | 102,347 | 0,008282 | 96,290 |
| 27 | 109,479 | 0,000655 | 99,716 |
| 28 | 222,595 | 0,005845 | 98,765 |
| 29 | 121,855 | 0,004542 | 98,256 |
| 30 | 65,980 | 0,001730 | 98,767 |
| 31 | 115,108 | 0,002225 | 99,088 |
| 32 | 114,987 | 0,002600 | 98,935 |
| 33 | 93,262 | 0,001609 | 99,185 |
| 34 | 10,989 | 0,000176 | 99,243 |
| 35 | 44,286 | 0,000386 | 99,587 |
| 36 | 164,904 | 0,005881 | 98,330 |
| 37 | 66,949 | 0,002859 | 98,007 |
| 38 | 202,728 | 0,006124 | 98,582 |
| 39 | 6,139 | 0,000967 | 93,023 |
| 40 | 9,337 | 0,001407 | 93,305 |
| 41 | 7,665 | 0,002506 | 86,529 |
| 42 | 169,506 | 0,003086 | 99,141 |
| 43 | 177,016 | 0,004763 | 98,735 |
| 44 | 192,767 | 0,009630 | 97,676 |
| 45 | 79,380 | 0,001330 | 99,208 |
| 46 | 70,922 | 0,007891 | 94,968 |
| Media | 144,350 | 0,003980 | 97,700 |

Si analizamos los resultados de eficiencia obtenidos, estos muestran unos valores elevados, que salvo alguna excepción se encuentran por encima del 95% con una eficiencia media del 97,7%. Si comparamos los resultados obtenidos con los planteados por Díaz *et al.* (2014) para la restauración de Tórtoles (Ávila) observamos como estos se mueven en unas magnitudes similares, no siendo inferiores al 80% como sucede en este estudio. Por otro lado, Romero *et al.* (2012) estima la eficiencia de retención de los diques de la cuenca del río Quípar (Murcia) con el mismo modelo empírico, obteniendo un eficiencia media del 83,9%, la cual es sensiblemente inferior al resultado obtenido en la restauración de Saldaña (Palencia). Hay que destacar que el resultado medio obtenido se encuentra en concordancia, siendo incluso mayor que los planteamientos de Lawrence y Cascio (2004) donde proponen que este parámetro de eficiencia se mueve dentro de valores próximos al 90 – 95% como también asume Sougnez *et al.* (2011).

6.7. PRODUCCIÓN TOTAL Y EMISIÓN DE SEDIMENTOS

La producción total de sedimentos (TSY) es una variable que nos da una estimación de la erosión total acontecida en la zona de estudio. Su cálculo se basa en la relación inversa entre el sedimento retenido anualmente (SY) y la eficiencia de retención de cada dique. Si a la producción total de sedimentos le descontamos el sedimento retenido anualmente o producción de sedimentos, obtenemos la emisión de

sedimentos (SE) que sería la fracción del total de sedimentos que se han producido los cuales no fueron retenidos. Los resultados obtenidos para estas variables pueden observarse en la Tabla 6.11. La evolución de la TSY y de la SY se ha representado en la Figura 6.11, donde puede verse como ambas variables muestran una tendencia muy similar, casi solapándose ambas líneas, lo cual nos indica que para los valores obtenidos de producción total de sedimentos, la emisión de sedimentos es baja. Esto concuerda con las afirmaciones vertidas de que parece poco probable en virtud de los caudales circulantes por estas cárcavas, que se produzcan pérdidas de sedimentos de magnitud considerable.

Tabla 6.11. Valores de producción total de sedimentos (TSY), sedimentos retenidos (SY) y emisión de sedimentos (SE) para cada dique evaluado.

| Dique | SY (t·ha ⁻¹ ·año ⁻¹) | TSY (t·ha ⁻¹ ·año ⁻¹) | SE (t·ha ⁻¹ ·año ⁻¹) |
|--------------|---|--|---|
| 22 | 42,835 | 42,927 | 0,093 |
| 23 | 7,257 | 7,348 | 0,092 |
| 24 | 9,409 | 9,508 | 0,099 |
| 25 | 31,025 | 31,127 | 0,102 |
| 26 | 2,456 | 2,551 | 0,095 |
| 27 | 34,910 | 35,009 | 0,099 |
| 28 | 8,002 | 8,102 | 0,100 |
| 29 | 5,637 | 5,737 | 0,100 |
| 30 | 7,435 | 7,527 | 0,093 |
| 31 | 10,347 | 10,442 | 0,095 |
| 32 | 9,069 | 9,167 | 0,098 |
| 33 | 11,226 | 11,318 | 0,092 |
| 34 | 13,041 | 13,140 | 0,099 |
| 35 | 25,705 | 25,812 | 0,107 |
| 36 | 5,892 | 5,992 | 0,100 |
| 37 | 4,624 | 4,718 | 0,094 |
| 38 | 6,788 | 6,886 | 0,098 |
| 39 | 1,414 | 1,520 | 0,106 |
| 40 | 1,361 | 1,458 | 0,098 |
| 41 | 0,631 | 0,729 | 0,098 |
| 42 | 10,415 | 10,505 | 0,090 |
| 43 | 6,661 | 6,746 | 0,085 |
| 44 | 3,873 | 3,966 | 0,092 |
| 45 | 11,549 | 11,641 | 0,092 |
| 46 | 1,704 | 1,794 | 0,090 |
| Total | 273,266 | 279,699 | 6,433 |

Además, hay que destacar que si hablamos de pérdidas totales de eficiencia, apenas para una TSY de 279,699 t·ha⁻¹·año⁻¹ se retienen la nada despreciable cantidad de 273,266 t·ha⁻¹·año⁻¹ perdiéndose únicamente 6,433 t·ha⁻¹·año⁻¹, lo que supone en tasas porcentuales únicamente un 2,3% del total de sedimento producido en estas cuencas. De este modo 273,266 t·ha⁻¹·año⁻¹ de sedimentos no alcanzan el cauce del río Carrión y se evitan los problemas que esta área de *badlands* causaba antes de desarrollar este importante y beneficioso proyecto de restauración hidrológico-forestal, desarrollado en el entorno de Saldaña. Esta notable reducción en la emisión de sedimentos ha sido estudiada por Navarro *et al.* (2014) cuyos resultados avalan las afirmaciones aquí vertidas sobre el beneficio de las hidrotecnias.

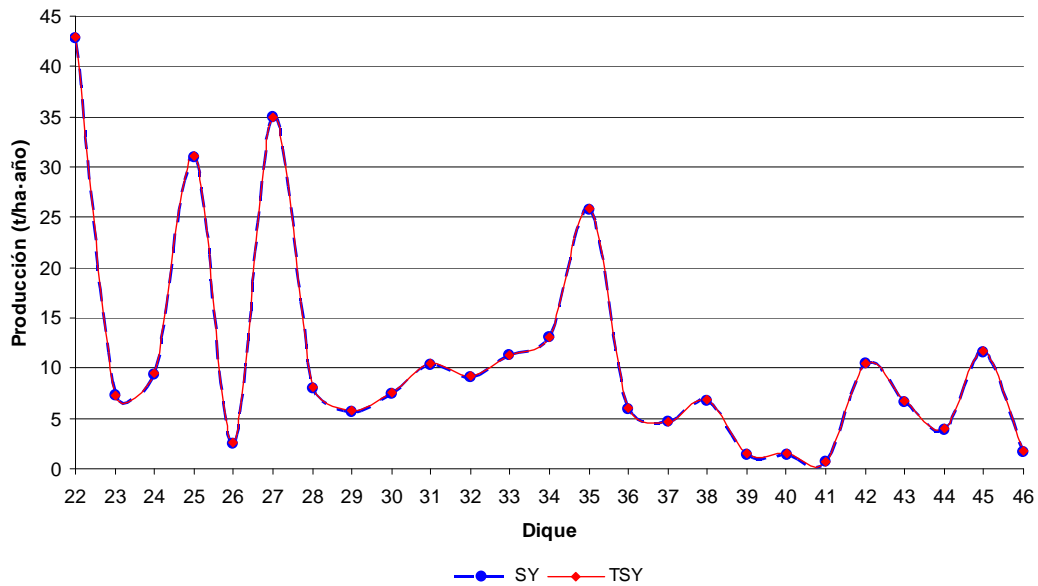


Figura 6.11: Evolución de la producción total de sedimentos (TSY) y de los sedimentos retenidos (SY) en $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ para la muestra de diques analizada.

Si comparamos el valor medio de emisión de sedimentos (SE) para cada dique cuyo valor es de $0,26 t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ con el obtenido por Díaz *et al.* (2014) para la restauración de Tórtoles (Ávila) donde el valor medio de SE es de $0,08 t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$, observamos como el valor para Saldaña es notablemente superior. Pese a que en ambos casos se han evaluado diques de gaviones, la causa de esta diferencia reside en la magnitud de los diques evaluados, ya que en este estudio, se han analizado diques muy variables, casi de todos los tamaños posibles, mientras que Díaz *et al.* (2014) han evaluado una muestra de diques mucho más homogénea y compuesta por diques de menor envergadura que los que se analizan en este estudio. Además, hay que destacar como motivo de esta diferencia de emisión, la textura predominante de los suelos analizados, pasando de una textura arcillosa en Saldaña a arenosa en Tórtoles, con mayor capacidad de emisión en aquellos suelos de partículas más finas como son las arcillas.

6.8. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON OTRAS METODOLOGÍAS

La metodología empleada en este estudio, propuesta por Díaz (2011) y publicada por Díaz *et al.* (2014), la cual se ha desarrollado de forma colaborativa entre la U. D. de Hidráulica e Hidrología de la E.T.S.I.I.A.A de Palencia y el Grupo de Hidrología y Conservación de la Universidad Católica de Ávila, se ha comparado con las metodologías desarrolladas por Castillo *et al.* (2007), Romero *et al.* (2007), Sougnez *et al.* (2011) y Bellín *et al.* (2011). Se trata de metodologías muy distintas en cuanto a complejidad de datos de campo y sus aproximaciones a la realidad sedimentaria, lo cual puede desencadenar en una pérdida de precisión a costa de una disminución del volumen de sedimentos retenidos.

Para poder comparar todas las metodologías entre si, se ha calculado el volumen para cada uno de los diques (25 diques en total), por cada uno de los procedimientos metodológicos. En el Anejo II, pueden observarse las variables y los cálculos

realizados con cada una de las metodologías. En las Tabla 6.12, puede verse la comparativa de volúmenes respecto a las metodologías de Castillo *et al.* (2007) y Romero *et al.* (2007) y en la Tabla 6.13 la comparativa de volúmenes respecto a las metodologías de Sougnez *et al.* (2011) y Bellín *et al.* (2011).

Tabla 6.12. Comparación de los resultados obtenidos respecto a las metodologías de Castillo *et al.* (2007) y Romero *et al.* (2007), así como la diferencia de volúmenes por comparación (ΔV).

| Dique | Díaz (2011) | Castillo <i>et al.</i> (2007) | ΔV | Romero <i>et al.</i> (2007) | ΔV |
|-------|-------------|----------------------------------|------------|--------------------------------|------------|
| 22 | 234,459 | 101,015 | -133,443 | 119,797 | -114,662 |
| 23 | 610,718 | 754,869 | 144,151 | 769,538 | 158,820 |
| 24 | 228,399 | 136,656 | -91,743 | 112,653 | -115,746 |
| 25 | 386,966 | 316,431 | -70,535 | 262,462 | -124,504 |
| 26 | 102,347 | 54,713 | -47,634 | 45,474 | -56,873 |
| 27 | 109,479 | 74,868 | -34,610 | 59,070 | -50,409 |
| 28 | 222,595 | 252,054 | 29,458 | 290,095 | 67,499 |
| 29 | 121,855 | 101,980 | -19,875 | 92,055 | -29,800 |
| 30 | 65,980 | 82,534 | 16,554 | 91,327 | 25,347 |
| 31 | 115,108 | 103,518 | -11,590 | 95,582 | -19,526 |
| 32 | 114,987 | 101,740 | -13,246 | 97,832 | -17,155 |
| 33 | 93,262 | 115,741 | 22,480 | 103,437 | 10,175 |
| 34 | 10,989 | 18,533 | 7,543 | 12,698 | 1,709 |
| 35 | 44,286 | 77,864 | 33,579 | 66,978 | 22,693 |
| 36 | 164,904 | 192,330 | 27,426 | 190,322 | 25,419 |
| 37 | 66,949 | 97,054 | 30,106 | 85,566 | 18,617 |
| 38 | 202,728 | 242,687 | 39,959 | 232,095 | 29,367 |
| 39 | 6,139 | 8,529 | 2,390 | 9,654 | 3,515 |
| 40 | 9,337 | 16,912 | 7,575 | 15,017 | 5,680 |
| 41 | 7,665 | 14,659 | 6,994 | 18,586 | 10,920 |
| 42 | 169,506 | 201,579 | 32,073 | 159,096 | -10,410 |
| 43 | 177,016 | 148,141 | -28,875 | 125,864 | -51,151 |
| 44 | 192,767 | 138,382 | -54,385 | 130,621 | -62,147 |
| 45 | 79,380 | 51,327 | -28,053 | 60,406 | -18,974 |
| 46 | 70,922 | 68,247 | -2,675 | 74,749 | 3,827 |
| Total | 3608,740 | 3472,362 | -136,378 | 3320,973 | -287,767 |
| Media | 144,350 | 138,894 | -5,455 | 132,839 | -11,511 |

Tabla 6.13. Comparación de los resultados obtenidos respecto a las metodologías de Sougnez *et al.* (2011) y Bellín *et al.* (2011), así como la diferencia de volúmenes por comparación (ΔV).

| Dique | Díaz (2011) | Sougnez <i>et al.</i> (2011) | ΔV | Bellín <i>et al.</i> (2011) | ΔV |
|-------|-------------|---------------------------------|------------|--------------------------------|------------|
| 22 | 234,459 | 128,234 | -106,225 | 122,279 | -112,180 |
| 23 | 610,718 | 845,170 | 234,452 | 1237,033 | 626,316 |
| 24 | 228,399 | 206,794 | -21,605 | 223,543 | -4,856 |
| 25 | 386,966 | 420,312 | 33,346 | 360,025 | -26,941 |
| 26 | 102,347 | 85,976 | -16,372 | 99,956 | -2,391 |
| 27 | 109,479 | 103,377 | -6,102 | 119,653 | 10,174 |
| 28 | 222,595 | 313,897 | 91,301 | 360,097 | 137,502 |
| 29 | 121,855 | 126,581 | 4,726 | 143,376 | 21,522 |

Tabla 6.13 (Cont). Comparación de los resultados obtenidos respecto a las metodologías de Sougnez *et al.* (2011) y Bellín *et al.* (2011), así como la diferencia de volúmenes por comparación (ΔV).

| Dique | Díaz (2011) | Sougnez <i>et al.</i> (2011) | ΔV | Bellín <i>et al.</i> (2011) | ΔV |
|-------|-------------|------------------------------|------------|-----------------------------|------------|
| 30 | 65,980 | 84,433 | 18,453 | 71,291 | 5,311 |
| 31 | 115,108 | 115,794 | 0,686 | 111,092 | -4,016 |
| 32 | 114,987 | 115,497 | 0,511 | 82,271 | -32,716 |
| 33 | 93,262 | 125,474 | 32,213 | 130,727 | 37,466 |
| 34 | 10,989 | 12,235 | 1,246 | 15,384 | 4,395 |
| 35 | 44,286 | 68,366 | 24,081 | 79,704 | 35,418 |
| 36 | 164,904 | 186,767 | 21,863 | 240,735 | 75,831 |
| 37 | 66,949 | 73,179 | 6,231 | 113,676 | 46,727 |
| 38 | 202,728 | 176,254 | -26,474 | 258,666 | 55,939 |
| 39 | 6,139 | 8,581 | 2,442 | 8,744 | 2,605 |
| 40 | 9,337 | 17,129 | 7,792 | 20,470 | 11,133 |
| 41 | 7,665 | 15,635 | 7,970 | 12,731 | 5,066 |
| 42 | 169,506 | 199,258 | 29,751 | 244,281 | 74,775 |
| 43 | 177,016 | 203,102 | 26,086 | 207,882 | 30,867 |
| 44 | 192,767 | 163,185 | -29,582 | 221,318 | 28,550 |
| 45 | 79,380 | 41,612 | -37,768 | 61,310 | -18,070 |
| 46 | 70,922 | 77,318 | 6,396 | 89,787 | 18,865 |
| Total | 3608,740 | 3914,157 | 305,417 | 4636,028 | 1027,289 |
| Media | 144,350 | 156,566 | 12,217 | 185,441 | 41,092 |

Analizando los resultados de volumen obtenidos, se puede comprobar que el volumen total de sedimentos retenidos por los diques según la metodología empleada en el estudio es de 3608,740 m³. Empleando la metodología de Castillo *et al.* (2007) se obtiene un volumen de 3472,362 m³ lo que supone un 3,78% menor que el obtenido con la metodología empleada. Por otro lado empleando la metodología de Romero *et al.* (2007) se obtiene un volumen de sedimentos de 3320,973 m³ lo cual es un valor un 7,97% menos respecto al volumen obtenido mediante la ejecución de secciones. Sin embargo, el volumen obtenido es menor que el obtenido con la metodología de Sougnez *et al.* (2011) que adquiere el valor de 3914,157 m³ y que el obtenido con la metodología de Bellín *et al.* (2011) cuyo valor es de 4636,028 m³. Estos valores suponen un 8,46% y un 28,47% mayor respectivamente que el obtenido con la metodología por secciones planteada por Díaz (2011). Estos resultados pueden compararse en la Figura 6.12, donde pueden verse los volúmenes totales obtenidos por dique. A tenor de los elevados volúmenes retenidos, parece un poco precipitado e incluso descabellado verter conclusiones negativas sobre la idoneidad de estas hidrotecnias, lo cual haría replantearnos las conclusiones que muestran algunos trabajos como los de Castillo *et al.* (2007), Boix-Fayos *et al.* (2007) o Castillo *et al.* (2011), sobre el escaso efecto de estas obras.

Si nos adentramos un poco más en el motivo de estos resultados, hay que tener en cuenta que estamos hablando de volúmenes totales retenidos con el empleo de cada metodología. Lo que verdaderamente ocurre con las metodologías es que al contabilizar el volumen en conjunto se produce una teórica compensación de errores, que se traduce en volúmenes totales para el área de estudio muy próximos entre metodologías, con pequeñas diferencias, debido a que las diferencias son positivas en

unos casos y negativos en otros, lo que parece generar resultados comparables para las diferentes metodologías aunque realmente no sea así.

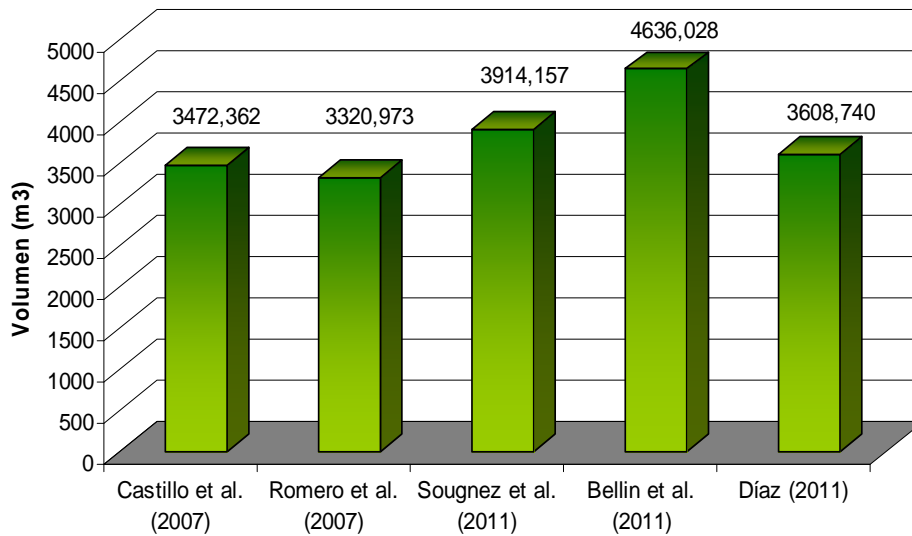


Figura 6.12. Volumen de sedimentos obtenidos con cada metodología.

Basándonos en los datos reales que emplea cada metodología, es lógico asumir que el ejecutar secciones en campo, mediante la realización de un levantamiento topográfico, aporta una mayor precisión al método y a la realidad sedimentaria, lo cual permite asemejar la forma de cubicar el dique a la realidad del terreno sobre el que se asienta siendo esto muy difícil aplicando otras metodologías basadas en modelos prismáticos simples.

Sin embargo siguiendo los métodos de Castillo *et al.* (2007) y Romero *et al.* (2007) se observa que los valores son muy próximos a la metodología empleada dique a dique pese a apoyarse en menor número de datos de campo. Esto se debe fundamentalmente a la utilización de una altura de cálculo la cual no se corresponde con la verdadera altura de los sedimentos retenidos y a medidas de la cuña que no cumplen los principios de la geometría de medidas geométricas. Además en el caso del método de Castillo *et al.* (2007) la utilización de la sección media en el cálculo del volumen, plantea asemejar nuestra cuña a la mitad de un prisma de sección media, lo cual, dependiendo de la forma que tengamos en la sección aguas abajo no es apropiado.

Otro aspecto a tener en cuenta es que los métodos prismáticos (Castillo *et al.* (2007) y Romero *et al.* (2007)), no plantean como estimar el volumen de sedimentos retenidos en aquellos diques donde la cuña de sedimentos se divide en dos cauces, lo cual se ha resuelto mediante la ejecución de dos prismas, uno por cada cauce y la resta del volumen de parte de uno de ellos en el espacio en que ambos prismas se solapan. De esta forma se ha tratado de reducir el problema de estos diques en los que las secciones no siguen una marcada linealidad.

Esto nos hace ver que estas metodologías y su aplicación suponen muchas veces un desajuste. Por lo tanto, tal y como se viene viendo con todos los planteamientos sobre estas metodologías, se está llevando a cabo con su empleo una sobreestimación del volumen retenido, lo cual desencadena en una menor aproximación a la forma real de la cuña de sedimentos. Estas simplificaciones geométricas, repercuten en una sobreestimación de volúmenes, lo cual modera las diferencias entre métodos. Pero esas simplificaciones no se sostienen desde el punto de vista del cálculo geométrico.

En cuanto al método de Sougnez *et al.* (2011) y Bellín *et al.* (2011) estos estiman volúmenes mayores que los obtenidos con la metodología de estudio. Esto se debe fundamentalmente a la superficie que emplean en el cálculo, ya que no aplican como en el caso de estudio una reducción de la variación del lecho, aplicando directamente la superficie medida en campo para su cálculo. De esta forma, tal y como se puede ver en la Figura 6.13, se sobrestima la superficie y por tanto el volumen.

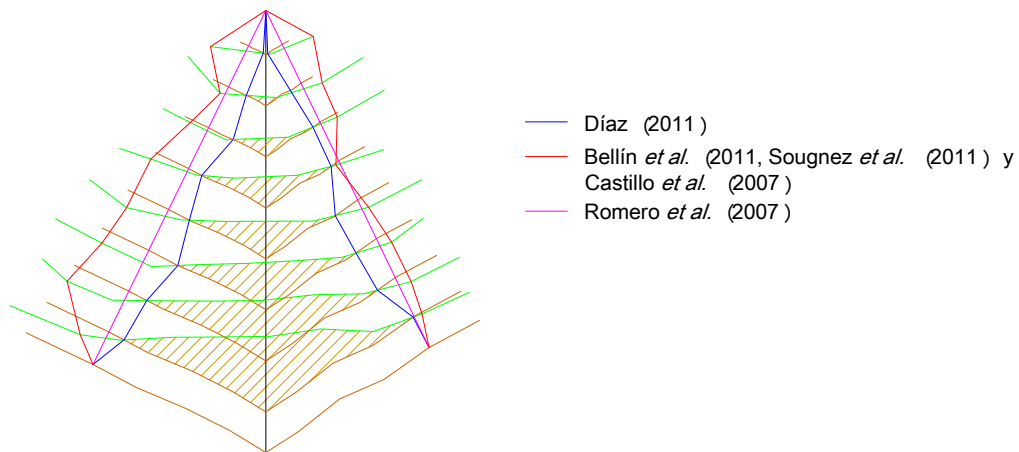


Figura 6.13: Comparación de superficies estimadas con cada metodología para el dique 41.

Para dirimir si existen diferencias significativas entre las metodologías planteadas para la determinación del volumen de sedimentos retenidos por los diques, se ha optado por analizar estadísticamente los resultados de volumen de los 25 diques analizados con cada metodología comparando los resultados.

En primer lugar, se ha evaluado el comportamiento de la población de diques en general mediante la realización de un análisis de la varianza (ANOVA) mediante el software STATGRAPHICS Centurion XVI, para los 125 volúmenes retenidos obtenidos con las 5 metodologías propuestas. Para ello, ha sido necesario realizar un ajuste de la variable volumen mediante la raíz cuadrada para que los resultados del análisis sean normales. La Figura 6.14 recoge la dispersión de los datos de volumen obtenido en función de la metodología, donde se puede ver que los resultados obtenidos son heterogéneos, mostrando una gran variabilidad entre diques.

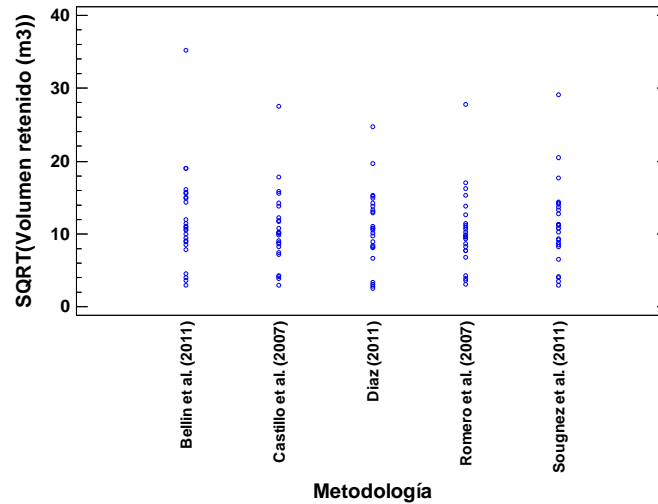


Figura 6.14. Gráfico de dispersión de SQRTvolumen para el factor metodología.

Del ANOVA realizado podemos observar como el gráfico de las medias para las metodologías (Figura 6.15) muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las metodologías en la estimación del volumen según el Test Fisher LSD al 95% de nivel de confianza, perteneciendo todas las metodologías al mismo grupo (Tabla 6.14).

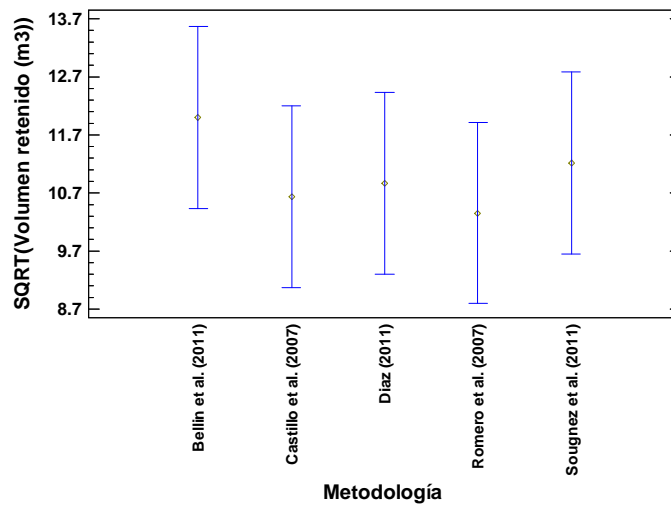


Figura 6.15. Gráfico de medias para la raíz cuadrada del volumen para cada metodología analizada.

Tabla 6.14. Metodologías analizadas y asignación de grupos homogéneos (LSD 95%).

| Metodología | Variable |
|-------------------------------|------------------------------------|
| | Volumen retenido (m ³) |
| Castillo <i>et al.</i> (2007) | a |
| Romero (2008) | a |
| Sougnez <i>et al.</i> (2011) | a |
| Bellín <i>et al.</i> (2011) | a |
| Díaz <i>et al.</i> (2012) | a |

Para comprobar la veracidad del modelo ANOVA, se ha evaluado la normalidad de los residuos, los cuales muestran una tendencia normal, como se puede constatar con el p-valor del test de Kolmogorov-Smirnov cuyo valor es de $0,08 > 0,05$, no pudiendo descartar la hipótesis de que los residuos sean normales.

Analizando más en profundidad los resultados de este ANOVA, vemos que todos los métodos resultan estadísticamente iguales en la estimación del volumen, lo que hace plantearnos que quizás este análisis esté sesgado por la elevada heterogeneidad de los resultados de volumen obtenidos, donde tenemos individuos que presentan grandes volúmenes y otros con apenas sedimento retenido. Esto nos lleva al planteamiento de que se pueden crear una serie de grupos homogéneos de diques, los cuales se puedan evaluar de forma independiente para poder extraer conclusiones sobre si las metodologías son estadísticamente significativas o no.

Siguiendo esta línea, se procedió a agrupar los diques en grupos homogéneos mediante un análisis *Cluster* empleando diferentes variables medidas en estos. Estas variables empleadas son: Volumen de sedimentos retenido, eficiencia de retención, densidad de los sedimentos, altura y anchura del paramento del dique. La Figura 6.16, presenta el análisis *Cluster* realizado donde pueden observarse 5 grupos de diques claramente diferenciados. Estos grupos están compuestos por los siguientes diques:

- Grupo 1: Dique 22, 30, 31, 32, 37, 42, 43, 44, 45, 46.
- Grupo 2: Dique 23.
- Grupo 3: Dique 24, 27, 29, 33, 34, 35.
- Grupo 4: Dique 25, 28, 36, 38.
- Grupo 5: Dique 26, 39, 40, 41.

CLUSTER

(Método de Ward, Distancia Euclideana cuadrada)

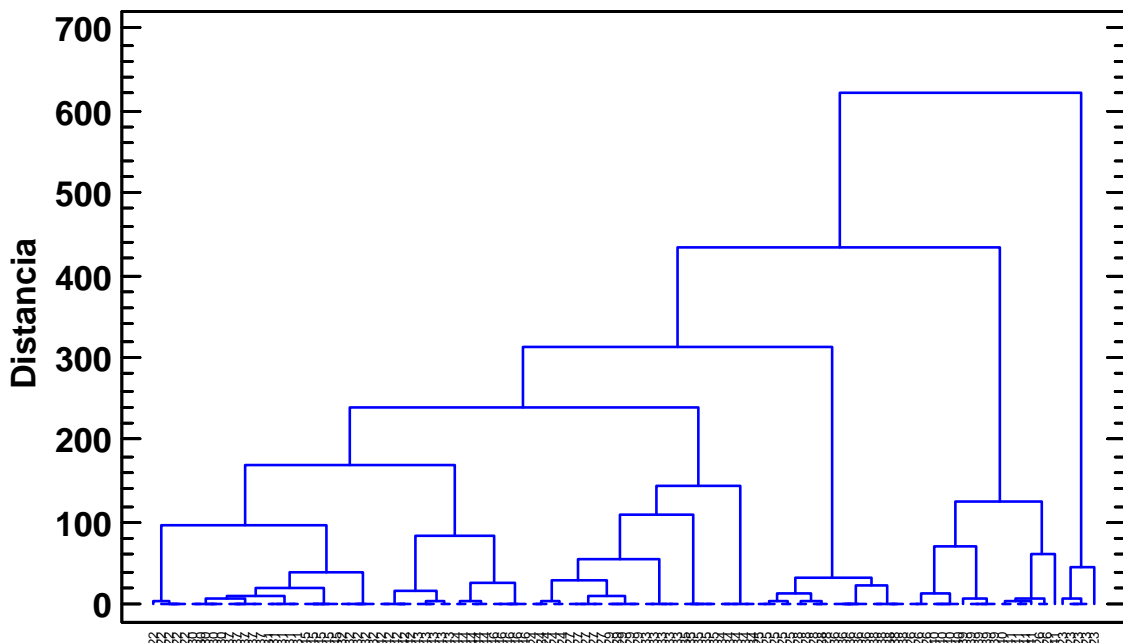


Figura 6.16. Análisis *Cluster* para los diques que componen la muestra en función de las variables seleccionadas.

Estos grupos, se caracterizarán por cómo están influenciados por las variables seleccionadas, es decir, cada grupo, se caracterizará por tener unas características más o menos constantes de cada variable y diferenciadas de los otros grupos. Por tanto, este será el siguiente cometido: conocer los motivos por los que se caracterizan nuestros grupos. Para ello, se ha abordado la caracterización de los grupos mediante la ejecución de un análisis de la varianza (ANOVA), evaluando las variables seleccionadas para la ejecución del *Cluster* en función del factor grupo, determinados en el análisis anterior.

Los resultados del ANOVA para cada variable empleando el grupo como factor, se pueden observar en la Tabla 6.15, donde se muestran los grupos homogéneos dentro de cada una de las variables, los cuales pueden corroborarse observando las Figuras 6.17, 6.18 y 6.19. De este modo, los grupos se caracterizarán por las siguientes características:

- Grupo 1: Este grupo, presenta características intermedias en todas sus variables, destacando que su altura se sitúa entre los 2,5 y 2,7 metros, con volúmenes inferiores a 200 m³ (entre 99 y 139 m³).
- Grupo 2: Se caracteriza por un volumen de sedimentos muy alto, con una eficiencia de retención superior al 99%, así como paramentos del dique grandes, tanto en anchura como en altura.
- Grupo 3: Este grupo tiene en común que su volumen retenido es inferior a 200 m³ (entre 72 y 123 m³) con una eficiencia por encima del 98%, diques de pequeña altura (<2 m) y anchura comprendida entre los 8 y 10 metros.
- Grupo 4: Su volumen retenido adquiere valores medios situándose entre los 233 y 294 m³. Este grupo presenta alturas de dique mayores de 3 m y anchos medios de 11,5 metros.
- Grupo 5: El grupo, tiene como principal característica que sus valores de eficiencia son bajos, con una retención inferior a 100 m³ (entre 0 y 60 m³).y una altura comprendida entre los 1,8 y 2,1 metros de altura.

Hay que destacar que una vez agrupados los diques, se observa que las variables muchas veces resultan similares en dos o mas grupos como ocurre con la densidad aparente donde los grupos resultan ser dos similares por un lado y tres similares entre si, pero distintos de los anteriores.

Tabla 6.15. Grupos analizados y asignación de grupos homogéneos (LSD 95%) para cada variable.

| Grupo | Variables | | | | |
|---------|---------------------------|------------------------------|--------|------------|-----------|
| | Volumen (m ³) | Densidad (t/m ³) | TE (%) | Altura (m) | Ancho (m) |
| Grupo 1 | b | a | b | c | b |
| Grupo 2 | d | a | bc | e | d |
| Grupo 3 | b | b | c | a | b |
| Grupo 4 | c | b | bc | d | c |
| Grupo 5 | a | b | a | b | a |

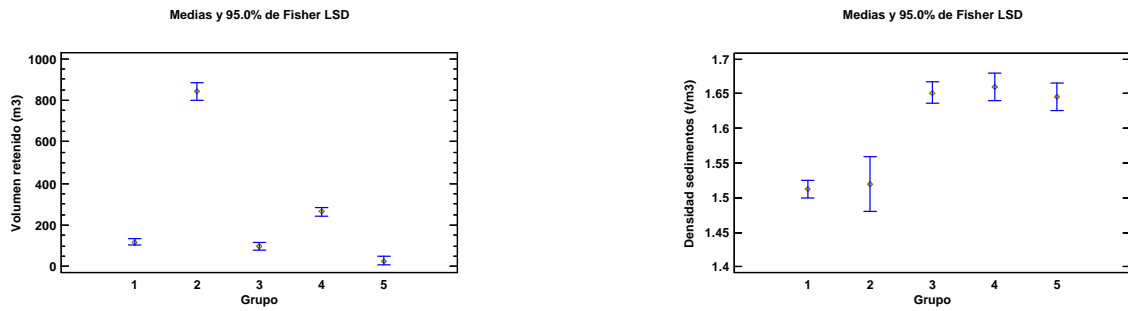


Figura 6.17. Gráficos de medias (95% LSD) para las variables volumen retenido (m³) y densidad de los sedimentos (t·m⁻³) empleando el grupo como factor.

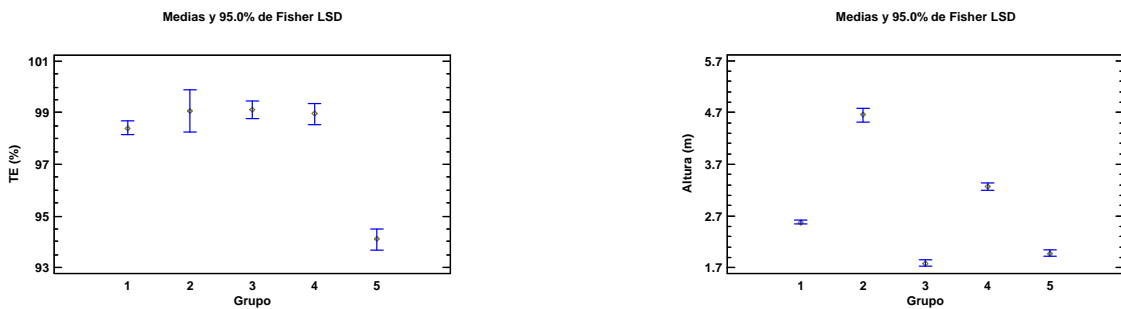


Figura 6.18. Gráficos de medias (95% LSD) para las variables TE (%) y altura (m) empleando el grupo como factor.

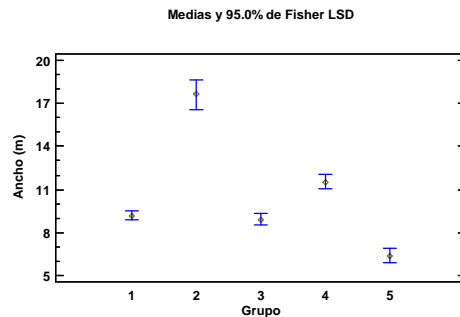


Figura 6.19. Gráfico de medias (95% LSD) para la variable ancho (m) empleando el grupo como factor.

Una vez analizados los grupos, se observa que como se sospechaba, la muestra es heterogénea y puede agruparse en pequeños grupos homogéneos. Además, uno de estos grupos, el grupo 2, está compuesto por un único dique, el 23 ya que presenta valores muy elevados de todas las variables respecto al resto. Este grupo por lo tanto como únicamente tiene una medición resulta muy complicado de evaluar y relacionar con el resto ya que no se pueden realizar medias dentro de cada metodología. Por ello, este grupo se eliminará del resto de los análisis al ser considerado como un “outlier”.

Con el resto de los grupos, se ha decidido realizar un ANOVA de medidas repetidas mediante el empleo de software SAS Ententerprise, fijando las varianzas iguales dentro de cada grupo y la matriz de covarianzas por simetría compuesta. Este procedimiento estadístico, nos permite evaluar si existen diferencias significativas dentro de cada grupo entre las diferentes metodologías planteadas para evaluar los sedimentos retenidos. El modelo, contrasta tanto las diferencias entre metodologías y grupos para todos los datos, como la relación existente entre metodologías dentro de cada grupo creado.

Si vemos los resultados obtenidos del análisis ANOVA de medidas repetidas, se puede comprobar a través del gráfico de medias (Figura 6.20) que existen dos metodologías que claramente resultan diferentes entre si al 95% de confianza. Estas son la de Romero *et al.* (2007) y la de Bellín *et al.* (2011). Por otro lado, las metodologías de Romero *et al.* (2007), Castillo *et al.* (2007) y Díaz (2011) son iguales entre si, de igual modo que Castillo *et al.* (2007), Díaz (2011) y Sougnez *et al.* (2011) son iguales entre si y Sougnez *et al.* (2011) y Bellín *et al.* (2011) resultan iguales entre si al 95% de nivel de confianza. Por tanto, si excluimos el máximo (Bellín *et al.* (2011)) y el mínimo (Romero *et al.* (2007)), cualquiera de las otras metodologías resulta similar en la determinación de volúmenes retenidos.

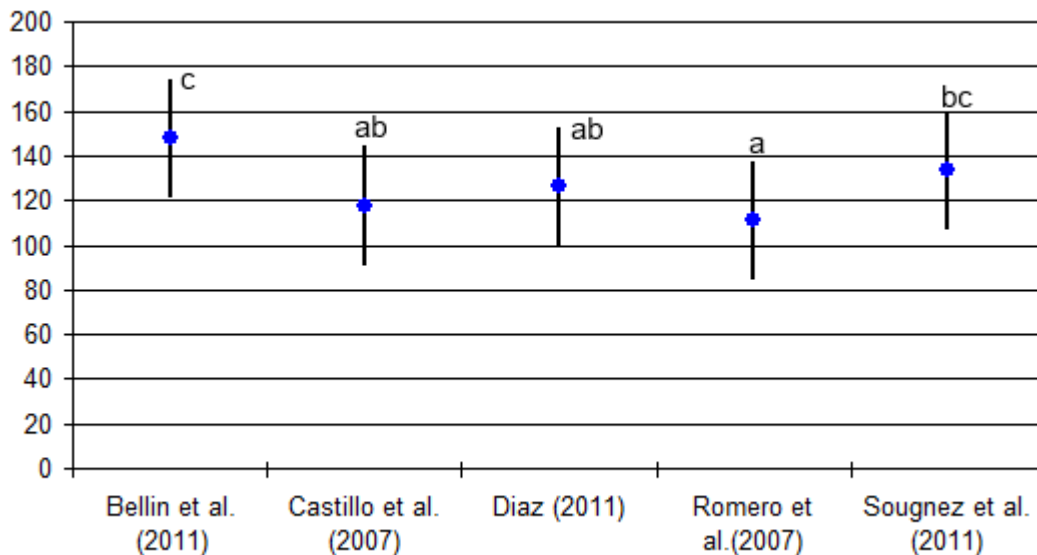


Figura 6.20. Gráfico de medias (95% LSD) para el volumen retenido en función de la metodología para la totalidad de los datos con la asignación de grupos homogéneos.

Si evaluamos el comportamiento del volumen según los diferentes grupos (Figura 6.21), se puede ver cómo existen dos grupos con volúmenes similares como son el 1 y el 3, que son los que albergan menores volúmenes, siendo claramente distintos del grupos 4 y 5 que a su vez son distintos entre sí al 95% de nivel de confianza. Por tanto se vuelve a ver la heterogeneidad que tiene el volumen de sedimentos retenido y el motivo de agrupar los datos.

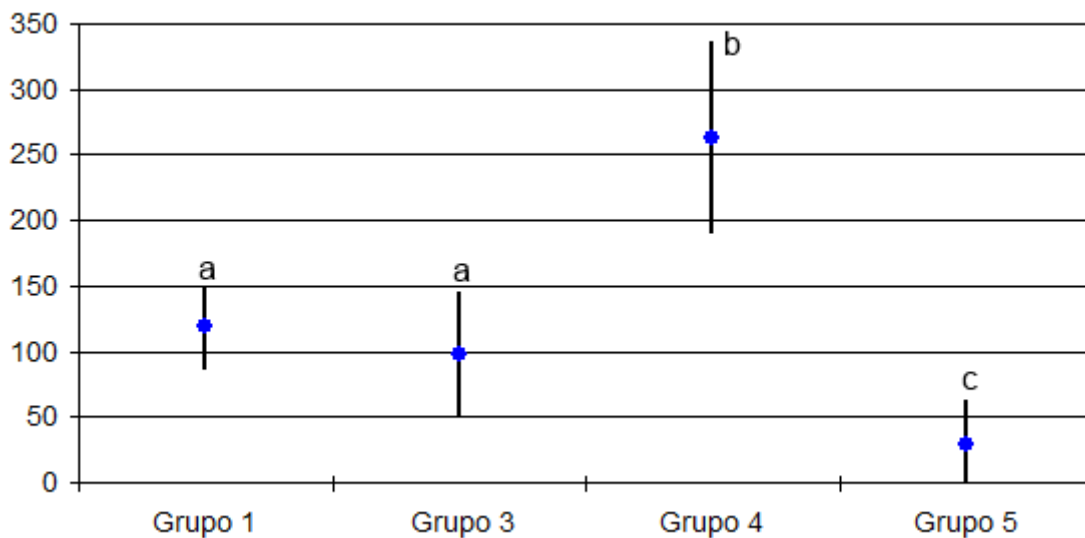


Figura 6.21. Gráfico de medias (95% LSD) para el volumen retenido en función del grupo para la totalidad de los datos con la asignación de grupos homogéneos.

Por último, el análisis evalúa y contrasta entre si las metodologías dentro de cada grupo para determinar si existen diferencias significativas entre estas metodologías en cada grupo, creando grupos homogéneos cuando las metodologías resultan iguales. Los resultados obtenidos, pueden observarse en la Figura 6.22.

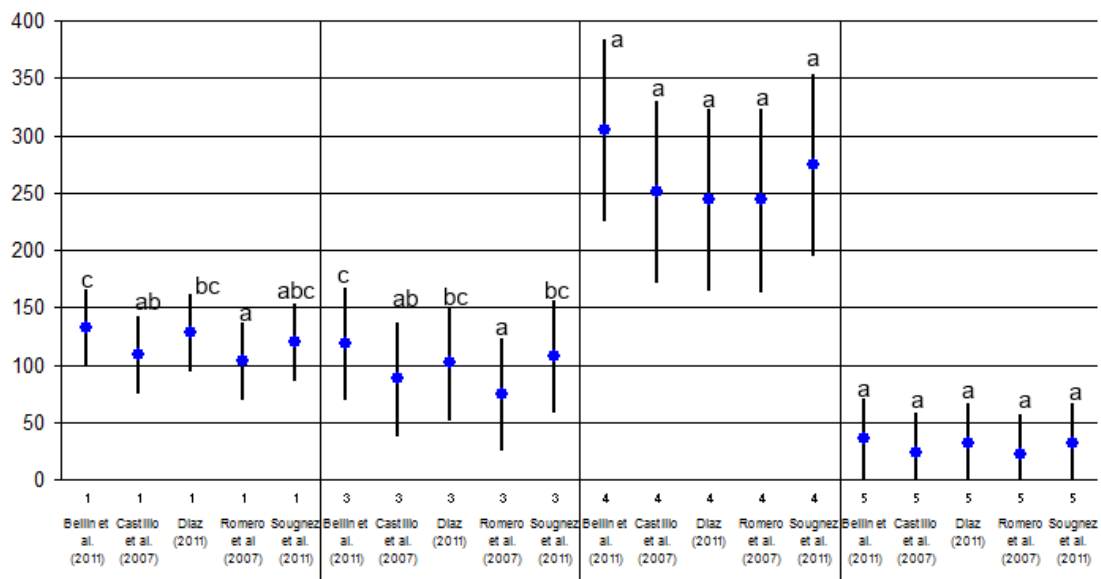


Figura 6.22. Gráfico de medias (95% LSD) para el volumen retenido por grupo y metodología de cálculo con la asignación de grupos homogéneos.

Analizando por grupos, se puede ver como para el grupo 1, las metodologías de Romero *et al.* (2007), Castillo *et al.* (2007) y Sougnez *et al.* (2011) resultan iguales en la estimación de sedimentos. También son iguales entre si Castillo *et al.* (2007), Sougnez *et al.* (2011) y Díaz (2011). Además Sougnez *et al.* (2011), Díaz (2011) y

Bellín *et al.* (2011) resultan similares entre si. Por otro lado, las estimaciones resultan diferentes entre si, al 95% de confianza empleando la metodología de Romero *et al.* (2007) frente a las de Díaz (2011) y Bellín *et al.* (2011).

Por su parte, en el grupo 3 se puede observar como las metodologías de Romero *et al.* (2007) y Castillo *et al.* (2007) estiman el volumen de forma similar y a su vez la metodología de Castillo *et al.* (2007) estima similar a las de Díaz (2011) y Sougnez *et al.* (2011). Además, resultan similares entre si las metodologías de Díaz (2011), Sougnez *et al.* (2011) y Bellín *et al.* (2011). Las únicas que son diferentes entre sí, son las de Romero *et al.* (2007) y Bellín *et al.* (2011) con un nivel de confianza del 95%.

Por ultimo, evaluando los grupos 4 y 5, se observa que en ellos todas las metodologías resultan similares en la estimación del volumen a un nivel de confianza del 95%, ya que todas pertenecen al mismo grupo homogéneo.

Por tanto analizando los resultados se puede decir que cuando los diques se sitúan entre 0 y 60 m³ de volumen con alturas entre 1,8-2,1 m y los 233 y 294 m³ de volumen con alturas por encima de los 3 m, todas la metodologías para determinar el volumen de sedimentos resultan iguales. Sin embargo, cuando tenemos diques con alturas entre los 2,5-2,7 m y volumen entre 99 y 139 m³ o diques con alturas menores de los 2 m y volumen entre 72 y 123 m³ y eliminamos los valores extremos (máximo y mínimo), las metodologías propuestas por Castillo *et al.* (2007), Sougnez *et al.* (2011) y Díaz (2011) nos ofrecen estimaciones similares a la hora de determinar el volumen de sedimentos retenidos.

Como todo modelo ANOVA, requiere que los residuos (Figura 6.23) obtenidos sean normales para verificar el modelo. En nuestro caso, el análisis falla por apuntamiento, pero el modelo ANOVA es robusto frente al apuntamiento no pudiendo desecharse que el análisis realizado no sea ni fiable ni valido.

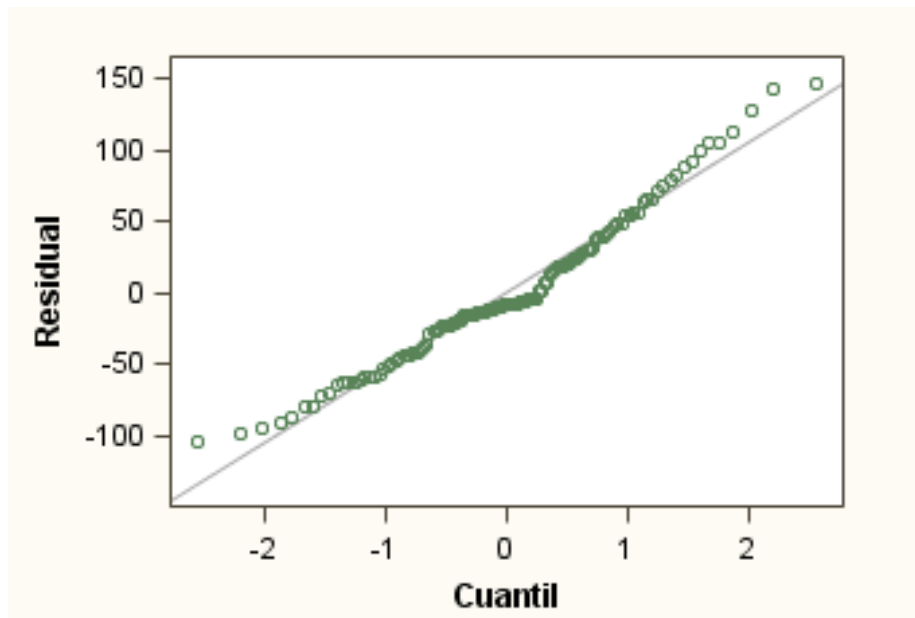


Figura 6.23. Gráfico de residuos en función del cuantil para el volumen.

6.9. ANÁLISIS DE METODOLOGÍAS Y CORRECCIÓN A LOS MODELOS PRISMÁTICOS

Una vez que se han estudiado estadísticamente las metodologías, se ha podido comprobar cómo apenas hay diferencias entre estas en la estimación del volumen, siendo según este análisis estadístico todas muy similares entre sí a la hora de determinar el sedimento retenido por una hidrotecnia. Sin embargo, profundizando más en los modelos metodológicos, nos surgen una serie de dudas sobre qué método puede considerarse más fiable en la determinación de volúmenes.

En primer lugar, hay que tener en cuenta el número de datos que requiere cada metodología. Los modelos prismáticos requieren pocos datos y son de fácil medición, pero parece complicado asumir que sus principios se ajusten con veracidad a la forma sedimentaria de cualquier dique que nos podamos encontrar en campo, por lo que como una primera estimación pueden valer, pero extraer conclusiones sobre la idoneidad o no del uso de hidrotecnias parece una utopía; más aún cuando se ha podido comprobar que las medidas empleadas no son reales y que asemejar todo a la mitad de un prisma de sección media como plantea Castillo *et al.* (2007), por ejemplo no siempre es apropiado ya que en ello influye la forma del paramento del dique.

Estas deficiencias detectadas en los modelos prismáticos, se corresponden con medidas de los diques y sus cuñas poco ajustadas o insuficientemente representativas. Como por ejemplo, que la altura aguas abajo del dique se corresponde con la altura de sedimento aguas arriba; o medir longitudes directamente sobre la cuña de sedimentos, con el correspondiente error de pendiente, obviando los principios geométricos de medidas prismáticas. Para tratar de evaluar estos desajustes por la ejecución de las medidas, se ha optado por volver a ejecutar estos métodos empleando las variables corregidas y observando cómo cambian los volúmenes obtenidos con la realización de estas correcciones. Los resultados obtenidos con cada método pueden observarse en la Tabla 6.16 y en la Figura 6.24.

Tabla 6.16. Volúmenes con las metodologías de Castillo *et al.* (2007) y Romero *et al.* (2007), así como volúmenes con los mismos métodos empleando las variables corregidas y las diferencias por dique y totales entre los métodos.

| Dique | Castillo <i>et al.</i> (2007) | Castillo <i>et al.</i> (2007) corregido | ΔV | Romero <i>et al.</i> (2007) | Romero <i>et al.</i> (2007) corregido | ΔV |
|-------|-------------------------------|---|------------|-----------------------------|---------------------------------------|------------|
| 22 | 101,015 | 92,545 | -8,470 | 119,797 | 112,337 | -7,460 |
| 23 | 754,869 | 685,759 | -69,110 | 769,538 | 659,751 | -109,787 |
| 24 | 136,656 | 125,462 | -11,194 | 112,653 | 94,168 | -18,485 |
| 25 | 316,431 | 284,826 | -31,605 | 262,462 | 233,721 | -28,741 |
| 26 | 54,713 | 47,591 | -7,122 | 45,474 | 39,184 | -6,290 |
| 27 | 74,868 | 74,869 | 0,000 | 59,070 | 53,327 | -5,743 |
| 28 | 252,054 | 230,900 | -21,154 | 290,095 | 261,683 | -28,412 |
| 29 | 101,980 | 86,010 | -15,970 | 92,055 | 72,816 | -19,239 |
| 30 | 82,534 | 76,234 | -6,301 | 91,327 | 82,511 | -8,816 |
| 31 | 103,518 | 92,624 | -10,893 | 95,582 | 82,677 | -12,906 |
| 32 | 101,740 | 88,801 | -12,939 | 97,832 | 66,553 | -31,279 |
| 33 | 115,741 | 105,826 | -9,916 | 103,437 | 81,965 | -21,472 |
| 34 | 18,533 | 13,891 | -4,642 | 12,698 | 9,449 | -3,250 |

Tabla 6.16 (Cont). Volúmenes con las metodologías de Castillo *et al.* (2007) y Romero *et al.* (2007), así como volúmenes con los mismos métodos empleando las variables corregidas y las diferencias por dique y totales entre los métodos.

| Dique | Castillo <i>et al.</i> (2007) | Castillo <i>et al.</i> (2007) corregido | ΔV | Romero <i>et al.</i> (2007) | Romero <i>et al.</i> (2007) corregido | ΔV |
|-------|-------------------------------|---|------------|-----------------------------|---------------------------------------|------------|
| 35 | 77,864 | 56,539 | -21,326 | 66,978 | 46,687 | -20,291 |
| 36 | 192,330 | 176,956 | -15,374 | 190,322 | 174,177 | -16,145 |
| 37 | 97,054 | 86,458 | -10,596 | 85,566 | 73,872 | -11,694 |
| 38 | 242,687 | 223,257 | -19,430 | 232,095 | 212,729 | -19,366 |
| 39 | 8,529 | 6,197 | -2,332 | 9,654 | 6,739 | -2,915 |
| 40 | 16,912 | 13,338 | -3,574 | 15,017 | 11,386 | -3,630 |
| 41 | 14,659 | 9,845 | -4,814 | 18,586 | 11,656 | -6,929 |
| 42 | 201,579 | 192,857 | -8,722 | 159,096 | 151,413 | -7,683 |
| 43 | 148,141 | 136,184 | -11,957 | 125,864 | 113,788 | -12,076 |
| 44 | 138,382 | 126,734 | -11,648 | 130,621 | 90,442 | -40,178 |
| 45 | 51,327 | 40,036 | -11,291 | 60,406 | 44,809 | -15,597 |
| 46 | 68,247 | 59,239 | -9,008 | 74,749 | 62,933 | -11,816 |
| Total | 3472,362 | 3132,974 | -339,388 | 3320,973 | 2850,774 | -470,199 |
| Media | 138,894 | 125,319 | -13,576 | 132,839 | 114,031 | -18,808 |
| % | - | - | -9,774 | - | - | -14,158 |

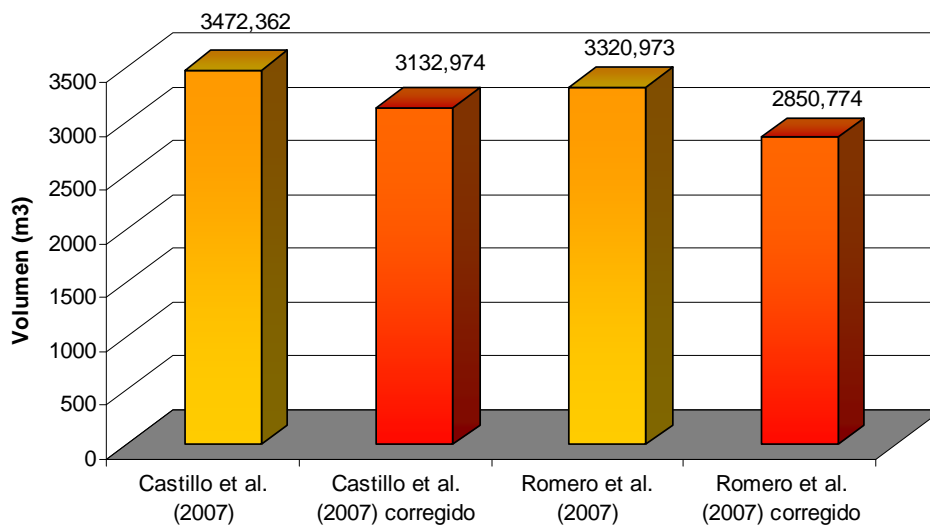


Figura 6.24. Volúmenes obtenidos con los métodos prismáticos y con su aplicación corregida.

Analizando la Figura 6.22, podemos ver como los volúmenes obtenidos empleando las variables medidas correctamente son notablemente inferiores en valores de 339,388 m³ en la utilización de la metodología de Castillo *et al.* (2007) y de 470,199 m³ en la aplicación de la metodología de Romero *et al.* (2007). Hay que destacar la magnitud de esta sobreestimación de volumen que se está realizando constantemente con estas metodologías, la cual supondría estimar si lo comparamos con el valor medio obtenido con la metodología por secciones planteada por Díaz (2011) de 144,350 m³, como si estimásemos una muestra con dos diques menos con

la utilización de la metodología de Castillo *et al.* (2007) y de tres diques menos si empleamos la metodología propuesta por Romero *et al.* (2007). Además hay que reseñar que son estas sobreestimaciones las que provocan un incremento de volumen que hace que estadísticamente estas metodologías se comporten como el resto. Este incremento es del 9,77% y del 14,16% con el empleo de la metodología de Castillo *et al.* (2007) y Romero *et al.* (2007) respectivamente.

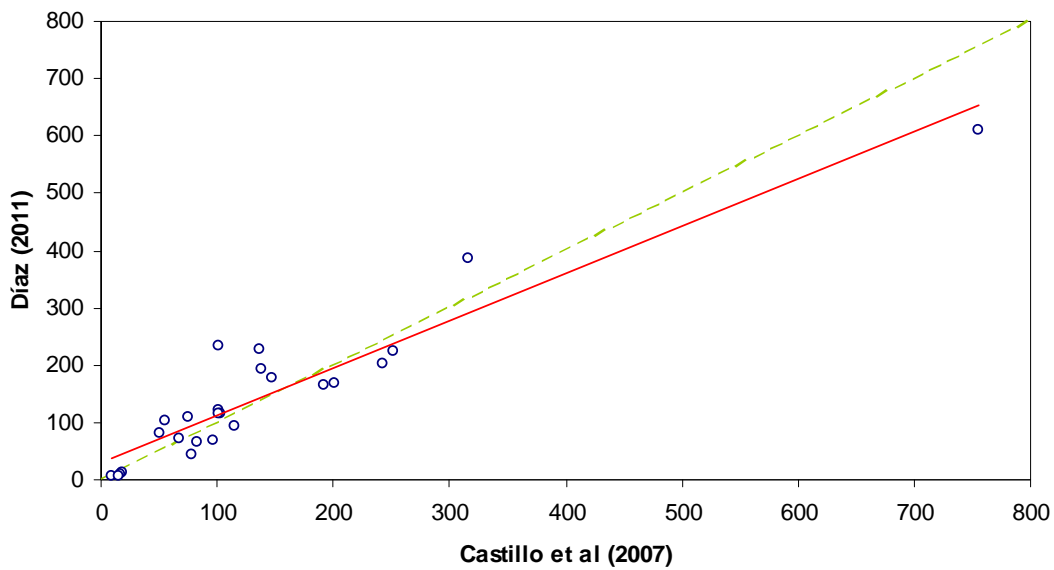
Si evaluamos la metodología propuesta por Bellín *et al.* (2011), comprobamos como obtiene los valores más altos, tanto totales como en la mayoría de los diques. Esto se debe fundamentalmente a la utilización de secciones con forma trapezoidal lo cual no es muy real en áreas de cauce estrechos y generalmente con forma de V que nos encontramos en las *badlands* de Saldaña. Por su parte, las metodologías de Díaz (2011) y Sougnez *et al.* (2011) obtienen determinaciones muy parecidas, tanto dique a dique como totales, lo cual es debido a la interpretación del cauce que se realiza con estos métodos donde se estima a partir de la medición de la sección inmediatamente aguas abajo del dique o secciones reales en cauces similares y no corregidos.

Por tanto, asumiendo que los métodos planteados emplean variables muy distintas de unos a otros, tanto en precisión como en su número, se plantea que los métodos para determinar la retención de sedimentos en diques, deben cumplir las siguientes condiciones:

- Representar la realidad de la forma más ajustada posible
- Respetar las bases de cálculo geométrico

La asunción de estas consideraciones plantea la metodología propuesta por Díaz (2011) y en la cual se colabora, como la más precisa en la determinación del volumen de sedimentos retenidos en hidrotecnias, ya que su ajuste a la realidad resulta muy elevado debido a que se basa en la realización de un levantamiento topográfico de gran intensidad y precisión y, en todo momento, se cumplen los principios geométricos básicos en los cálculos.

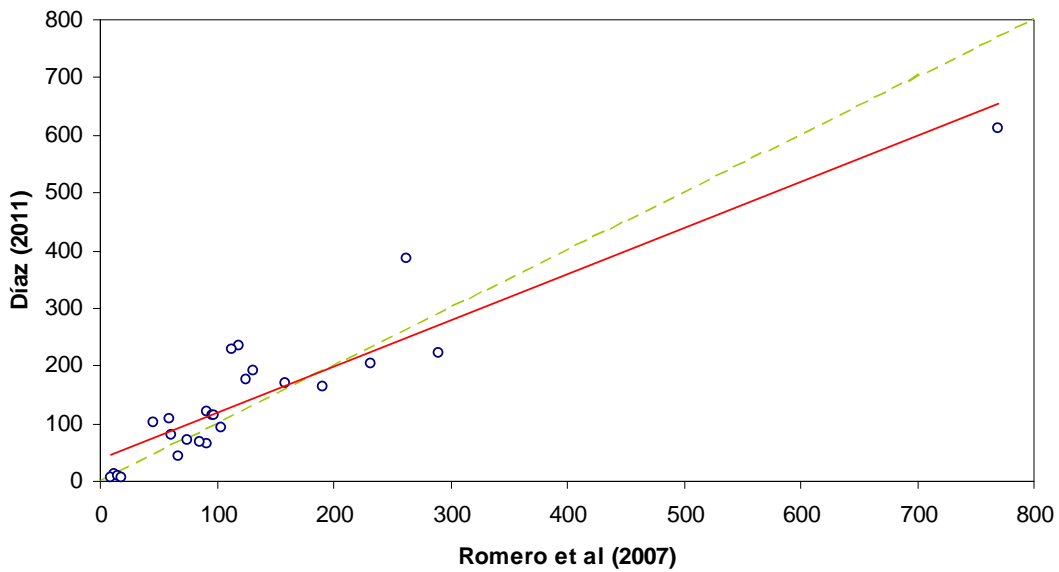
Tras determinar que el modelo metodológico planteado por nosotros (Díaz, 2011) es el que ofrece las mejores determinaciones en cuanto a la retención de sedimentos se trata, se ha optado por realizar un ajuste de regresión mediante el empleo del software STATGRAPHICS Centurion XVI, de modo que se pudieran obtener las ecuaciones que relacionen el volumen retenido con cada uno de los modelos alternativos respecto a este modelo metodológico propuesto. En todos los casos, se ha propuesto un modelo lineal como el que mejor relaciona la tendencia entre los resultados de los dos modelos metodológicos evaluados en cada caso. Las Figuras 25 a 28, presentan el ajuste lineal de cada uno de los métodos alternativos respecto del planteado por Díaz (2011), la recta que representaría el ajuste perfecto entre ambos métodos, así como las ecuaciones del ajuste para el modelo lineal seleccionado en cada caso evaluado.



$$\text{Díaz (2011)} = 29,8109 + 0,824646 * \text{Castillo et al. (2007)}$$

--- Ajuste perfecto — Lineal (Ajuste lineal)

Figura 6.25. Análisis de regresión entre Díaz (2011) y Castillo *et al.* (2007), así como la ecuación obtenida para el modelo seleccionado.



$$\text{Díaz (2011)} = 37,9616 + 0,80088 * \text{Romero et al. (2007)}$$

--- Ajuste perfecto — Lineal (Ajuste lineal)

Figura 6.26. Análisis de regresión entre Díaz (2011) y Romero *et al.* (2007), así como la ecuación obtenida para el modelo seleccionado.

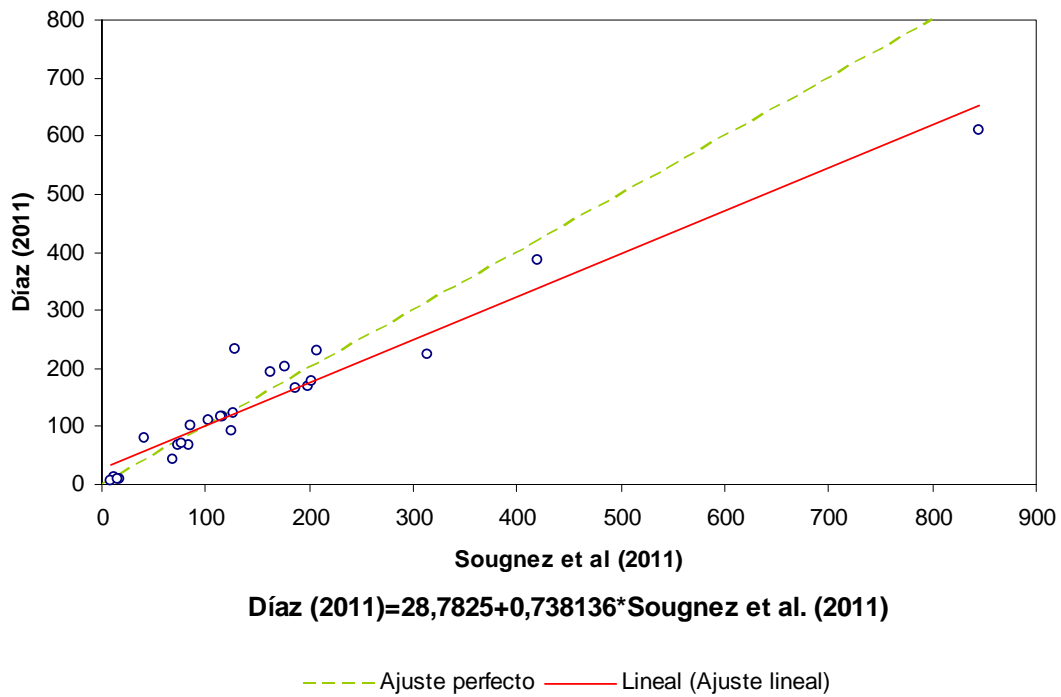


Figura 6.27. Análisis de regresión entre Díaz (2011) y Sougnez *et al.* (2011), así como la ecuación obtenida para el modelo seleccionado.

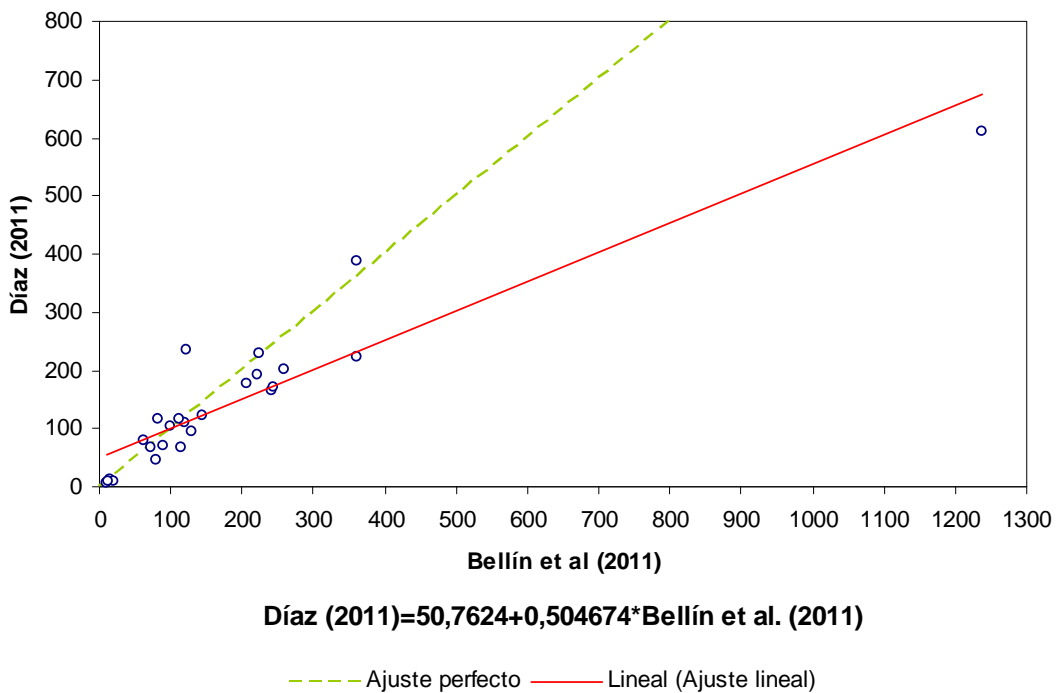


Figura 6.28. Análisis de regresión entre Díaz (2011) y Bellín *et al.* (2011), así como la ecuación obtenida para el modelo seleccionado.

Si analizamos un poco todos estos ajustes realizados, se puede observar como es el ajuste realizado respecto de la metodología de Sougnez *et al.* (2011) el que plantea un mejor ajuste, lo cual es síntoma de la similitud entre ambas metodologías. Por otro lado, los ajustes realizados respecto a las metodologías de Romero *et al.* (2007) y Bellín *et al.* (2011) son las que ofrecen un peor ajuste, debido a la disparidad de los datos respecto a la metodología de Díaz (2011). Esto puede comprobarse si analizamos la Tabla 6.17, donde se presentan los coeficientes de correlación de los ajustes así como el valor de R^2 . Hay que destacar la buena relación entre las variables de los métodos ya que en todos los casos se sitúa por encima del 0,90 en el coeficiente de correlación y una explicación de las variables por encima de 84%.

Tabla 6.17. Coeficientes de correlación y valor de R^2 del análisis de regresión entre la metodología de Díaz (2011) y el resto de modelos.

| Método comparado | Coefficiente de correlación | R^2 (%) |
|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Castillo <i>et al.</i> (2007) | 0,938 | 87,930 |
| Romero <i>et al.</i> (2007) | 0,920 | 84,680 |
| Sougnez <i>et al.</i> (2011) | 0,962 | 92,560 |
| Bellín <i>et al.</i> (2011) | 0,919 | 84,490 |

En la Figura 6.29, se puede ver la comparación de todos los ajustes realizados respecto del ajuste lineal perfecto de pendiente la unidad, así como la dispersión de los valores de volumen entre los métodos evaluados. Lo que resulta un hecho al observar esta figura es que la metodología propuesta, plantea una gran similitud en los valores de volumen con la de Sougnez *et al.* (2011) cuando evaluamos diques con volúmenes retenidos inferiores a 450m^3 , pero la tendencia se ve sesgada por el valor del dique de mayor volumen, que es el que provoca una pérdida de linealidad ideal en este ajuste.

Además se puede ver como el valor de este dique de volumen retenido tan grande, influye notablemente en todos los ajustes, ya que sus valor de magnitud muy próxima entre nuestra metodología y los modelos prismáticos posibilita que el ajuste sea a simple vista más similar al ideal que el que se obtendría con un modelo más complejo y de mayor rango de datos como el de Sougnez *et al.* (2011), lo cual no es muy real ya que los diques de menor tamaño se encuentran bastante distanciados de una linealidad optima. Por otro lado, puede comprobarse como es el ajuste respecto al modelo metodológico de Bellín *et al.* (2011) el que nos ofrece un peor ajuste lo cual se debe a que los valores estimados por este método, son notablemente superiores a los planteados con el resto de metodologías.

Para determinar que el análisis de regresión realizado sea correcto y no se pueda rechazar, se ha comprobado la veracidad del modelo de regresión empleado, para lo cual, se ha evaluado la normalidad de los residuos en cada uno de los ajustes de regresión realizados. Estos residuos, muestran una tendencia normal, como se puede constatar con el p-valor del test de Kolmogorov-Smirnov cuyo valor es en todos los análisis realizados es superior a 0,05, no pudiendo rechazarse la hipótesis de que los residuos no sean normales.

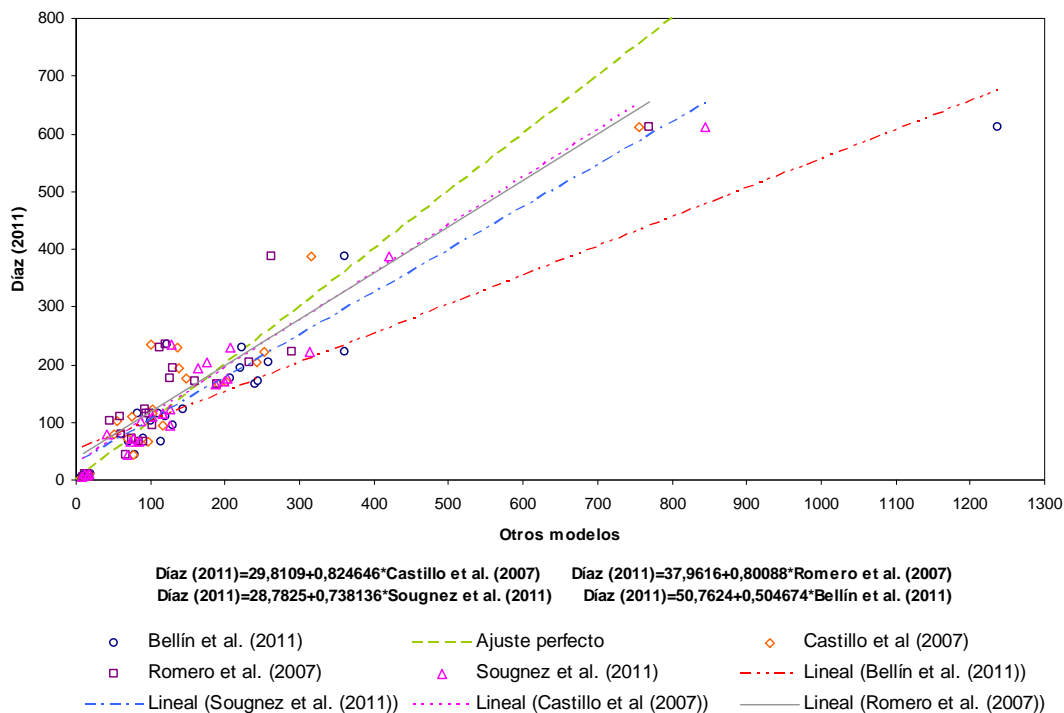


Figura 6.29. Comparación de análisis de regresión entre Díaz (2011) y el resto de modelos metodológicos, así como la ecuación obtenida para cada modelo lineal seleccionado.

Para concluir, hay que destacar que si utilizamos métodos apoyados en un amplio rango de datos de campo, resulta más acertado extraer conclusiones sobre la idoneidad de hidrotecnias en la restauración hidrológico-forestal que apoyarnos en modelos prismáticos que emplean variables que son poco ajustadas, que nos derivan en figuras geométricas cuya similitud con la realidad es difícil de interpretar o incluso resultan poco aproximadas, para extraer afirmaciones precipitadas sobre la utilización de estas estructuras sin analizar más en concreto cada caso en particular.

Lo que es un hecho, es que en entornos climáticos mediterráneos-continentalizados como el de Saldaña, los diques forestales han conseguido un elevado nivel de retención que supera los 3600 m³ para una superficie de apenas 9,91 hectáreas, generando una superficie de suelo útil para la instalación de la vegetación de 4821,58 m² creada por la cuñas de sedimentos. Estos valores nos dan una idea de la magnitud de los buenos resultados conseguidos en apenas 80 años transcurridos desde que se iniciaron las obras de esta restauración hidrológico-forestal.

7. CONCLUSIONES

- Relativas a la capacidad de retención de los diques.
 - El volumen total de sedimentos retenidos obtenido con la aplicación de la metodología desarrollada y evaluada en este estudio para el área analizada asciende a 3608,74 m³, lo cual es una importante magnitud de sedimento retenido en apenas 9,91 hectáreas restauradas con hidrotecnias.
 - Si le aplicamos el valor medio de densidad del sedimento obtenido (1,59 t/m³) se obtiene un peso de 5691,965 t de sedimentos, las cuales no pueden despreciarse y pasar desapercibidas asumiendo que los efectos beneficiosos de las hidrotecnias son despreciables cuando en apenas 79 años se han retenido 190 volquetes de 30 t de capacidad.
 - Los diques evaluados muestran una gran heterogeneidad en la retención de sedimentos lo cual nos permite que se puedan agrupar en unidades homogéneas en cuanto a su beneficio en la retención de sedimentos.
- Relativas a las metodologías evaluadas.
 - La evaluación estadística de la metodología planteada, respecto a modelos metodológicos alternativos nos ha permitido observar como cuando los diques se sitúan entre 0 y 60 m³ de volumen con alturas entre 1,8-2,1 m y los 233 y 294 m³ de volumen con alturas por encima de los 3 m, todas la metodologías resultan iguales, pero cuando tenemos diques con alturas entre los 2,5-2,7 m y volumen entre 99 y 139 m³ o diques con alturas menores de los 2 m y volumen entre 72 y 123 m³, la metodología evaluada y las propuestas por Castillo *et al.* (2007) y Sougnez *et al.* (2011) ofrecen estimaciones similares.
 - Aunque las diferencias estadísticas entre métodos son muy reducidas, el cumplimiento de las bases establecidas para la idoneidad de una metodología (rigor con la realidad y bases de cálculo geométrico), criterios que nos permitan elegir con precisión el modelo de cubicación de los sedimentos retenidos, nos hacen plantearnos nuestra metodología, la propuesta por Díaz (2011) como la de mayor veracidad de resultados.
 - Los modelos prismáticos propuestos por Castillo *et al.* (2007) y Romero *et al.* (2007) ofrecen una primera aproximación, pero no pueden servir para extraer conclusiones sobre las hidrotecnias cuando se asumen mediciones y ajustes que no concuerdan con los principios geométricos básicos.
- Relativas a la producción de sedimentos y eficacia de las hidrotecnias.
 - La tasa de producción de sedimentos estimada para la zona de estudio supone un valor inadmisibles de pérdidas de suelo por erosión desde el punto de la formación y conservación del suelo. Esta tasa de producción aumenta considerablemente si se evalúa en el periodo establecido de colmatación de los diques siendo las pérdidas aún mas graves en ese periodo.
 - La eficiencia de las hidrotecnias en la retención de sedimentos puede considerarse elevada y más, tratándose del caso evaluado en el que las estructuras de gaviones resultan muy permeables a las partículas más finas, ya que adquiere valores medios del 97,7%.

- Debido a la buena eficiencia de las estructuras se ha conseguido que únicamente se pierdan de media por dique $0,26 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ de sedimento para una producción total de $279,70 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ en el área de estudio, lo cual es síntoma del buen efecto que estas estructuras están generando a lo largo de toda la restauración hidrológico-forestal.
- Relativas al beneficio y mejora generado por la restauración.
- Solo para los terrenos restaurados en el término de Saldaña (Palencia) y usando el valor medio de producción de sedimentos hasta la actualidad, se habrían retenido anualmente $2221,39 \text{ t}\cdot\text{año}^{-1}$, lo cual aplicándolo a toda la superficie restaurada en su término, habría generado una retención total de $175489,81 \text{ t}$.
 - A tenor de estos valores expuestos queda demostrada la eficacia de los diques forestales como estructuras para el control del fenómeno erosivo en entornos climáticos de meseta, lo que justifica la idoneidad y los magníficos trabajos desarrollados por nuestros antepasados, lo que hace plantearnos dudas sobre las afirmaciones de algunos autores que se cuestionan sus efectos y utilidad, siendo necesario un amplio estudio de la zona y el clima para su instauración antes de desechar su uso.
 - Gracias a la restauración hidrológico-forestal de las laderas de Saldaña (Palencia) se ha conseguido una elevada retención de sedimentos lo que repercute directamente en la mejora de la calidad de las aguas del río Carrión a su paso por dicha localidad.

8. PERSPECTIVAS FUTURAS Y RECOMENDACIONES

Este estudio, supone la continuación del estudio iniciado por Ramos (2012) sobre el proceso sedimentario en diques constatando las afirmaciones vertidas sobre el beneficio generado por la restauración en el entorno de Saldaña (Palencia). Además nos deja abierta la posibilidad de seguir trabajando en esta línea de investigación a partir de sedimentos retenidos por los diques y estimaciones erosivas en la restauración hidrológico-forestal de las cárcavas de Saldaña. La metodología empleada y desarrollada inicialmente para la restauración hidrológico-forestal de Tórtoles (Ávila) (Díaz, 2011) plantea un modelo apoyado en una importante cantidad de datos reales que asemejan la cubicación a la realidad sedimentaria, pero cabe la necesidad de evaluar el método respecto a otros modelos alternativos de menor complejidad para determinar la verdadera idoneidad del método.

Por tanto, se plantea que como muestra de la población, este estudio nos ofrece una buena comparativa de lo que sucede con los métodos para estimar sedimentos retenidos en los diques, pero que como posible continuación a lo iniciado aquí, se plantea la medición de los 108 diques que componen la totalidad de los diques inventariados en la restauración hidrológico-forestal de Saldaña. De este modo, se puede obtener el verdadero comportamiento de toda la población y como determinan la retención cada metodología, los problemas de su utilización y las diferencias que puedan existir entre ellas. Así y una vez evaluada la población total se podría comparar realmente esta restauración con la desarrollada en Tórtoles (Ávila), ambas en entornos climáticos bastante similares.

Además, resultaría muy importante para evaluar como se desarrolla el proceso sedimentario en la zona, el desmantelamiento de una cuña de sedimentos siguiendo la metodología propuesta por Bussi *et al.* (2013) mediante la apertura de transectos en la cuña de sedimentos. De este modo, se podría conocer con más detalle el lecho el cual ha sido colmatado por los sedimentos. Sin embargo, la realización de esta metodología, requiere un gran esfuerzo de campo y de una elevada inversión de tiempo, no siendo objetivo prioritario en este estudio, pero cuya ejecución nos aportaría gran información sobre el proceso de sedimentación y colmatación del dique. De este modo se conseguiría dar una mejor solución a la forma del lecho, mejorando los resultados obtenidos con la metodología y sirviendo el espacio vaciado como método de contraste para los valores de volumen obtenidos con el empleo de esta metodología. Esta medición podría completarse con la excavación del verdadero paramento del dique, lo cual sería ya muy importante para conocer verdaderamente la forma real del lecho sobre el que se construyó.

Un modelo alternativo a este método y de más fácil evaluación pero con necesidad de una larga monitorización temporal, sería la creación de un pequeño dique de características similares a los construidos en la restauración en una zona degradada de los terrenos restaurados. La impermeabilización del lecho, nos permitiría evaluar temporalmente como es el proceso sedimentario, tanto en magnitud (volumen y peso de sedimento) como en la forma de colmatación del lecho, dentro del mismo entorno donde se sitúan los diques estudiados. Esta idea, la cual se ha evaluado, se desechó por falta de tiempo y por su complejidad para la ejecución de un trabajo de la magnitud del que nos atañe.

Por otro lado, cabría la posibilidad de evaluar más en profundidad los modelos prismáticos, ya que como una primera aproximación resultan un método de baja complejidad y de rápida estimación. Para ello habría que evaluar sus variables, forma de medición y su veracidad, trabajo que ya se ha iniciado en este estudio, pero a su vez habría que proponer cómo corregir su problemática o cómo determinar los volúmenes en aquellos casos donde su aplicación pueda generar dudas. Esta es una línea de trabajo en la que actualmente se está comenzando a desarrollar la labor investigativa.

Para concluir, cabría destacar que los valores de producción de sedimentos determinados en este estudio se podrían contrastar con los resultados de erosión laminar y en regueros obtenidos siguiendo el modelo metodológico de Bartolomé (2012) para la misma zona de estudio, de forma que se obtenga una idea del proceso erosivo en la zona, de modo que se pueda llegar a determinar una tasa erosiva real para esta área de *badlands* que desde hace varios cientos de años causó graves problemas en el entorno de Saldaña.

Palencia, junio de 2014



Fdo: Iván Ramos Diez

9. BIBLIOGRAFÍA

- Almorox, J., López, F., Rafaelli, S. (2010). La degradación de los suelos por erosión hídrica. Métodos de estimación. Ediciones de la Universidad de Murcia. Murcia.
- Allué, J.L. (1990). Atlas fitoclimático de España. Taxonomías. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid.
- Arnoldus, H.M.J. (1977). Predicting soil losses due to sheet and rill erosion. FAO conservation Guide 1: 99-104.
- Arribas, J.J. (2013). Variaciones en la generación de escorrentía y caudales, en la cárcava nº 11, en Lobera de la Vega (Palencia) tras las restauraciones hidrológico-forestales del siglo XX. Ingeniero Técnico Forestal. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid. Palencia.
- Avni, Y. (2005). Gully incision as a key factor in desertification in an arid environment, the Neger highlands, Israel. *Catena* 63: 185-220. DOI: 10.1016/j.catena.2005.06.004.
- Ayerbe, J.M. (1930). Proyecto de restauración y repoblación de las laderas de la margen izquierda del río Carrión. Servicio Forestal de la Confederación Sindical Hidrográfica del Duero. Valladolid.
- Azcarretazábal, D. (1963). Proyecto de repoblación forestal y restauración de las laderas de la cuenca del Carrión, fase 1ª. Servicio Forestal de la Confederación Hidrográfica del Duero. Valladolid.
- Bartolomé, D. (2012). Variaciones en la producción y emisión de sedimentos en la cárcava nº 11 de Lobera de la Vega (Palencia) Tras las restauraciones hidrológico-forestales del siglo XX. Ingeniero Técnico Forestal. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid. Palencia.
- Bellín N., Vanacker, V., van Wesemael, B., Solé-Benet, A., Bakker, M.M. (2011). Natural and anthropogenic controls on soil erosion in the Internal Betic Cordillera (southeast Spain). *Catena* 87: 190- 200. DOI: 10.1016/j.catena.2011.05.022.
- Boix-Fayos, C., Barberá G.G., Lopez-Bermudez, F., Castillo, V.M. (2007) Effects of check dams, reforestation and land-use changes on river channel morphology: Case study of the Rogativa catchment (Murcia, Spain). *Geomorphology* 91: 103-123. DOI: 10.1016/j.geomorph.2007.02.003.
- Boix-Fayos, C., de Vente, J., Martínez-Mena, M., Barberá, G.G., Castillo, V. (2008). The impact of land use change and check-dams on catchment sediment yield. *Hydrological Processes* 22: 4922-4935. DOI: 10.1002/hyp.7115.
- Brown, C.B. y Jarvis C.S. 1943: Discussion of Sedimentation in reservoirs, by J. Witzig. *Proceedings of the American Society of Civil Engineers* 69, 1493–1500
- Brune, G.M. (1953): Trap efficiency of reservoirs. *Transactions of the American Geophysical Union* 34, 407–18
- Bryan, R.B., Yair, A. (Eds.). (1982). *Badland geomorphology and piping*. GeoBooks, Norwich (408 pp.).
- Bryan, R.B. (1987). Processes and significance of rill development. *Catena Supplement* 8, 1-15.

- Bussi, G., Rodríguez-Lloveras, X., Francés, F., Benito, G., Sánchez-Moya, Y., Sopena, A. (2013). Sediment yield model implementation based on check dam infill stratigraphy in a semiarid Mediterranean catchment. *Hydrology and Earth System Sciences* 17: 3339-3354. DOI: 10.5194/hess-17-3339-2013.
- Campbell, I.A. (1997). Badlands and Badland Gullies. In: Thomas, D.S.G. (Ed.), *Arid Zone Geomorphology*. Belhaven Press, London. 159–183
- Canton, Y., Domingo, F., Solé-Benet, A., Puigdefábregas, J. (2001). Hydrological and erosion response of a badlands system in semiarid SE Spain. *Journal of Hydrology* 252: 65-84. DOI: 10.1016/S0022-1694(01)00450-4
- Castillo V.M., Mosch W.M., Conesa, C., Barberá, G.G., Navarro, J.A., López, F. (2007) Effectiveness and geomorphological impacts of check dams for soil erosion control in a semiarid Mediterranean catchment: El Cárcavo (Murcia, Spain). *Catena* 70: 416-427. DOI: 10.1016/j.catena.2006.11.009.
- Castillo, V., Boix, C., Vente, J. de, Martínez, M. y Barberá, G. (2011). Efectos del aumento de la cubierta vegetal y los diques de corrección en la producción de sedimentos de cuencas mediterráneas. *Actas de la II Reunión sobre Hidrología Forestal*. Sociedad Española de Ciencias Forestales. 153-158
- Calvo-Cases, A., Boix-Fayos, C., Arnau-Rosalen E., Roxo, M.J. (2011). Cárcavas y regueros generados en suelos sódicos. *Petrer* (Alicante, España). *Cuadernos de Investigación Geográfica* 37: 25-40.
- Ceñal, M.A., Glaría, G., Blanco, A., Bermejo, M.A. (1988). *Análisis del Medio Físico de Palencia. Delimitación de unidades y estructura territorial*. Junta de Castilla y León. Epypsa. Valladolid.
- CHD (2011). Anejo 14: Atlas de Mapas. Mapa 1: Ámbito territorial de la demarcación hidrográfica internacional del Duero. [Publicación en línea] Disponible desde Internet en: <http://www.chduero.es/Inicio/Planificaci%C3%B3n/Planhidrol%C3%B3gico2009/PropuestaPlanHidrol%C3%B3gico/Anejo14Atlasdemapas/tabid/501/Default.aspx>. [con acceso el 26/5/2014].
- Dantin, J. y Revenga A. (1941). Las líneas y las zonas ixóseras de España, según los índices termopluviométricos. *Avance al estudio de la aridez en España*. *Estudios Geográficos* II: 35-91.
- Desir G, Marín C. (2009). Caracterización de la erosión en áreas acarcavadas de la FM. Tudela (Bárdenas Reales, Navarra). *Cuadernos de Investigación Geográfica* 35(2): 195–213.
- Diario ABC (1935). *Trabajos Forestales en la Confederación Hidrográfica del Duero*. [Publicación en línea] Disponible desde Internet en: <http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/abc/1935/09/06/014.htm> [con acceso el 26/5/2014]
- Díaz, V. (2011). Estudio del efecto de los diques forestales en la retención de sedimentos. Trabajo de investigación tutelada. Master en Ingeniería para el desarrollo Agroforestal. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid. Palencia.
- Díaz, V., Mongil, J., Navarro, J. (2014). Efectividad de los diques forestales en la retención de sedimentos en la cabecera del río Corneja (Ávila). *Propuesta metodológica*. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 40(1): 167-188.

- Díaz, V., Mongil, J., Navarro, J. (2014). Topographical evaluation of sediment retention by check dams in the Mediterranean Tórtolas badlands-restoration site (Ávila, Spain). En preparación.
- Directiva 2000/60/CE, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Diario Oficial de las Comunidades Europeas núm. L 327, de 22 de diciembre de 2000.
- Emberger, L. (1932). Sur une formule climatique et ses applications en botanique. La meteorology: 423-432.
- FAO (1981). World soil charter. Food and Agriculture Organization. Roma.
- Fernández, I., López, F., Alonso, F., Le Goué, P. (1996). Comportamiento hídrico, modificación micromorfológica y erosión de suelo en los badlands de Rambla Salada (Murcia, España) bajo la acción de lluvias simuladas. Papeles de Geografía 23-24: 127-145.
- Ferrer de la Rosa, M. (2009). La restauración Hidrológico-Forestal. Foresta Nº 43: 181-185. [Publicación en línea] Disponible desde Internet en: http://www.forestales.net/archivos/forestal/especial%20aragon/La_restauracion_hidrologico_forestal.pdf [con acceso el 26/05/2014].
- Fournier, F. (1960) Climat et érosion. Ed. Presses Universitaires de France. Paris.
- Gallart, F., Marignani, M., Pérez-Gallego, N., Santi, E., Maccherini, S. (2013). Thirty years of Studies on badlands, from physical to vegetational approaches. A succinct review. Catena 106: 4-11. DOI:10.1016/j.catena.2012.02.008.
- Gandullo, J.M. y Serrada, R. (1977). Mapa de Productividad potencial de la España Peninsular. INIA. Madrid.
- González-Garrido, J. (1941). La Tierra de Campos. Región Natural. Ámbito. Diputación de Palencia: Palencia.
- Gorezynski, W. (1920) Sur le calcul du degré de continentalisme et son application dans la climatologie. Geografister. Ann, 124.
- Hernández, E., Martínez, M., Romero A. (2004) Determinación del volumen de sedimentos retenidos en diques de corrección hidrológica. En Benito, G., Diéz, A., (eds.), Riesgos Naturales y Antrópicos en Geomorfología SEG y CSIC, Vol II: 201.210. Toledo.
- Heinemann, H.G. (1981). A new sediment trap efficiency curve for small reservoirs. Water Resources Bulletin 17, 825-30.
- Hooke, J. (2006). Human impacts on fluvial systems in the Mediterranean region. Geomorphology 79: 311-335. DOI: 10.1016/j.geomorph.2006.06.036
- Hudson, N.W. (1971). Soil conservation. Batsford. London.
- IGME (1982) Mapa geológico de España. Escala 1.50000. Hoja 164 (Saldaña). Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- IGN (2011) Mapa de Suelos de España a escala 1/1000000. Instituto Geográfico Nacional. Madrid.
- IGN (2011). Mapa Topográfico Nacional de España a escala 1:25000 de la hoja nº 164-III (Saldaña). Instituto Geográfico Nacional. Madrid.
- IGN (2011) Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA). Instituto Geográfico Nacional. Madrid.

- IUSS Grupo de Trabajo WRB (2007). Base referencial mundial del recurso suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos mundiales de Suelos. Nº103. FAO, Roma. [Publicación en línea] Disponible desde Internet en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a0510s/a0510s00.pdf> [con acceso el 24/05/2012].
- Lang, R. (1915) Versuch einer exakten Klassifikation der Boden in klimatischer Hinsicht. *Int Mitt für Boden-kunde*, 5: 312–346
- Lawrence, P., Cascio, L.A., (2004). Sedimentation in small dams. Estimating the impact of catchment conservation, check dams and sediment bypassing in reducing dam siltation rates. Report ODTN 121, HR Wallingford, DFID.
- Lien, H.P. (2003). Design of slit dams for controlling stony debris flow. *International Journal of Sediment Research* 18, 74–87.
- López, F., y Rábade, J.M. (1988). Diseño de estructuras para la corrección y estabilización de cauces torrenciales. Tragsa. Madrid.
- Martínez de Azagra, A., Fernández, R., Seseña, A., Méndez, C., Díez, J.M., Navarro, J. y Varela, J.M. (1997). Estudio para la elaboración de una metodología de análisis de la eficacia de obras transversales de corrección hidrológico-forestal ubicadas en escarpes de páramo. CEDEX. Madrid.
- Martínez de Azagra, A., Fernández de Villara, R., Sesena, A.; Méndez, C.; Díez, J.M., Navarro, J., Varela, J.M. (2002). Metodología para la inventariación de diques forestales gavionados. Aplicación en la provincia de Palencia. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, 13: 171-181.
- Martínez-Casanovas, J.A., Ramos, M.C., García-Hernández, D. (2009). Effects of land-use changes in vegetation cover and sidewall erosion in a gully head of the Penedès region (northeast Spain). *Earth Surface Processes and Landforms* 34: 1927-1937. DOI: 10.1002/esp.1870.
- Martonne, E. (1906). L'indice d'aridité. *Bull. Ass. Geogr. France* X: 3-5.
- Mather, A., Stoker, M., Griffiths, J.S. (2002) Quaternary landscape evolution: A framework for understanding contemporary erosion, Southeast Spain. *Land Degradation and Development* 13: 89-109. DOI:10.1002/ldr.484
- May, C., Gresswell, R., (2003). Processes and rates of sediment and wood accumulation in headwater streams of the Oregon coast range, USA. *Earth Surface Processes Landforms* 28, 409–424. DOI: 10.1002/esp.450
- Nadal-Romero, E., Martínez-Murillo, J.F., Vanmaercke, M., Poesen, J. (2011). Scaledependency of sediment yield from badland areas in Mediterranean environments. *Progress in Physical Geography* 35 (3), 297–332. DOI:10.1177/0309133311400330
- Navarro, J., Mongil, J, Araújo, J.C. 2013. Desertificación secular de las cuestas de Saldaña (Palencia) frente a 80 años de restauración. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 38: 115-122.
- Navarro, J.; De Araújo, J.C.; Mongil, J.; 2014. Assessment of 80 years of ancient-badlands restoration in Saldaña, Spain. *Earth surface processes and landforms*. DOI: 10.1002/esp.3541.
- Oleagordia, I. (2012). La restauración de las laderas de Saldaña y el capital natural. Master en Ingeniería para el Desarrollo Agroforestal. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid. Palencia.

- Ortega, A., y Navarro, J. (2010). Análisis de los suelos de la cárcava N° 20 de Saldaña (Palencia).
- Palacio, E. del (1999). La restauración hidrológico-forestal en España: gestión sostenible de los recursos suelo, agua y vegetación. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Piccarreta, M., Faulkner, H., Bentivenga, M., Capolongo, D. (2006). The influence of physico-chemical material properties on erosion processes in the badlands of Basilicata, Southern Italy. *Geomorphology* 81: 235-251. DOI: 10.1016/j.geomorph.2006.04.010.
- Ramos, I. (2012). Control de sedimentos y evaluación morfológica de la cárcava nº 20 de Saldaña (Palencia) como consecuencia de su restauración hidrológico-forestal. Ingeniero Técnico Forestal. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid. Palencia.
- Ramos, I., Navarro, J., Bartolomé, D., Díaz, V., Mongil, J. (2013). Control de sedimentos y erosión en la restauración hidrológico-forestal de Saldaña (Palencia). *Actas del VI Congreso Forestal Español*. Vitoria.
- Rey, F. (2003). Influence of vegetation distribution on sediment yield in forested marly gullies. *Catena* 50: 549–562. DOI: 10.1016/S0341-8162(02)00121-2
- Rivas-Martínez, S. (1987). Mapa de series de vegetación de España y memoria: 1:400000. ICONA. Madrid.
- Rivas-Martínez, S. (2007). Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España. Parte 1, Memoria del mapa de vegetación potencial de España. Servicio de Publicaciones de la Universidad de León. León.
- Rivas-Martínez, S. Penas, A. (Dir.) (2003). Atlas y manual de los Hábitat de España. Dirección General Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Romero, A. (2008) Los diques de corrección hidrológica como instrumentos de cuantificación de la erosión. *Cuadernos de investigación geográfica* 34: 83-99.
- Romero, A., Alonso, F., Martínez-Lloris, M. (2007). Erosion rates obtained from check-dam sedimentation (SE Spain). A multi-method comparison. *Catena*, 71: 172-178. DOI:10.1016/j.catena.2006.05.011.
- Romero, A., Ruiz, J.D., Belmonte, F. (2011). Tasas de erosión hídrica en la región de Murcia. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 56: 129-153.
- Romero, A., Marín, P., Ortiz, R. (2012). Loss of soil fertility estimated from sediment trapped in check dams. South-eastern Spain. *Catena* 99: 42-53. Doi: 10.1016/j.catena.2012.07.006.
- Sougnez, N., van Wesemael, B., Vanacker, V. (2011). Low erosion rates measured for steep, sparsely vegetated catchments in southeast Spain. *Catena* 84: 1-11. Doi:10.1016/j.catena.2010.08.010
- Stamey, W.L. y Smith, R.M. (1965). A conservation definition of erosion tolerance. *Soil Science* 93 (3): 183-196 [Publicación en línea] Disponible desde Internet en: http://journals.lww.com/soilsci/Citation/1964/03000/A_Conservation_Definition_of_Erosion_Tolerance.6.aspx [con acceso el 26/05/2014].
- Thornthwaite, C.W. (1948). An approach towards a rational classification of climate. *The Geogr. Rev.* 38: 55-94.

- Torri, D., Calzolari, C., Rodolfi, G. (2000). Badlands in changing environments: an introduction. Preface. *Catena* 40 (2): 119–125. Doi: 10.1016/S0341-8162(00)00119-3
- Torri, D., Santi, E., Marignani, M., Rossi, M., Borselli, L., Maccherini, S. (2013). The recurring cycles of biancana badlands: erosion, vegetation and human impact. *Catena* 106: 22–30. Doi: 10.1016/j.catena.2012.07.001
- Turc, L. (1961). Evaluation des besoins en eau d' irrigation, evapotranspiration potentielle, formule climatique simplifiée et mise a jor. *Ann. Agron.* 12: 13-49.
- UNEP. (1997). World atlas of desertification. Second Edition. Middleton, N. and Thomas, D. (Eds). Oxford University Press, Inc.
- USDA. (1999). Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2nd Edition. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture. Handbook 436. Washington DC.
- USDA. (2003). Soil Survey Manual. Soil Conservation Service. Revised Edition. U.S. Department of Agriculture. Handbook 18. Washington DC.
- Valentin, C., Poesen, J., Li, Y. (2005). Gully erosion: impacts, factors and control. *Catena* 63: 132-153. Doi: 10.1016/j.catena.2005.06.001
- Vernet, J.L. (1966) Sur un indice bioclimatique applicable aux climats de la France. *Naturalia Monspelienis. Serie Botanique* 17. Montpellier.
- Verstraeten, G., Poesen, J. (2000). Estimating trap efficiency of small reservoirs and ponds: methods and implications for the assessment of sediment yield. *Progress in Physical Geography* 24(2): 219–251. DOI: 10.1177/030913330002400204
- Walter, H. y Lieth, H. (1960). Klimodiagramm Wetatlas. Veb Gustav Fischer. Jena.
- Wischmeier, W.H., y Smith, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. USDA Agriculture Handbook 537. Washington DC.

ANEJO (I)

ÍNDICE ANEJO (I)

| | |
|---|-----|
| 10. ANEJOS | 109 |
| 10.1. ANEJO I: DATOS TOPOGRÁFICOS | 109 |
| <u>10.1.1. Situación de los diques</u> | 109 |
| <u>10.1.2. Levantamiento topográfico</u> | 115 |
| <u>10.1.3. Datos del levantamiento topográfico</u> | 116 |
| 10.2. ANEJO II: EVALUACIÓN DE LOS SEDIMENTOS RETENIDOS ... | 184 |
| <u>10.2.1. Metodología de Castillo <i>et al.</i> (2007)</u> | 184 |
| <u>10.2.2. Metodología de Romero <i>et al.</i> (2007)</u> | 186 |
| <u>10.2.3. Metodología de Sougnez <i>et al.</i> (2011)</u> | 187 |
| <u>10.2.4. Metodología de Bellín <i>et al.</i> (2011)</u> | 189 |
| <u>10.2.5. Metodología de Díaz (2011)</u> | 192 |
| <u>10.2.6. Correcciones en las metodologías de Castillo <i>et al.</i> (2007) y Romero <i>et al.</i> (2007)</u> | 196 |

10. ANEJOS

10.1. ANEJO I: DATOS TOPOGRÁFICOS

10.1.1. Situación de los diques

Una vez determinado el tamaño de la muestra de diques a medir y conociendo que la muestra a medir recoge los diques comprendidos entre las cárcavas 11 y 20 ambas inclusive, es necesario proceder a su localización para realizar las labores de levantamiento topográfico. En primer lugar, para su localización, se ha revisado el inventario realizado por Martínez de Azagra *et al.* (1997). En él, se ha detectado una desviación del posicionamiento del dique debido a la precisión del GPS en algunos de los diques, lo cual se debe principalmente a la abundancia de cobertura arbórea, por lo que se ha optado por realizar una nueva localización con GPS (modelo Garmin E-trex Legend Hcx) empleando el vertedero del dique como punto de situación de este. Para acceder a los diques, se optó por transitar por los cauces hasta cada dique, aunque esta tarea fue difícil debido a la abundante vegetación existente. Las coordenadas UTM ETRS89 30N de situación de cada dique se pueden observar en la Tabla 10.1 y su situación dentro del área de estudio en la Figura 10.1.

Tabla 10.1. Coordenadas UTM ETRS89 de situación de los diques objeto de levantamiento, medidas sobre el vertedero.

| DIQUE | X | Y |
|--------------|------------|-------------|
| 22 | 358397,966 | 4707534,126 |
| 23 | 358419,672 | 4707530,977 |
| 24 | 358392,975 | 4707545,797 |
| 25 | 358347,347 | 4707595,089 |
| 26 | 358396,645 | 4707619,707 |
| 27 | 358332,046 | 4707637,239 |
| 28 | 358352,893 | 4707650,395 |
| 29 | 358301,244 | 4707665,537 |
| 30 | 358285,029 | 4707735,508 |
| 31 | 358319,181 | 4707758,853 |
| 32 | 358317,253 | 4707765,375 |
| 33 | 358283,834 | 4707782,393 |
| 34 | 358313,637 | 4707789,479 |
| 35 | 358326,072 | 4707795,035 |
| 36 | 358315,671 | 4707804,598 |
| 37 | 358281,562 | 4707807,073 |
| 38 | 358301,974 | 4707854,401 |
| 39 | 358216,215 | 4707806,106 |
| 40 | 358208,412 | 4707823,384 |
| 41 | 358208,525 | 4707860,559 |
| 42 | 358217,682 | 4707978,508 |
| 43 | 358271,750 | 4707974,478 |
| 44 | 358317,726 | 4707968,604 |
| 45 | 358258,768 | 4707998,237 |
| 46 | 358284,475 | 4708015,921 |

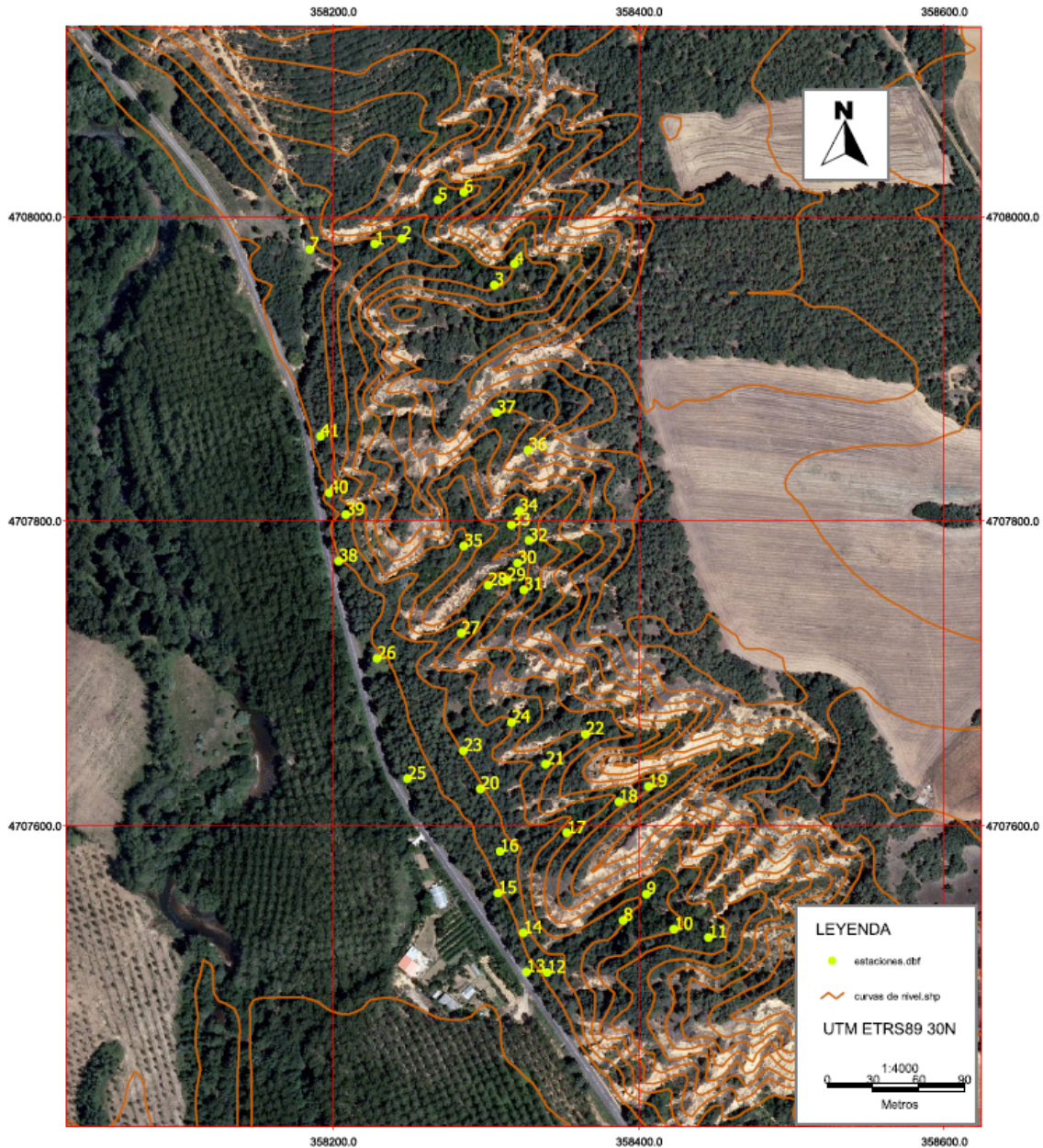


Figura 10.1. Situación de los diques objeto de levantamiento en el área de estudio (UTM ETRS89 30N).

En las Figuras 10.2 a 10.14, se pueden observar los diques objeto de levantamiento, fotografiados durante las labores de localización realizadas en la primavera de 2013. Como se puede observar, los diques son muy variables en cuanto al tamaño de su paramento (longitud de este, ya que la anchura es constante en los 80 centímetros para todos los diques), pero todos ellos presentan perfil escalonado aguas abajo. Algunos de ellos cuentan con dissipador de energía de tamaño variable, pero generalmente con profundidades aterradas que raramente sobrepasan 1 metro, como así constatan los planos de Ayerbe (1930) y las calicatas realizadas para comprobar en campo la verdadera profundidad del dissipador.



Figura 10.2. Diques 22 (izquierda) y 23 (derecha) fotografiados durante las labores de localización.



Figura 10.3. Diques 24 (izquierda) y 25 (derecha) fotografiados durante las labores de localización.



Figura 10.4. Diques 26 (izquierda) y 27 (derecha) fotografiados durante las labores de localización.



Figura 10.5. Diques 28 (izquierda) y 29 (derecha) fotografiados durante las labores de localización.



Figura 10.6. Diques 30 (izquierda) y 31 (derecha) fotografiados durante las labores de localización.



Figura 10.7. Diques 32 (izquierda) y 33 (derecha) fotografiados durante las labores de localización.



Figura 10.8. Diques 34 (izquierda) y 35 (derecha) fotografiados durante las labores de levantamiento y localización.



Figura 10.9. Diques 36 (izquierda) y 37 (derecha) fotografiados durante las labores de localización.



Figura 10.10. Diques 38 (izquierda) y 39 (derecha) fotografiados durante las labores de localización.



Figura 10.11. Diques 40 (izquierda) y 41 (derecha) fotografiados durante las labores de localización.



Figura 10.12. Diques 42 (izquierda) y 43 (derecha) fotografiados durante las labores de localización.



Figura 10.13. Diques 44 (izquierda) y 45 (derecha) fotografiados durante las labores de localización.



Figura 10.14. Diques 46 fotografiado durante las labores de localización.

10.1.2. Levantamiento topográfico

Una vez localizados los diques a estudiar, se procedió a su medición y a la de los sedimentos retenidos por estos, con el fin de poder desarrollar las diferentes metodologías planteadas hasta la fecha. Para realizar la toma de datos en campo se ha optado por la realización de un levantamiento topográfico con estación total modelo Leica Tc-307. Se trata de un instrumento óptico-electrónico que ofrece unos resultados muy precisos.

Para la realización del levantamiento topográfico, se barajaron diferentes posibilidades, optando finalmente por la ejecución de una poligonal abierta debido a la imposibilidad de cerrarla por causa de lo abrupto del relieve y la abundancia de vegetación. Esta poligonal, se desarrollo apoyada en varios puntos de estación, generalmente aguas abajo y aguas arriba del dique y con puntos de enlace entre las diferentes cárcavas, empleando como orientación el norte aproximado. Una vez ejecutado el levantamiento, se han descargado los datos obtenidos y se han procesado para obtener las diferentes secciones y variables que nos permitan determinar los volúmenes retenidos según cada metodología. En el apartado 5 Material y métodos, se explica la forma de abordar los cálculos con cada una de las metodologías.

Cabe destacar que la ejecución del levantamiento se ha realizado en dos fases, una durante la primavera de 2012 (Ramos, 2012) y una segunda fase que abarcaría los meses comprendidos entre junio de 2013 y marzo de 2014. Ambos levantamientos se realizaron en coordenadas relativas y se corrigieron a coordenadas absolutas mediante puntos externos comunes a ambos levantamientos, los cuales fueron posteriormente medidos con GPS. La Figura 10.15 recoge los itinerarios de levantamiento realizados para la ejecución de las mediciones. El número de estaciones resulta elevado, ya que en muchos casos se necesitó de una estación extra que permitiera visar los puntos ya que la orografía era un gran inconveniente para la situación de las estaciones. Además en muchas ocasiones, se requería la necesidad de proceder a la poda de la vegetación antes de ejecutar las visuales para garantizar el correcto desarrollo del itinerario.

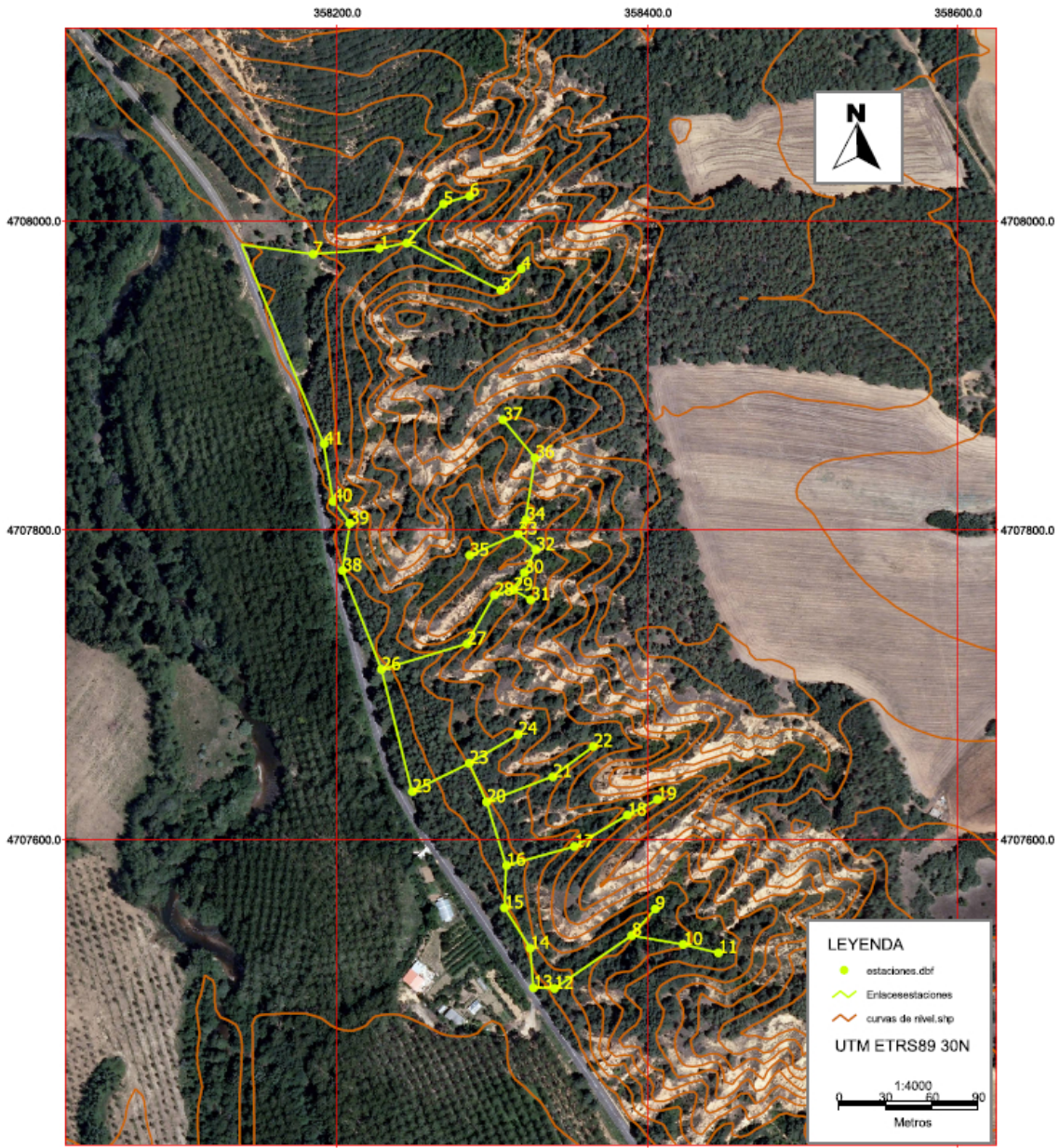


Figura 10.15. Puntos de estación empleados en la ejecución del itinerario y visuales entre estaciones (UTM ETRS89 30N).

10.1.3. Datos del levantamiento topográfico

El levantamiento, se ha ejecutado apoyado en una poligonal abierta con orientación al norte aproximado, a partir del primer punto de estación seleccionado al cual de se otorgaron las coordenadas relativas de inicio (1000, 1000,100). Para corregir este error de orientación y disponer los datos respecto al norte geográfico se ha realizado el siguiente procedimiento para la corrección de la orientación del levantamiento:

- En primer lugar, se han tomado con la estación total tres puntos reconocibles de la zona que se mantengan invariables. Estos puntos se corresponden con una señal de curva, un paso de agua de la carretera y la sección de control de la cárcava 20 en el camino de la restauración.
- Posteriormente se han tomado los mismos puntos con GPS para obtener las coordenadas de esos puntos.
- A partir de las coordenadas obtenidas con el GPS se han trasladado todos los puntos hasta coincidir con los de coordenadas conocidas girando los puntos el desfase angular existente entre los medidos con la estación total y los del GPS. Con esa modificación se han obtenido las coordenadas reales UTM ETRS89 30N de todos los puntos.

Las coordenadas UTM ETRS89 30N de todos los puntos levantados durante el primer levantamiento realizado por el propio autor en 2012, obtenidas tras la corrección respecto al norte geográfico se pueden ver en la Tabla 10.2.

Tabla 10.2. Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1000 | 358227,279 | 4707982,234 | 907,660 | Pto. estación 1 |
| 1001 | 358216,893 | 4707972,749 | 907,845 | |
| 1002 | 358216,957 | 4707973,357 | 907,203 | |
| 1003 | 358216,759 | 4707974,286 | 906,630 | |
| 1004 | 358216,788 | 4707975,165 | 906,610 | |
| 1005 | 358216,626 | 4707976,186 | 905,555 | |
| 1006 | 358216,564 | 4707977,226 | 905,039 | |
| 1007 | 358216,541 | 4707978,196 | 904,661 | |
| 1008 | 358216,553 | 4707979,332 | 904,914 | |
| 1009 | 358216,757 | 4707980,234 | 905,570 | |
| 1010 | 358216,816 | 4707981,212 | 906,148 | |
| 1011 | 358216,873 | 4707982,224 | 907,100 | |
| 1012 | 358217,015 | 4707983,455 | 908,229 | |
| 1013 | 358217,591 | 4707972,437 | 907,986 | |
| 1014 | 358217,637 | 4707973,502 | 907,307 | |
| 1015 | 358217,610 | 4707974,517 | 907,070 | |
| 1016 | 358217,605 | 4707975,508 | 907,146 | |
| 1017 | 358217,645 | 4707976,613 | 907,174 | |
| 1018 | 358217,642 | 4707977,502 | 907,146 | |
| 1019 | 358217,682 | 4707978,508 | 906,956 | |
| 1020 | 358217,667 | 4707979,478 | 907,108 | |
| 1021 | 358217,680 | 4707980,482 | 907,113 | |
| 1022 | 358217,696 | 4707981,471 | 907,140 | |
| 1023 | 358217,710 | 4707982,405 | 907,446 | |
| 1024 | 358217,817 | 4707983,437 | 908,220 | |
| 1025 | 358220,546 | 4707984,735 | 908,502 | |
| 1026 | 358220,638 | 4707983,698 | 907,823 | |
| 1027 | 358220,673 | 4707982,778 | 907,518 | |
| 1028 | 358220,680 | 4707981,794 | 907,357 | |
| 1029 | 358220,693 | 4707980,786 | 907,310 | |
| 1030 | 358220,712 | 4707979,787 | 907,268 | |

Tabla 10.2 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1031 | 358220,729 | 4707978,786 | 907,265 | |
| 1032 | 358220,743 | 4707977,799 | 907,300 | |
| 1033 | 358220,774 | 4707976,776 | 907,286 | |
| 1034 | 358220,816 | 4707975,789 | 907,286 | |
| 1035 | 358220,833 | 4707974,782 | 907,315 | |
| 1036 | 358220,804 | 4707973,568 | 907,448 | |
| 1037 | 358220,757 | 4707972,708 | 908,494 | |
| 1038 | 358223,475 | 4707973,674 | 908,442 | |
| 1039 | 358223,479 | 4707974,497 | 907,461 | |
| 1040 | 358223,514 | 4707975,638 | 907,410 | |
| 1041 | 358223,509 | 4707976,387 | 907,410 | |
| 1042 | 358223,530 | 4707977,360 | 907,400 | |
| 1043 | 358223,540 | 4707978,375 | 907,388 | |
| 1044 | 358223,532 | 4707979,373 | 907,421 | |
| 1045 | 358223,525 | 4707980,365 | 907,486 | |
| 1046 | 358223,526 | 4707981,367 | 907,492 | |
| 1047 | 358223,566 | 4707982,390 | 907,486 | |
| 1048 | 358223,577 | 4707983,371 | 907,647 | |
| 1049 | 358223,577 | 4707984,437 | 907,996 | |
| 1050 | 358223,450 | 4707985,667 | 908,742 | |
| 1051 | 358226,401 | 4707986,461 | 908,675 | |
| 1052 | 358226,479 | 4707985,383 | 907,859 | |
| 1053 | 358226,496 | 4707984,699 | 907,725 | |
| 1054 | 358226,551 | 4707983,738 | 907,620 | |
| 1055 | 358226,558 | 4707982,715 | 907,618 | |
| 1056 | 358226,633 | 4707981,665 | 907,604 | |
| 1057 | 358226,657 | 4707980,691 | 907,564 | |
| 1058 | 358226,702 | 4707979,676 | 907,589 | |
| 1059 | 358226,711 | 4707978,704 | 907,569 | |
| 1060 | 358226,672 | 4707977,727 | 907,545 | |
| 1061 | 358226,674 | 4707976,735 | 907,552 | |
| 1062 | 358226,656 | 4707975,709 | 907,694 | |
| 1063 | 358226,699 | 4707974,504 | 908,624 | |
| 1064 | 358229,555 | 4707986,527 | 908,856 | |
| 1065 | 358229,544 | 4707985,574 | 908,179 | |
| 1066 | 358229,626 | 4707984,650 | 907,890 | |
| 1067 | 358229,585 | 4707983,662 | 907,705 | |
| 1068 | 358229,550 | 4707982,649 | 907,702 | |
| 1069 | 358229,544 | 4707981,639 | 907,684 | |
| 1070 | 358229,534 | 4707980,620 | 907,716 | |
| 1071 | 358229,562 | 4707979,627 | 907,708 | |
| 1072 | 358229,891 | 4707978,784 | 907,728 | |
| 1073 | 358229,783 | 4707977,573 | 907,920 | |
| 1074 | 358230,085 | 4707976,536 | 908,791 | |
| 1075 | 358232,519 | 4707986,631 | 908,946 | |
| 1076 | 358232,567 | 4707985,778 | 908,177 | |
| 1077 | 358232,695 | 4707984,885 | 907,893 | |
| 1078 | 358232,662 | 4707983,907 | 907,823 | |

Tabla 10.2 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1079 | 358232,690 | 4707982,925 | 907,806 | |
| 1080 | 358232,730 | 4707981,921 | 907,796 | |
| 1081 | 358232,737 | 4707980,882 | 907,821 | |
| 1082 | 358232,757 | 4707979,833 | 907,965 | |
| 1083 | 358232,723 | 4707979,570 | 908,127 | |
| 1084 | 358232,822 | 4707978,753 | 908,858 | |
| 1085 | 358235,568 | 4707986,901 | 908,682 | |
| 1086 | 358235,545 | 4707985,947 | 907,999 | |
| 1087 | 358235,626 | 4707985,641 | 907,900 | |
| 1088 | 358235,663 | 4707984,664 | 907,889 | |
| 1089 | 358235,698 | 4707983,650 | 907,857 | |
| 1090 | 358235,737 | 4707982,633 | 907,880 | |
| 1091 | 358235,769 | 4707981,609 | 907,869 | |
| 1092 | 358235,824 | 4707980,635 | 908,079 | |
| 1093 | 358235,904 | 4707979,697 | 908,292 | |
| 1094 | 358236,352 | 4707978,437 | 908,929 | |
| 1095 | 358238,502 | 4707987,923 | 908,881 | |
| 1096 | 358238,448 | 4707986,812 | 908,128 | |
| 1097 | 358238,512 | 4707985,878 | 907,972 | |
| 1098 | 358238,529 | 4707984,887 | 907,991 | |
| 1099 | 358238,562 | 4707983,877 | 907,980 | |
| 1100 | 358238,602 | 4707982,873 | 907,995 | |
| 1101 | 358238,643 | 4707981,887 | 907,985 | |
| 1102 | 358238,705 | 4707980,846 | 907,978 | |
| 1103 | 358238,796 | 4707980,077 | 908,089 | |
| 1104 | 358238,825 | 4707979,014 | 909,068 | |
| 1105 | 358241,489 | 4707988,106 | 909,054 | |
| 1106 | 358241,481 | 4707986,799 | 908,357 | |
| 1107 | 358241,609 | 4707985,810 | 908,065 | |
| 1108 | 358241,646 | 4707984,812 | 908,089 | |
| 1109 | 358241,665 | 4707983,809 | 908,100 | |
| 1110 | 358241,662 | 4707982,938 | 908,051 | |
| 1111 | 358241,706 | 4707981,814 | 908,032 | |
| 1112 | 358241,712 | 4707981,065 | 908,174 | |
| 1113 | 358241,726 | 4707979,929 | 908,908 | |
| 1114 | 358244,198 | 4707989,675 | 909,107 | |
| 1115 | 358244,224 | 4707988,806 | 908,207 | |
| 1116 | 358244,289 | 4707987,857 | 908,124 | |
| 1117 | 358244,349 | 4707986,869 | 908,101 | |
| 1118 | 358244,415 | 4707985,858 | 908,129 | |
| 1119 | 358244,499 | 4707984,868 | 908,184 | |
| 1120 | 358244,557 | 4707983,861 | 908,174 | |
| 1121 | 358244,589 | 4707983,084 | 908,167 | |
| 1122 | 358244,672 | 4707982,114 | 908,221 | |
| 1123 | 358244,766 | 4707981,431 | 908,412 | |
| 1124 | 358245,074 | 4707980,110 | 909,574 | |
| 1125 | 358246,595 | 4707991,753 | 908,941 | |
| 1126 | 358246,969 | 4707990,322 | 908,228 | |

Tabla 10.2 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1127 | 358247,067 | 4707989,540 | 908,229 | |
| 1128 | 358247,133 | 4707988,556 | 908,232 | |
| 1129 | 358247,213 | 4707987,556 | 908,251 | |
| 1130 | 358247,289 | 4707986,554 | 908,304 | |
| 1131 | 358247,415 | 4707985,566 | 908,333 | |
| 1132 | 358247,532 | 4707984,576 | 908,305 | |
| 1133 | 358247,637 | 4707983,590 | 908,341 | |
| 1134 | 358247,705 | 4707982,500 | 908,340 | |
| 1135 | 358247,725 | 4707981,721 | 908,565 | |
| 1136 | 358247,689 | 4707979,893 | 910,050 | |
| 1137 | 358244,946 | 4707985,919 | 908,212 | Pto. est. 2, 7 |
| 1138 | 358184,464 | 4707978,790 | 901,316 | Pto. estación 8 |
| 2000 | - | - | - | Pto. erróneo |
| 2001 | 358227,280 | 4707982,234 | 907,660 | |
| 2002 | 358227,280 | 4707982,234 | 907,660 | |
| 2003 | 358227,280 | 4707982,234 | 907,660 | |
| 2004 | 358250,516 | 4707979,111 | 909,591 | |
| 2005 | 358250,755 | 4707980,231 | 908,619 | |
| 2006 | 358250,742 | 4707982,381 | 908,458 | |
| 2007 | 358250,732 | 4707983,371 | 908,452 | |
| 2008 | 358250,722 | 4707984,379 | 908,423 | |
| 2009 | 358250,687 | 4707985,373 | 908,367 | |
| 2010 | 358250,668 | 4707986,379 | 908,330 | |
| 2011 | 358250,637 | 4707987,376 | 908,289 | |
| 2012 | 358250,594 | 4707988,391 | 908,273 | |
| 2013 | 358250,514 | 4707989,595 | 908,287 | |
| 2014 | 358250,539 | 4707990,402 | 908,304 | |
| 2015 | 358250,513 | 4707991,383 | 908,329 | |
| 2016 | 358250,509 | 4707992,395 | 908,323 | |
| 2017 | 358250,470 | 4707993,398 | 908,311 | |
| 2018 | 358250,477 | 4707994,389 | 908,330 | |
| 2019 | 358250,471 | 4707995,009 | 908,481 | |
| 2020 | 358250,483 | 4707996,386 | 908,660 | |
| 2021 | 358250,495 | 4707997,367 | 908,828 | |
| 2022 | 358250,439 | 4707998,126 | 909,500 | |
| 2023 | 358254,161 | 4707999,002 | 909,536 | |
| 2024 | 358254,171 | 4707998,477 | 908,946 | |
| 2025 | 358254,167 | 4707997,637 | 908,625 | |
| 2026 | 358254,241 | 4707996,728 | 908,596 | |
| 2027 | 358254,146 | 4707995,891 | 908,554 | |
| 2028 | 358254,172 | 4707994,890 | 908,567 | |
| 2029 | 358254,243 | 4707994,159 | 908,842 | |
| 2030 | 358256,965 | 4707997,099 | 908,842 | |
| 2031 | 358256,112 | 4707998,334 | 908,853 | |
| 2032 | 358261,216 | 4707994,113 | 912,035 | |
| 2033 | 358260,852 | 4707994,710 | 912,034 | |
| 2034 | 358260,115 | 4707995,432 | 912,033 | |
| 2035 | 358259,505 | 4707996,146 | 912,032 | |

Tabla 10.2 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 2036 | 358258,810 | 4707996,683 | 912,031 | |
| 2037 | 358258,403 | 4707997,003 | 912,030 | |
| 2038 | 358257,559 | 4707997,611 | 912,029 | |
| 2039 | 358256,741 | 4707998,671 | 912,028 | |
| 2040 | 358256,027 | 4707999,597 | 912,027 | |
| 2041 | 358255,655 | 4708000,411 | 912,026 | |
| 2042 | 358255,161 | 4708001,326 | 912,025 | |
| 2043 | 358254,747 | 4708001,944 | 912,024 | |
| 2044 | 358268,521 | 4708011,103 | 914,010 | Pto. estación 5 |
| 2045 | 358254,155 | 4707986,191 | 908,981 | |
| 2046 | 358254,025 | 4707984,810 | 908,347 | |
| 2047 | 358253,945 | 4707983,904 | 908,348 | |
| 2048 | 358253,842 | 4707982,914 | 908,427 | |
| 2049 | 358253,745 | 4707981,891 | 908,432 | |
| 2050 | 358253,657 | 4707980,916 | 908,494 | |
| 2051 | 358253,605 | 4707979,919 | 908,491 | |
| 2052 | 358253,485 | 4707979,281 | 908,637 | |
| 2053 | 358253,381 | 4707978,421 | 909,470 | |
| 2054 | 358256,995 | 4707984,379 | 909,470 | |
| 2055 | 358256,840 | 4707983,183 | 908,764 | |
| 2056 | 358256,805 | 4707981,997 | 908,634 | |
| 2057 | 358256,695 | 4707981,109 | 908,622 | |
| 2058 | 358256,499 | 4707980,103 | 908,650 | |
| 2059 | 358256,339 | 4707979,144 | 908,697 | |
| 2060 | 358256,039 | 4707978,176 | 908,799 | |
| 2061 | 358255,303 | 4707976,664 | 909,709 | |
| 2062 | 358258,859 | 4707980,775 | 908,739 | |
| 2063 | 358305,806 | 4707955,329 | 918,675 | Pto. estación 3 |
| 2064 | 358272,412 | 4707979,936 | 913,088 | |
| 2065 | 358272,280 | 4707978,734 | 912,426 | |
| 2066 | 358271,787 | 4707978,102 | 911,380 | |
| 2067 | 358271,665 | 4707977,770 | 911,023 | |
| 2068 | 358271,268 | 4707977,230 | 910,528 | |
| 2069 | 358271,065 | 4707976,306 | 910,101 | |
| 2070 | 358270,748 | 4707975,122 | 909,910 | |
| 2071 | 358270,359 | 4707973,493 | 910,184 | |
| 2072 | 358270,161 | 4707972,551 | 910,918 | |
| 2073 | 358269,900 | 4707971,823 | 911,605 | |
| 2074 | 358269,561 | 4707970,333 | 912,637 | |
| 2075 | 358269,238 | 4707969,256 | 913,525 | |
| 3000 | 358244,946 | 4707985,919 | 908,212 | |
| 3001 | 358270,221 | 4707968,931 | 913,785 | |
| 3002 | 358270,664 | 4707969,832 | 912,959 | |
| 3003 | 358271,091 | 4707971,856 | 912,778 | |
| 3004 | 358271,238 | 4707972,522 | 912,813 | |
| 3005 | 358271,613 | 4707973,761 | 912,691 | |
| 3006 | 358271,750 | 4707974,478 | 912,573 | |
| 3007 | 358272,010 | 4707975,413 | 912,621 | |

Tabla 10.2 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 3008 | 358272,289 | 4707976,357 | 912,689 | |
| 3009 | 358272,562 | 4707977,207 | 912,647 | |
| 3010 | 358272,938 | 4707978,154 | 912,900 | |
| 3011 | 358273,543 | 4707979,213 | 913,782 | |
| 3012 | 358272,911 | 4707967,386 | 913,855 | |
| 3013 | 358273,413 | 4707968,724 | 913,468 | |
| 3014 | 358273,551 | 4707969,251 | 913,401 | |
| 3015 | 358273,862 | 4707970,485 | 913,090 | |
| 3016 | 358274,244 | 4707972,211 | 913,049 | |
| 3017 | 358274,044 | 4707971,227 | 913,080 | |
| 3018 | 358274,568 | 4707973,317 | 913,073 | |
| 3019 | 358274,798 | 4707974,168 | 913,108 | |
| 3020 | 358275,089 | 4707975,088 | 913,131 | |
| 3021 | 358275,308 | 4707976,092 | 913,195 | |
| 3022 | 358275,388 | 4707977,018 | 913,248 | |
| 3023 | 358275,746 | 4707978,220 | 914,215 | |
| 3024 | 358276,265 | 4707967,781 | 914,123 | |
| 3025 | 358276,424 | 4707969,425 | 913,326 | |
| 3026 | 358276,461 | 4707969,753 | 913,264 | |
| 3027 | 358276,744 | 4707970,771 | 913,322 | |
| 3028 | 358276,927 | 4707971,662 | 913,199 | |
| 3029 | 358277,191 | 4707972,664 | 913,248 | |
| 3030 | 358277,593 | 4707973,516 | 913,385 | |
| 3031 | 358277,911 | 4707974,417 | 913,599 | |
| 3032 | 358278,281 | 4707975,357 | 913,772 | |
| 3033 | 358278,636 | 4707976,409 | 914,122 | |
| 3034 | 358278,656 | 4707977,586 | 914,675 | |
| 3035 | 358278,505 | 4707967,204 | 914,722 | |
| 3036 | 358279,223 | 4707968,159 | 913,636 | |
| 3037 | 358279,520 | 4707968,876 | 913,479 | |
| 3038 | 358279,824 | 4707969,924 | 913,475 | |
| 3039 | 358280,191 | 4707970,977 | 913,508 | |
| 3040 | 358280,414 | 4707971,930 | 913,754 | |
| 3041 | 358280,694 | 4707972,854 | 913,917 | |
| 3042 | 358280,904 | 4707973,742 | 914,093 | |
| 3043 | 358281,180 | 4707974,573 | 914,448 | |
| 3044 | 358281,438 | 4707975,359 | 914,745 | |
| 3045 | 358281,706 | 4707976,496 | 915,103 | |
| 3046 | 358280,726 | 4707965,167 | 914,899 | |
| 3047 | 358281,350 | 4707965,760 | 914,097 | |
| 3048 | 358281,854 | 4707966,853 | 913,771 | |
| 3049 | 358282,142 | 4707967,849 | 913,677 | |
| 3050 | 358282,500 | 4707968,622 | 913,660 | |
| 3051 | 358282,864 | 4707969,543 | 913,688 | |
| 3052 | 358283,171 | 4707970,466 | 913,715 | |
| 3053 | 358283,477 | 4707971,375 | 913,752 | |
| 3054 | 358283,859 | 4707972,271 | 913,975 | |
| 3055 | 358284,033 | 4707973,157 | 914,452 | |

Tabla 10.2 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 3056 | 358284,131 | 4707974,105 | 914,838 | |
| 3057 | 358284,564 | 4707975,212 | 915,226 | |
| 3058 | 358283,389 | 4707962,465 | 915,437 | |
| 3059 | 358283,779 | 4707963,313 | 914,415 | |
| 3060 | 358284,041 | 4707964,115 | 914,151 | |
| 3061 | 358284,332 | 4707965,019 | 914,031 | |
| 3062 | 358284,609 | 4707965,978 | 913,932 | |
| 3063 | 358284,905 | 4707966,924 | 913,855 | |
| 3064 | 358285,176 | 4707967,911 | 913,886 | |
| 3065 | 358285,459 | 4707968,846 | 913,969 | |
| 3066 | 358285,717 | 4707969,840 | 914,052 | |
| 3067 | 358286,086 | 4707970,684 | 914,182 | |
| 3068 | 358286,454 | 4707971,575 | 914,589 | |
| 3069 | 358286,786 | 4707972,493 | 914,868 | |
| 3070 | 358286,946 | 4707973,020 | 915,094 | |
| 3071 | 358287,360 | 4707974,374 | 915,820 | |
| 3072 | 358286,368 | 4707962,085 | 915,440 | |
| 3073 | 358286,948 | 4707962,875 | 914,491 | |
| 3074 | 358287,222 | 4707963,671 | 914,323 | |
| 3075 | 358287,527 | 4707964,580 | 914,349 | |
| 3076 | 358287,829 | 4707965,559 | 914,350 | |
| 3077 | 358288,140 | 4707966,483 | 914,354 | |
| 3078 | 358288,446 | 4707967,436 | 914,431 | |
| 3079 | 358288,684 | 4707968,404 | 914,449 | |
| 3080 | 358288,962 | 4707969,367 | 914,490 | |
| 3081 | 358289,222 | 4707970,306 | 914,601 | |
| 3082 | 358289,708 | 4707972,315 | 915,844 | |
| 3083 | 358289,043 | 4707959,956 | 915,799 | |
| 3084 | 358289,500 | 4707960,591 | 914,931 | |
| 3085 | 358289,749 | 4707961,400 | 914,702 | |
| 3086 | 358290,072 | 4707962,310 | 914,533 | |
| 3087 | 358290,337 | 4707963,224 | 914,635 | |
| 3088 | 358290,691 | 4707964,145 | 914,736 | |
| 3089 | 358290,982 | 4707965,122 | 914,795 | |
| 3090 | 358291,226 | 4707966,107 | 914,946 | |
| 3091 | 358291,479 | 4707967,023 | 915,098 | |
| 3092 | 358291,695 | 4707967,773 | 915,161 | |
| 3093 | 358292,076 | 4707969,277 | 915,412 | |
| 3094 | 358291,629 | 4707958,361 | 916,035 | |
| 3095 | 358292,179 | 4707959,058 | 915,137 | |
| 3096 | 358292,415 | 4707959,937 | 914,872 | |
| 3097 | 358292,615 | 4707961,031 | 914,838 | |
| 3098 | 358292,708 | 4707961,945 | 914,797 | |
| 3099 | 358293,052 | 4707962,888 | 914,793 | |
| 3100 | 358293,359 | 4707963,775 | 914,922 | |
| 3101 | 358293,648 | 4707964,754 | 915,066 | |
| 3102 | 358293,998 | 4707965,779 | 915,266 | |
| 3103 | 358294,056 | 4707966,005 | 915,351 | |

Tabla 10.2 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 3104 | 358294,189 | 4707967,071 | 915,745 | |
| 3105 | 358294,817 | 4707956,970 | 916,113 | |
| 3106 | 358294,986 | 4707958,200 | 915,411 | |
| 3107 | 358295,194 | 4707959,040 | 915,155 | |
| 3108 | 358295,297 | 4707960,027 | 915,128 | |
| 3109 | 358295,477 | 4707961,010 | 915,137 | |
| 3110 | 358295,805 | 4707961,974 | 915,119 | |
| 3111 | 358295,995 | 4707962,823 | 915,198 | |
| 3112 | 358296,138 | 4707963,916 | 915,388 | |
| 3113 | 358296,336 | 4707964,936 | 915,961 | |
| 3114 | 358298,082 | 4707957,619 | 916,154 | |
| 3115 | 358298,001 | 4707958,739 | 915,534 | |
| 3116 | 358298,032 | 4707959,625 | 915,352 | |
| 3117 | 358298,061 | 4707960,695 | 915,420 | |
| 3118 | 358298,306 | 4707961,584 | 915,452 | |
| 3119 | 358298,479 | 4707962,117 | 915,534 | |
| 3120 | 358298,757 | 4707963,103 | 916,449 | |
| 3121 | 358301,063 | 4707962,362 | 916,750 | |
| 3122 | 358301,106 | 4707960,998 | 915,864 | |
| 3123 | 358301,148 | 4707960,028 | 915,787 | |
| 3124 | 358300,929 | 4707959,067 | 916,066 | |
| 3125 | 358300,745 | 4707958,277 | 916,624 | |
| 3126 | 358303,509 | 4707960,440 | 916,021 | |
| 3127 | 358313,593 | 4707971,274 | 921,003 | |
| 3128 | 358314,251 | 4707970,928 | 920,183 | |
| 3129 | 358314,948 | 4707970,149 | 919,484 | |
| 3130 | 358315,494 | 4707969,300 | 918,707 | |
| 3131 | 358316,207 | 4707968,570 | 918,494 | |
| 3132 | 358316,834 | 4707967,656 | 918,539 | |
| 3133 | 358317,455 | 4707967,103 | 918,789 | |
| 3134 | 358318,167 | 4707966,408 | 919,567 | |
| 3135 | 358318,833 | 4707965,569 | 920,380 | |
| 3136 | 358319,875 | 4707964,471 | 921,568 | |
| 3137 | 358314,518 | 4707972,519 | 921,637 | |
| 3138 | 358314,921 | 4707971,989 | 920,938 | |
| 3139 | 358315,828 | 4707970,949 | 920,749 | |
| 3140 | 358316,506 | 4707970,199 | 920,774 | |
| 3141 | 358317,109 | 4707969,423 | 920,849 | |
| 3142 | 358317,726 | 4707968,604 | 920,943 | |
| 3143 | 358318,329 | 4707967,815 | 921,007 | |
| 3144 | 358318,988 | 4707967,079 | 920,976 | |
| 3145 | 358319,526 | 4707966,297 | 921,037 | |
| 3146 | 358320,616 | 4707964,946 | 922,035 | |
| 3147 | 358318,620 | 4707969,096 | 921,100 | Pto. estación 4 |
| 4000 | 358244,946 | 4707985,919 | 908,212 | |
| 4001 | 358244,946 | 4707985,919 | 908,212 | |
| 4002 | 358316,283 | 4707974,733 | 921,829 | |
| 4003 | 358317,217 | 4707973,836 | 920,971 | |

Tabla 10.2 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 4004 | 358317,876 | 4707973,145 | 920,950 | |
| 4005 | 358318,535 | 4707972,440 | 920,985 | |
| 4006 | 358319,274 | 4707971,740 | 921,104 | |
| 4007 | 358319,881 | 4707970,915 | 921,162 | |
| 4008 | 358320,473 | 4707970,170 | 921,175 | |
| 4009 | 358321,166 | 4707969,382 | 921,252 | |
| 4010 | 358321,767 | 4707968,600 | 921,313 | |
| 4011 | 358322,408 | 4707967,822 | 921,374 | |
| 4012 | 358322,993 | 4707967,014 | 921,479 | |
| 4013 | 358323,507 | 4707966,162 | 921,563 | |
| 4014 | 358323,850 | 4707965,510 | 921,563 | |
| 4015 | 358324,315 | 4707964,559 | 922,238 | |
| 4016 | 358317,859 | 4707977,303 | 921,822 | |
| 4017 | 358318,797 | 4707976,435 | 921,246 | |
| 4018 | 358319,406 | 4707975,688 | 921,154 | |
| 4019 | 358320,005 | 4707974,873 | 921,141 | |
| 4020 | 358320,577 | 4707974,051 | 921,215 | |
| 4021 | 358321,164 | 4707973,241 | 921,283 | |
| 4022 | 358321,784 | 4707972,445 | 921,351 | |
| 4023 | 358322,395 | 4707971,688 | 921,427 | |
| 4024 | 358323,066 | 4707970,907 | 921,498 | |
| 4025 | 358323,654 | 4707970,107 | 921,484 | |
| 4026 | 358324,238 | 4707969,316 | 921,503 | |
| 4027 | 358324,862 | 4707968,520 | 921,694 | |
| 4028 | 358325,401 | 4707967,665 | 921,688 | |
| 4029 | 358325,936 | 4707966,835 | 921,730 | |
| 4030 | 358326,476 | 4707965,978 | 921,914 | |
| 4031 | 358326,888 | 4707965,138 | 922,079 | |
| 4032 | 358327,424 | 4707964,120 | 922,905 | |
| 4033 | 358323,516 | 4707972,865 | 921,551 | |
| 4034 | 358318,971 | 4707980,401 | 922,438 | |
| 4035 | 358319,474 | 4707979,609 | 921,471 | |
| 4036 | 358320,126 | 4707978,893 | 921,335 | |
| 4037 | 358320,886 | 4707978,012 | 921,294 | |
| 4038 | 358321,455 | 4707977,351 | 921,305 | |
| 4039 | 358322,157 | 4707976,663 | 921,312 | |
| 4040 | 358322,897 | 4707975,990 | 921,385 | |
| 4041 | 358323,663 | 4707975,429 | 922,043 | |
| 4042 | 358320,476 | 4707983,029 | 922,162 | |
| 4043 | 358321,009 | 4707982,225 | 921,646 | |
| 4044 | 358321,668 | 4707981,571 | 921,622 | |
| 4045 | 358322,369 | 4707980,877 | 921,662 | |
| 4046 | 358323,119 | 4707980,050 | 921,773 | |
| 4047 | 358324,311 | 4707981,808 | 921,950 | |
| 4048 | 358323,749 | 4707979,442 | 922,234 | |
| 4049 | 358322,458 | 4707983,908 | 921,941 | |
| 4050 | 358331,227 | 4707963,710 | 923,045 | |
| 4051 | 358330,729 | 4707964,401 | 922,483 | |

Tabla 10.2 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 4052 | 358330,195 | 4707965,366 | 922,252 | |
| 4053 | 358329,651 | 4707966,126 | 922,163 | |
| 4054 | 358329,055 | 4707966,917 | 922,121 | |
| 4055 | 358328,526 | 4707967,776 | 922,125 | |
| 4056 | 358327,984 | 4707968,604 | 922,047 | |
| 4057 | 358327,504 | 4707969,480 | 921,980 | |
| 4058 | 358327,103 | 4707970,369 | 921,984 | |
| 4059 | 358326,083 | 4707972,253 | 922,369 | |
| 4060 | 358333,520 | 4707964,074 | 923,221 | |
| 4061 | 358333,127 | 4707964,788 | 922,527 | |
| 4062 | 358332,748 | 4707965,667 | 922,465 | |
| 4063 | 358332,349 | 4707966,549 | 922,425 | |
| 4064 | 358331,863 | 4707967,467 | 922,384 | |
| 4065 | 358331,466 | 4707968,361 | 922,344 | |
| 4066 | 358331,090 | 4707969,272 | 922,329 | |
| 4067 | 358330,621 | 4707970,250 | 922,481 | |
| 4068 | 358330,105 | 4707971,004 | 923,101 | |
| 4069 | 358336,609 | 4707963,897 | 923,484 | |
| 4070 | 358336,209 | 4707964,813 | 922,634 | |
| 4071 | 358335,789 | 4707965,720 | 922,638 | |
| 4072 | 358335,366 | 4707966,610 | 922,684 | |
| 4073 | 358334,938 | 4707967,500 | 922,675 | |
| 4074 | 358334,452 | 4707968,393 | 922,598 | |
| 4075 | 358333,982 | 4707969,266 | 922,523 | |
| 4076 | 358333,522 | 4707970,213 | 922,723 | |
| 4077 | 358332,857 | 4707971,179 | 923,885 | |
| 4078 | 358339,435 | 4707962,589 | 923,687 | |
| 4079 | 358339,042 | 4707963,588 | 922,936 | |
| 4080 | 358338,640 | 4707964,719 | 922,847 | |
| 4081 | 358338,337 | 4707965,383 | 922,813 | |
| 4082 | 358337,953 | 4707966,569 | 922,779 | |
| 4083 | 358337,612 | 4707967,373 | 922,833 | |
| 4084 | 358337,221 | 4707968,600 | 922,854 | |
| 4085 | 358336,888 | 4707969,436 | 922,841 | |
| 4086 | 358336,443 | 4707970,478 | 923,152 | |
| 4087 | 358335,848 | 4707971,015 | 923,870 | |
| 4088 | 358342,207 | 4707962,475 | 924,113 | |
| 4089 | 358341,952 | 4707963,249 | 923,162 | |
| 4090 | 358341,635 | 4707964,167 | 923,129 | |
| 4091 | 358341,319 | 4707964,829 | 923,025 | |
| 4092 | 358340,968 | 4707966,020 | 922,975 | |
| 4093 | 358340,695 | 4707966,935 | 923,007 | |
| 4094 | 358340,315 | 4707967,885 | 923,114 | |
| 4095 | 358340,046 | 4707968,876 | 923,230 | |
| 4096 | 358339,721 | 4707969,897 | 923,363 | |
| 4097 | 358339,450 | 4707970,710 | 923,558 | |
| 4098 | 358338,977 | 4707971,762 | 924,438 | |
| 4099 | 358346,118 | 4707960,827 | 924,224 | |

Tabla 10.2 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 4100 | 358345,798 | 4707961,706 | 923,503 | |
| 4101 | 358345,412 | 4707962,518 | 923,507 | |
| 4102 | 358345,032 | 4707963,460 | 923,529 | |
| 4103 | 358344,651 | 4707964,124 | 923,516 | |
| 4104 | 358344,272 | 4707965,270 | 923,448 | |
| 4105 | 358343,884 | 4707966,112 | 923,677 | |
| 4106 | 358343,748 | 4707966,681 | 923,864 | |
| 4107 | 358343,399 | 4707967,461 | 924,358 | |
| 4108 | 358348,756 | 4707961,892 | 924,735 | |
| 4109 | 358348,223 | 4707962,878 | 923,913 | |
| 4110 | 358347,460 | 4707964,727 | 923,801 | |
| 4111 | 358347,206 | 4707965,606 | 923,954 | |
| 4112 | 358346,946 | 4707966,352 | 924,337 | |
| 4113 | 358346,511 | 4707967,355 | 924,977 | |
| 4114 | 358351,224 | 4707962,875 | 925,135 | |
| 4115 | 358350,838 | 4707964,253 | 924,229 | |
| 4116 | 358350,457 | 4707965,281 | 924,110 | |
| 4117 | 358350,130 | 4707966,255 | 924,184 | |
| 4118 | 358349,831 | 4707967,104 | 924,889 | |
| 4119 | 358353,273 | 4707964,906 | 924,417 | |
| 4120 | 358352,855 | 4707966,013 | 924,485 | |
| 5000 | 358244,946 | 4707985,919 | 908,212 | |
| 5001 | 358244,946 | 4707985,919 | 908,212 | |
| 5002 | 358255,186 | 4708002,743 | 912,742 | |
| 5003 | 358255,721 | 4708002,037 | 912,350 | |
| 5004 | 358256,077 | 4708001,444 | 912,124 | |
| 5005 | 358257,560 | 4707999,745 | 912,879 | |
| 5006 | 358258,156 | 4707999,003 | 912,883 | |
| 5007 | 358258,768 | 4707998,237 | 912,995 | |
| 5008 | 358259,582 | 4707997,278 | 912,077 | |
| 5009 | 358260,131 | 4707996,641 | 912,083 | |
| 5010 | 358260,696 | 4707995,956 | 912,082 | |
| 5011 | 358261,335 | 4707995,305 | 912,163 | |
| 5012 | 358262,153 | 4707994,331 | 912,458 | |
| 5013 | 358262,692 | 4707993,880 | 913,057 | |
| 5014 | 358256,090 | 4708003,421 | 913,622 | |
| 5015 | 358256,759 | 4708002,836 | 913,020 | |
| 5016 | 358257,150 | 4708002,313 | 912,588 | |
| 5017 | 358258,364 | 4708000,775 | 912,383 | |
| 5018 | 358258,598 | 4708000,557 | 912,332 | |
| 5019 | 358259,173 | 4707999,887 | 912,287 | |
| 5020 | 358259,760 | 4707999,106 | 912,289 | |
| 5021 | 358260,363 | 4707998,400 | 912,316 | |
| 5022 | 358261,159 | 4707997,536 | 912,324 | |
| 5023 | 358261,812 | 4707996,880 | 912,271 | |
| 5024 | 358262,252 | 4707996,415 | 912,339 | |
| 5025 | 358263,174 | 4707995,331 | 912,783 | |
| 5026 | 358257,290 | 4708004,070 | 913,755 | |

Tabla 10.2 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 5027 | 358258,055 | 4708003,672 | 913,199 | |
| 5028 | 358259,203 | 4708002,250 | 912,578 | |
| 5029 | 358259,823 | 4708001,473 | 912,547 | |
| 5030 | 358260,407 | 4708000,681 | 912,491 | |
| 5031 | 358261,237 | 4707999,791 | 912,461 | |
| 5032 | 358261,814 | 4707999,143 | 912,480 | |
| 5033 | 358262,478 | 4707998,292 | 912,653 | |
| 5034 | 358262,927 | 4707997,893 | 913,201 | |
| 5035 | 358258,758 | 4708004,995 | 913,824 | |
| 5036 | 358259,089 | 4708004,646 | 913,561 | |
| 5037 | 358259,517 | 4708004,117 | 913,043 | |
| 5038 | 358260,194 | 4708003,227 | 912,875 | |
| 5039 | 358260,855 | 4708002,407 | 912,758 | |
| 5040 | 358261,423 | 4708001,554 | 912,726 | |
| 5041 | 358261,911 | 4708000,834 | 912,674 | |
| 5042 | 358262,715 | 4708000,187 | 912,659 | |
| 5043 | 358263,345 | 4707999,565 | 912,764 | |
| 5044 | 358264,021 | 4707998,902 | 913,118 | |
| 5045 | 358259,433 | 4708006,136 | 914,076 | |
| 5046 | 358260,110 | 4708005,708 | 913,610 | |
| 5047 | 358260,635 | 4708005,095 | 913,101 | |
| 5048 | 358261,352 | 4708004,193 | 912,973 | |
| 5049 | 358261,959 | 4708003,458 | 912,898 | |
| 5050 | 358262,611 | 4708002,694 | 912,894 | |
| 5051 | 358263,310 | 4708001,995 | 912,859 | |
| 5052 | 358263,813 | 4708001,068 | 913,045 | |
| 5053 | 358264,633 | 4708000,204 | 913,512 | |
| 5054 | 358260,355 | 4708007,204 | 914,321 | |
| 5055 | 358260,905 | 4708007,042 | 913,793 | |
| 5056 | 358261,430 | 4708006,330 | 913,335 | |
| 5057 | 358262,379 | 4708005,275 | 913,078 | |
| 5058 | 358262,765 | 4708004,837 | 913,076 | |
| 5059 | 358263,379 | 4708004,082 | 913,053 | |
| 5060 | 358263,936 | 4708003,274 | 913,054 | |
| 5061 | 358264,211 | 4708002,886 | 913,231 | |
| 5062 | 358264,750 | 4708002,356 | 913,804 | |
| 5063 | 358261,855 | 4708008,039 | 914,220 | |
| 5064 | 358262,569 | 4708007,354 | 913,507 | |
| 5065 | 358262,939 | 4708006,821 | 913,293 | |
| 5066 | 358263,784 | 4708005,897 | 913,161 | |
| 5067 | 358264,387 | 4708005,136 | 913,177 | |
| 5068 | 358264,735 | 4708004,642 | 913,847 | |
| 5069 | 358262,897 | 4708009,125 | 914,395 | |
| 5070 | 358263,521 | 4708008,419 | 913,932 | |
| 5071 | 358264,036 | 4708007,633 | 913,431 | |
| 5072 | 358264,908 | 4708007,019 | 913,358 | |
| 5073 | 358265,560 | 4708006,265 | 913,329 | |
| 5074 | 358266,260 | 4708005,756 | 913,825 | |

Tabla 10.2 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 5075 | 358264,929 | 4708009,239 | 913,815 | |
| 5076 | 358282,806 | 4708020,581 | 919,102 | |
| 5077 | 358282,655 | 4708019,819 | 918,505 | |
| 5078 | 358282,729 | 4708018,834 | 917,361 | |
| 5079 | 358282,770 | 4708017,875 | 916,612 | |
| 5080 | 358282,872 | 4708016,960 | 916,090 | |
| 5081 | 358282,892 | 4708015,749 | 915,993 | |
| 5082 | 358283,043 | 4708015,137 | 916,023 | |
| 5083 | 358283,261 | 4708013,958 | 916,695 | |
| 5084 | 358283,486 | 4708012,966 | 917,620 | |
| 5085 | 358284,144 | 4708011,350 | 918,854 | |
| 5086 | 358283,864 | 4708020,624 | 919,432 | |
| 5087 | 358283,802 | 4708019,684 | 918,788 | |
| 5088 | 358283,921 | 4708018,738 | 918,481 | |
| 5089 | 358284,124 | 4708017,843 | 918,409 | |
| 5090 | 358284,305 | 4708016,849 | 918,375 | |
| 5091 | 358284,475 | 4708015,921 | 918,383 | |
| 5092 | 358284,664 | 4708014,688 | 918,465 | |
| 5093 | 358284,803 | 4708013,807 | 918,476 | |
| 5094 | 358284,894 | 4708013,114 | 918,506 | |
| 5095 | 358285,150 | 4708011,209 | 919,430 | |
| 5096 | 358285,481 | 4708016,431 | 918,440 | Pto. estación 6 |
| 6000 | 358268,521 | 4708011,103 | 914,010 | |
| 6001 | 358268,521 | 4708011,103 | 914,010 | |
| 6002 | 358268,521 | 4708011,103 | 914,010 | |
| 6003 | 358268,521 | 4708011,103 | 914,010 | |
| 6004 | 358285,095 | 4708012,058 | 918,600 | |
| 6005 | 358285,994 | 4708020,909 | 919,702 | |
| 6006 | 358286,134 | 4708020,140 | 919,053 | |
| 6007 | 358286,305 | 4708019,174 | 918,636 | |
| 6008 | 358286,494 | 4708018,212 | 918,563 | |
| 6009 | 358286,764 | 4708017,263 | 918,574 | |
| 6010 | 358286,941 | 4708016,239 | 918,538 | |
| 6011 | 358287,112 | 4708015,241 | 918,538 | |
| 6012 | 358287,266 | 4708014,216 | 918,525 | |
| 6013 | 358287,447 | 4708013,258 | 918,534 | |
| 6014 | 358287,608 | 4708012,709 | 918,696 | |
| 6015 | 358287,773 | 4708012,101 | 919,308 | |
| 6016 | 358288,639 | 4708021,262 | 919,729 | |
| 6017 | 358288,635 | 4708020,524 | 919,305 | |
| 6018 | 358288,733 | 4708019,649 | 918,961 | |
| 6019 | 358288,811 | 4708018,720 | 918,811 | |
| 6020 | 358288,924 | 4708017,727 | 918,693 | |
| 6021 | 358288,994 | 4708016,697 | 918,659 | |
| 6022 | 358289,119 | 4708015,715 | 918,641 | |
| 6023 | 358289,307 | 4708014,646 | 918,622 | |
| 6024 | 358289,658 | 4708013,835 | 919,164 | |
| 6025 | 358291,003 | 4708021,954 | 919,927 | |

Tabla 10.2 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 6026 | 358291,102 | 4708020,261 | 919,248 | |
| 6027 | 358291,276 | 4708019,275 | 918,994 | |
| 6028 | 358291,397 | 4708018,201 | 918,932 | |
| 6029 | 358291,541 | 4708017,254 | 918,860 | |
| 6030 | 358291,651 | 4708016,294 | 918,857 | |
| 6031 | 358291,832 | 4708015,351 | 919,112 | |
| 6032 | 358291,857 | 4708014,444 | 919,739 | |
| 6033 | 358293,531 | 4708022,274 | 920,337 | |
| 6034 | 358293,454 | 4708021,498 | 919,840 | |
| 6035 | 358293,566 | 4708020,664 | 919,453 | |
| 6036 | 358293,687 | 4708019,732 | 919,407 | |
| 6037 | 358293,773 | 4708018,757 | 919,135 | |
| 6038 | 358293,879 | 4708017,762 | 919,150 | |
| 6039 | 358294,040 | 4708016,770 | 919,100 | |
| 6040 | 358294,095 | 4708016,256 | 919,363 | |
| 6041 | 358294,318 | 4708015,305 | 919,916 | |
| 6042 | 358295,889 | 4708022,988 | 920,736 | |
| 6043 | 358295,936 | 4708021,969 | 920,158 | |
| 6044 | 358295,990 | 4708021,185 | 919,788 | |
| 6045 | 358296,108 | 4708020,212 | 919,582 | |
| 6046 | 358296,178 | 4708019,200 | 919,406 | |
| 6047 | 358296,338 | 4708018,149 | 919,392 | |
| 6048 | 358296,419 | 4708017,237 | 919,374 | |
| 6049 | 358296,471 | 4708016,870 | 919,501 | |
| 6050 | 358296,603 | 4708015,894 | 920,075 | |
| 6051 | 358298,205 | 4708023,384 | 920,926 | |
| 6052 | 358298,236 | 4708022,676 | 920,466 | |
| 6053 | 358298,415 | 4708021,676 | 920,118 | |
| 6054 | 358298,560 | 4708020,352 | 919,782 | |
| 6055 | 358298,657 | 4708019,662 | 929,727 | |
| 6056 | 358298,735 | 4708018,546 | 919,633 | |
| 6057 | 358298,895 | 4708017,600 | 919,751 | |
| 6058 | 358298,989 | 4708016,056 | 920,155 | |
| 6059 | 358300,684 | 4708024,542 | 921,166 | |
| 6060 | 358300,575 | 4708023,780 | 920,715 | |
| 6061 | 358300,501 | 4708022,495 | 920,297 | |
| 6062 | 358300,448 | 4708021,535 | 920,124 | |
| 6063 | 358300,500 | 4708020,420 | 920,249 | |
| 6064 | 358300,484 | 4708019,527 | 920,211 | |
| 6065 | 358300,543 | 4708018,615 | 920,603 | |
| 6066 | 358302,902 | 4708024,967 | 921,674 | |
| 6067 | 358302,977 | 4708023,986 | 921,112 | |
| 6068 | 358302,805 | 4708023,320 | 920,864 | |
| 6069 | 358302,351 | 4708021,476 | 920,491 | |
| 6070 | 358302,308 | 4708021,279 | 920,495 | |
| 6071 | 358302,032 | 4708020,815 | 920,578 | |
| 6072 | 358302,074 | 4708019,800 | 921,343 | |
| 6073 | 358305,704 | 4708024,500 | 921,214 | |

Tabla 10.2 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 7000 | 358227,279 | 4707982,234 | 907,660 | |
| 7001 | 358251,474 | 4707988,502 | 908,272 | |
| 7002 | 358251,587 | 4707987,689 | 908,373 | |
| 7003 | 358251,907 | 4707986,802 | 908,338 | |
| 7050 | 358227,279 | 4707982,234 | 907,660 | |
| 7051 | 358118,310 | 4708030,164 | 899,394 | |
| 7052 | 358139,707 | 4707987,300 | 898,977 | |
| 7053 | 358175,560 | 4707987,820 | 905,946 | |

Las coordenadas UTM ETRS89 30N de todos los puntos levantados durante el segundo levantamiento realizado en el periodo transcurrido de junio de 2013 a marzo de 2014, obtenidas tras la corrección respecto al norte geográfico se pueden ver en la Tabla 10.3.

Tabla 10.3. Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1000 | 358390,052 | 4707538,041 | 905,976 | Estación 8 |
| 1002 | 358398,647 | 4707542,915 | 909,639 | |
| 1003 | 358397,975 | 4707543,266 | 908,926 | |
| 1004 | 358397,066 | 4707543,661 | 907,992 | |
| 1005 | 358395,704 | 4707544,286 | 907,296 | |
| 1006 | 358395,513 | 4707544,366 | 907,175 | |
| 1007 | 358394,446 | 4707544,944 | 907,068 | |
| 1008 | 358393,844 | 4707545,328 | 907,031 | |
| 1009 | 358392,975 | 4707545,797 | 906,839 | |
| 1010 | 358392,169 | 4707546,297 | 906,905 | |
| 1011 | 358391,300 | 4707546,804 | 907,103 | |
| 1012 | 358390,570 | 4707547,203 | 907,377 | |
| 1013 | 358389,665 | 4707547,731 | 908,198 | |
| 1014 | 358388,957 | 4707548,173 | 907,821 | |
| 1015 | 358388,410 | 4707548,698 | 908,597 | |
| 1016 | 358387,714 | 4707549,097 | 909,429 | |
| 1017 | 358398,526 | 4707543,663 | 909,694 | |
| 1018 | 358397,758 | 4707544,086 | 909,105 | |
| 1019 | 358396,481 | 4707544,839 | 909,024 | |
| 1020 | 358396,002 | 4707545,073 | 909,025 | |
| 1021 | 358395,700 | 4707545,194 | 908,994 | |
| 1022 | 358394,766 | 4707545,730 | 908,969 | |
| 1023 | 358394,264 | 4707546,027 | 908,902 | |
| 1024 | 358393,427 | 4707546,531 | 908,685 | |
| 1025 | 358392,543 | 4707547,087 | 908,773 | |
| 1026 | 358391,707 | 4707547,519 | 908,978 | |
| 1027 | 358390,841 | 4707547,992 | 908,977 | |
| 1028 | 358389,967 | 4707548,453 | 908,891 | |
| 1029 | 358389,160 | 4707548,972 | 908,730 | |
| 1030 | 358388,605 | 4707549,319 | 908,858 | |
| 1031 | 358387,920 | 4707549,528 | 909,505 | |
| 1032 | 358405,171 | 4707555,271 | 910,666 | Estación 9 |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1033 | 358394,902 | 4707525,119 | 910,110 | |
| 1034 | 358395,212 | 4707526,181 | 909,281 | |
| 1035 | 358395,525 | 4707526,861 | 909,110 | |
| 1036 | 358395,914 | 4707527,782 | 908,591 | |
| 1037 | 358396,205 | 4707528,717 | 908,139 | |
| 1038 | 358396,392 | 4707529,515 | 907,723 | |
| 1039 | 358396,839 | 4707530,621 | 907,478 | |
| 1040 | 358397,109 | 4707531,298 | 907,286 | |
| 1041 | 358397,447 | 4707532,202 | 907,098 | |
| 1042 | 358397,731 | 4707533,139 | 906,994 | |
| 1043 | 358397,966 | 4707534,126 | 906,808 | |
| 1044 | 358398,400 | 4707534,953 | 906,782 | |
| 1045 | 358398,726 | 4707535,828 | 906,919 | |
| 1046 | 358399,166 | 4707536,609 | 907,349 | |
| 1047 | 358399,498 | 4707537,319 | 907,885 | |
| 1048 | 358399,846 | 4707538,065 | 908,358 | |
| 1049 | 358400,283 | 4707538,810 | 908,880 | |
| 1050 | 358400,482 | 4707539,325 | 909,128 | |
| 1051 | 358400,785 | 4707540,019 | 910,085 | |
| 1052 | 358401,253 | 4707539,466 | 910,220 | |
| 1053 | 358401,000 | 4707538,554 | 909,269 | |
| 1054 | 358400,796 | 4707537,866 | 909,227 | |
| 1055 | 358400,459 | 4707536,920 | 909,281 | |
| 1056 | 358400,085 | 4707535,997 | 909,220 | |
| 1057 | 358399,706 | 4707535,087 | 909,112 | |
| 1058 | 358399,346 | 4707534,169 | 909,111 | |
| 1059 | 358398,973 | 4707533,221 | 909,211 | |
| 1060 | 358398,669 | 4707532,433 | 909,304 | |
| 1061 | 358398,283 | 4707531,368 | 909,298 | |
| 1062 | 358397,877 | 4707530,431 | 909,293 | |
| 1063 | 358397,510 | 4707529,515 | 909,288 | |
| 1064 | 358397,148 | 4707528,575 | 909,282 | |
| 1065 | 358396,818 | 4707527,745 | 909,321 | |
| 1066 | 358396,421 | 4707526,703 | 909,339 | |
| 1067 | 358396,086 | 4707525,812 | 909,481 | |
| 1068 | 358395,525 | 4707524,796 | 910,193 | |
| 1069 | 358397,658 | 4707524,217 | 910,230 | |
| 1070 | 358397,878 | 4707525,108 | 909,695 | |
| 1071 | 358398,178 | 4707526,199 | 909,521 | |
| 1072 | 358398,795 | 4707528,089 | 909,538 | |
| 1073 | 358399,192 | 4707528,993 | 909,507 | |
| 1074 | 358399,567 | 4707529,919 | 909,521 | |
| 1075 | 358399,901 | 4707530,682 | 909,600 | |
| 1076 | 358400,321 | 4707531,728 | 909,556 | |
| 1077 | 358400,769 | 4707532,630 | 909,537 | |
| 1078 | 358401,173 | 4707533,547 | 909,438 | |
| 1079 | 358401,548 | 4707534,482 | 909,449 | |
| 1080 | 358401,942 | 4707535,383 | 909,533 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1081 | 358402,327 | 4707536,328 | 909,517 | |
| 1082 | 358402,788 | 4707537,609 | 909,700 | |
| 1083 | 358403,250 | 4707538,747 | 910,979 | |
| 1084 | 358405,033 | 4707537,844 | 911,315 | |
| 1085 | 358404,423 | 4707536,388 | 910,108 | |
| 1086 | 358404,198 | 4707535,841 | 909,981 | |
| 1087 | 358403,808 | 4707534,907 | 909,738 | |
| 1088 | 358403,387 | 4707534,015 | 909,667 | |
| 1089 | 358402,995 | 4707533,111 | 909,632 | |
| 1090 | 358402,558 | 4707532,191 | 909,640 | |
| 1091 | 358402,171 | 4707531,287 | 909,715 | |
| 1092 | 358401,757 | 4707530,380 | 909,688 | |
| 1093 | 358401,379 | 4707529,462 | 909,684 | |
| 1094 | 358401,009 | 4707528,535 | 909,680 | |
| 1095 | 358400,701 | 4707527,570 | 909,657 | |
| 1096 | 358399,707 | 4707524,563 | 909,860 | |
| 1097 | 358399,583 | 4707523,635 | 910,454 | |
| 1098 | 358400,929 | 4707522,773 | 910,991 | |
| 1099 | 358402,030 | 4707525,348 | 909,875 | |
| 1100 | 358400,328 | 4707526,503 | 909,629 | |
| 1101 | 358402,487 | 4707526,339 | 909,758 | |
| 1102 | 358402,831 | 4707527,261 | 909,803 | |
| 1103 | 358403,191 | 4707528,045 | 909,843 | |
| 1104 | 358403,647 | 4707529,130 | 909,852 | |
| 1105 | 358403,969 | 4707530,037 | 909,883 | |
| 1106 | 358404,365 | 4707531,019 | 909,878 | |
| 1107 | 358404,746 | 4707531,872 | 909,809 | |
| 1108 | 358405,086 | 4707532,827 | 909,862 | |
| 1109 | 358405,462 | 4707533,813 | 909,927 | |
| 1110 | 358405,770 | 4707534,355 | 909,991 | |
| 1111 | 358406,215 | 4707535,444 | 910,612 | |
| 1112 | 358406,674 | 4707536,456 | 911,405 | |
| 1113 | 358408,244 | 4707535,224 | 911,421 | |
| 1114 | 358408,033 | 4707534,494 | 910,801 | |
| 1115 | 358407,535 | 4707533,519 | 910,220 | |
| 1116 | 358407,003 | 4707532,303 | 910,153 | |
| 1117 | 358406,819 | 4707531,726 | 910,086 | |
| 1118 | 358406,509 | 4707530,883 | 910,072 | |
| 1119 | 358406,115 | 4707529,872 | 910,055 | |
| 1120 | 358405,811 | 4707528,946 | 910,026 | |
| 1121 | 358405,381 | 4707528,025 | 909,985 | |
| 1122 | 358404,705 | 4707526,180 | 910,044 | |
| 1123 | 358404,004 | 4707524,497 | 910,848 | |
| 1124 | 358409,540 | 4707533,351 | 911,143 | |
| 1125 | 358409,341 | 4707532,685 | 910,700 | |
| 1126 | 358408,910 | 4707531,566 | 910,302 | |
| 1127 | 358408,627 | 4707530,510 | 910,234 | |
| 1128 | 358408,430 | 4707529,887 | 910,267 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1129 | 358407,936 | 4707528,648 | 910,164 | |
| 1130 | 358407,583 | 4707527,679 | 910,125 | |
| 1131 | 358407,173 | 4707526,800 | 910,303 | |
| 1132 | 358406,351 | 4707525,128 | 910,745 | |
| 1133 | 358405,772 | 4707523,863 | 911,516 | |
| 1134 | 358408,328 | 4707523,843 | 911,377 | |
| 1135 | 358409,110 | 4707525,797 | 910,629 | |
| 1136 | 358409,488 | 4707527,020 | 910,354 | |
| 1137 | 358409,852 | 4707527,965 | 910,339 | |
| 1138 | 358410,128 | 4707529,040 | 910,399 | |
| 1139 | 358410,466 | 4707529,820 | 910,437 | |
| 1140 | 358410,760 | 4707530,721 | 910,441 | |
| 1141 | 358410,695 | 4707530,999 | 910,455 | |
| 1142 | 358411,307 | 4707532,270 | 911,072 | |
| 1143 | 358412,729 | 4707530,274 | 910,706 | |
| 1144 | 358412,442 | 4707529,376 | 910,633 | |
| 1145 | 358412,116 | 4707528,484 | 910,669 | |
| 1146 | 358411,760 | 4707527,308 | 911,166 | |
| 1147 | 358413,318 | 4707532,497 | 912,032 | |
| 1148 | 358413,055 | 4707531,748 | 911,527 | |
| 1149 | 358414,655 | 4707529,000 | 910,958 | |
| 1150 | 358414,961 | 4707531,109 | 910,872 | |
| 1151 | 358414,741 | 4707532,511 | 912,347 | |
| 1152 | 358414,757 | 4707527,652 | 911,786 | |
| 1153 | 358423,258 | 4707532,126 | 915,779 | Estación 10 |
| 1154 | 358340,044 | 4707503,764 | 899,348 | Estación 12 |
| 1156 | 358390,052 | 4707538,041 | 905,834 | |
| 1157 | 358390,052 | 4707538,041 | 905,838 | |
| 1158 | 358390,052 | 4707538,041 | 906,026 | |
| 1159 | 358420,366 | 4707517,796 | 916,916 | |
| 1160 | 358420,442 | 4707518,930 | 916,315 | |
| 1161 | 358420,330 | 4707519,948 | 915,919 | |
| 1162 | 358420,263 | 4707520,830 | 915,498 | |
| 1163 | 358420,170 | 4707521,586 | 914,909 | |
| 1164 | 358420,034 | 4707522,415 | 914,283 | |
| 1165 | 358419,864 | 4707523,260 | 913,835 | |
| 1166 | 358419,817 | 4707524,172 | 913,412 | |
| 1167 | 358419,728 | 4707525,018 | 912,975 | |
| 1168 | 358419,628 | 4707526,528 | 912,424 | |
| 1169 | 358419,687 | 4707527,141 | 912,296 | |
| 1170 | 358419,652 | 4707528,085 | 912,075 | |
| 1171 | 358419,493 | 4707528,729 | 911,502 | |
| 1172 | 358419,949 | 4707529,834 | 911,107 | |
| 1173 | 358419,672 | 4707530,977 | 910,990 | |
| 1174 | 358419,679 | 4707531,438 | 911,083 | |
| 1175 | 358419,874 | 4707532,510 | 912,712 | |
| 1176 | 358419,860 | 4707533,552 | 913,265 | |
| 1177 | 358419,964 | 4707534,447 | 913,656 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1178 | 358420,034 | 4707535,295 | 914,138 | |
| 1179 | 358420,159 | 4707536,121 | 914,625 | |
| 1180 | 358420,296 | 4707537,037 | 915,504 | |
| 1181 | 358420,238 | 4707538,268 | 916,491 | |
| 1200 | 358390,052 | 4707538,041 | 905,876 | E10 - E8 |
| 1201 | 358390,052 | 4707538,041 | 905,875 | E10 - E8 |
| 1203 | 358420,893 | 4707538,091 | 916,199 | |
| 1204 | 358421,079 | 4707537,107 | 915,753 | |
| 1205 | 358421,064 | 4707536,003 | 915,652 | |
| 1206 | 358421,100 | 4707535,003 | 915,661 | |
| 1207 | 358421,077 | 4707534,028 | 915,601 | |
| 1208 | 358421,136 | 4707533,046 | 915,591 | |
| 1209 | 358421,171 | 4707531,933 | 915,548 | |
| 1210 | 358421,203 | 4707531,112 | 915,484 | |
| 1211 | 358421,221 | 4707530,136 | 915,514 | |
| 1212 | 358421,211 | 4707529,095 | 915,565 | |
| 1213 | 358421,239 | 4707528,152 | 915,702 | |
| 1214 | 358421,180 | 4707527,136 | 915,769 | |
| 1215 | 358421,173 | 4707526,133 | 915,760 | |
| 1216 | 358421,158 | 4707525,098 | 915,803 | |
| 1217 | 358421,156 | 4707524,132 | 915,788 | |
| 1218 | 358421,124 | 4707523,129 | 915,763 | |
| 1219 | 358421,096 | 4707522,087 | 915,797 | |
| 1220 | 358421,080 | 4707521,095 | 915,765 | |
| 1221 | 358421,065 | 4707520,143 | 915,904 | |
| 1222 | 358421,049 | 4707519,513 | 916,087 | |
| 1223 | 358420,965 | 4707518,637 | 916,612 | |
| 1224 | 358423,903 | 4707519,063 | 916,786 | |
| 1225 | 358424,074 | 4707519,871 | 916,164 | |
| 1226 | 358424,023 | 4707520,529 | 916,146 | |
| 1227 | 358423,976 | 4707521,516 | 916,133 | |
| 1228 | 358424,081 | 4707522,513 | 916,125 | |
| 1229 | 358424,024 | 4707523,477 | 916,112 | |
| 1230 | 358423,985 | 4707524,459 | 916,074 | |
| 1231 | 358423,975 | 4707525,447 | 916,058 | |
| 1232 | 358423,905 | 4707526,439 | 916,017 | |
| 1233 | 358423,910 | 4707527,452 | 915,994 | |
| 1234 | 358423,946 | 4707528,443 | 915,941 | |
| 1235 | 358423,934 | 4707529,403 | 915,866 | |
| 1236 | 358423,884 | 4707530,395 | 915,834 | |
| 1237 | 358423,886 | 4707531,417 | 915,783 | |
| 1238 | 358423,960 | 4707532,452 | 915,805 | |
| 1239 | 358423,910 | 4707533,477 | 915,818 | |
| 1240 | 358423,952 | 4707534,441 | 915,811 | |
| 1241 | 358424,030 | 4707535,438 | 915,814 | |
| 1242 | 358424,042 | 4707536,376 | 915,796 | |
| 1243 | 358424,030 | 4707537,373 | 915,798 | |
| 1244 | 358424,008 | 4707538,340 | 915,814 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1245 | 358423,928 | 4707539,302 | 915,790 | |
| 1246 | 358423,821 | 4707540,236 | 915,937 | |
| 1247 | 358423,722 | 4707540,882 | 916,605 | |
| 1248 | 358426,569 | 4707542,029 | 916,653 | |
| 1249 | 358426,765 | 4707541,054 | 916,082 | |
| 1250 | 358426,763 | 4707539,881 | 915,882 | |
| 1251 | 358426,730 | 4707538,846 | 915,864 | |
| 1252 | 358426,749 | 4707537,848 | 915,882 | |
| 1253 | 358426,683 | 4707536,975 | 915,919 | |
| 1254 | 358426,687 | 4707535,868 | 915,941 | |
| 1255 | 358426,708 | 4707534,901 | 915,971 | |
| 1256 | 358426,779 | 4707533,884 | 915,999 | |
| 1257 | 358426,779 | 4707532,906 | 916,017 | |
| 1258 | 358426,779 | 4707531,899 | 916,022 | |
| 1259 | 358426,786 | 4707530,916 | 916,024 | |
| 1260 | 358426,814 | 4707529,906 | 916,049 | |
| 1261 | 358426,874 | 4707528,919 | 916,088 | |
| 1262 | 358426,897 | 4707527,918 | 916,129 | |
| 1263 | 358426,956 | 4707526,911 | 916,145 | |
| 1264 | 358426,988 | 4707525,918 | 916,191 | |
| 1265 | 358427,006 | 4707524,932 | 916,214 | |
| 1266 | 358427,034 | 4707523,904 | 916,243 | |
| 1267 | 358427,034 | 4707522,898 | 916,269 | |
| 1268 | 358427,012 | 4707521,944 | 916,302 | |
| 1269 | 358427,045 | 4707520,918 | 916,300 | |
| 1270 | 358427,076 | 4707519,953 | 916,368 | |
| 1271 | 358427,072 | 4707519,232 | 917,244 | |
| 1272 | 358430,154 | 4707518,865 | 917,244 | |
| 1273 | 358430,173 | 4707519,736 | 916,784 | |
| 1274 | 358430,068 | 4707520,743 | 916,435 | |
| 1275 | 358429,999 | 4707521,739 | 916,399 | |
| 1276 | 358429,961 | 4707522,744 | 916,422 | |
| 1277 | 358429,962 | 4707523,731 | 916,364 | |
| 1278 | 358429,946 | 4707524,737 | 916,312 | |
| 1279 | 358429,924 | 4707525,745 | 916,341 | |
| 1280 | 358429,936 | 4707526,724 | 916,336 | |
| 1281 | 358429,907 | 4707527,722 | 916,341 | |
| 1282 | 358429,862 | 4707528,729 | 916,308 | |
| 1283 | 358429,833 | 4707529,662 | 916,257 | |
| 1284 | 358429,731 | 4707530,729 | 916,243 | |
| 1285 | 358429,682 | 4707531,796 | 916,234 | |
| 1286 | 358429,711 | 4707532,902 | 916,198 | |
| 1287 | 358429,710 | 4707533,698 | 916,181 | |
| 1288 | 358429,717 | 4707534,714 | 916,149 | |
| 1289 | 358429,667 | 4707535,703 | 916,108 | |
| 1290 | 358429,678 | 4707536,686 | 916,061 | |
| 1291 | 358429,695 | 4707537,682 | 916,049 | |
| 1292 | 358429,703 | 4707538,744 | 915,999 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1293 | 358429,813 | 4707539,672 | 915,980 | |
| 1294 | 358429,805 | 4707540,601 | 915,954 | |
| 1295 | 358429,840 | 4707541,609 | 916,275 | |
| 1296 | 358429,859 | 4707542,680 | 916,715 | |
| 1297 | 358433,199 | 4707543,244 | 916,732 | |
| 1298 | 358433,189 | 4707542,517 | 916,332 | |
| 1299 | 358433,107 | 4707540,421 | 916,046 | |
| 1300 | 358433,085 | 4707539,416 | 916,067 | |
| 1301 | 358433,020 | 4707538,479 | 916,114 | |
| 1302 | 358432,987 | 4707537,497 | 916,163 | |
| 1303 | 358433,031 | 4707536,480 | 916,188 | |
| 1304 | 358433,074 | 4707535,490 | 916,252 | |
| 1305 | 358432,985 | 4707534,445 | 916,372 | |
| 1306 | 358432,966 | 4707533,475 | 916,446 | |
| 1307 | 358432,964 | 4707532,508 | 916,447 | |
| 1308 | 358432,947 | 4707531,457 | 916,469 | |
| 1309 | 358432,967 | 4707530,494 | 916,490 | |
| 1310 | 358433,013 | 4707529,565 | 916,519 | |
| 1311 | 358433,012 | 4707528,509 | 916,561 | |
| 1312 | 358433,007 | 4707527,553 | 916,540 | |
| 1313 | 358433,098 | 4707526,521 | 916,520 | |
| 1314 | 358433,113 | 4707525,532 | 916,536 | |
| 1315 | 358433,150 | 4707524,542 | 916,550 | |
| 1316 | 358433,126 | 4707523,363 | 916,555 | |
| 1317 | 358433,145 | 4707522,525 | 916,583 | |
| 1318 | 358433,107 | 4707521,538 | 916,582 | |
| 1319 | 358433,090 | 4707520,550 | 916,615 | |
| 1320 | 358433,052 | 4707519,523 | 916,625 | |
| 1321 | 358432,986 | 4707519,154 | 916,809 | |
| 1322 | 358432,992 | 4707517,968 | 917,640 | |
| 1323 | 358435,794 | 4707536,078 | 917,257 | |
| 1324 | 358435,881 | 4707536,725 | 916,563 | |
| 1325 | 358435,980 | 4707537,454 | 916,111 | |
| 1326 | 358436,028 | 4707538,408 | 916,069 | |
| 1327 | 358436,119 | 4707539,410 | 916,080 | |
| 1328 | 358436,084 | 4707540,437 | 916,086 | |
| 1329 | 358436,263 | 4707541,426 | 916,246 | |
| 1330 | 358436,494 | 4707542,437 | 916,811 | |
| 1331 | 358436,452 | 4707542,972 | 917,328 | |
| 1332 | 358439,366 | 4707538,251 | 917,294 | |
| 1333 | 358439,222 | 4707539,298 | 916,514 | |
| 1334 | 358439,339 | 4707539,787 | 916,361 | |
| 1335 | 358439,522 | 4707540,734 | 916,372 | |
| 1336 | 358439,659 | 4707541,635 | 916,860 | |
| 1337 | 358439,997 | 4707543,013 | 917,873 | |
| 1338 | 358441,223 | 4707541,096 | 916,638 | |
| 1339 | 358436,151 | 4707533,585 | 917,552 | |
| 1340 | 358436,134 | 4707532,827 | 916,813 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1341 | 358436,021 | 4707531,769 | 916,704 | |
| 1342 | 358436,009 | 4707531,122 | 916,712 | |
| 1343 | 358436,098 | 4707529,948 | 916,730 | |
| 1344 | 358436,145 | 4707528,925 | 916,753 | |
| 1345 | 358436,174 | 4707528,146 | 916,767 | |
| 1346 | 358436,189 | 4707526,978 | 916,717 | |
| 1347 | 358436,163 | 4707525,901 | 916,731 | |
| 1348 | 358436,155 | 4707524,886 | 916,720 | |
| 1349 | 358436,153 | 4707523,943 | 916,722 | |
| 1350 | 358436,104 | 4707522,802 | 916,722 | |
| 1351 | 358436,140 | 4707521,935 | 916,744 | |
| 1352 | 358436,177 | 4707521,190 | 916,760 | |
| 1353 | 358436,103 | 4707519,983 | 916,726 | |
| 1354 | 358436,181 | 4707518,925 | 916,823 | |
| 1355 | 358436,147 | 4707517,892 | 916,922 | |
| 1356 | 358436,128 | 4707516,955 | 917,245 | |
| 1357 | 358435,998 | 4707516,135 | 918,142 | |
| 1358 | 358445,773 | 4707526,872 | 917,560 | Estación 11 |
| 1359 | 358435,123 | 4707535,386 | 916,667 | |
| 1362 | 358423,258 | 4707532,126 | 915,675 | E11 - E10 |
| 1363 | 358438,999 | 4707532,988 | 917,623 | |
| 1364 | 358439,098 | 4707532,200 | 916,971 | |
| 1365 | 358439,100 | 4707530,886 | 916,907 | |
| 1366 | 358439,146 | 4707530,067 | 916,944 | |
| 1367 | 358439,054 | 4707529,121 | 916,967 | |
| 1368 | 358439,060 | 4707528,081 | 916,933 | |
| 1369 | 358439,154 | 4707526,103 | 916,896 | |
| 1370 | 358439,215 | 4707525,114 | 916,903 | |
| 1371 | 358439,189 | 4707524,256 | 916,884 | |
| 1372 | 358439,211 | 4707523,123 | 916,878 | |
| 1373 | 358439,238 | 4707522,081 | 916,905 | |
| 1374 | 358439,193 | 4707521,120 | 916,876 | |
| 1375 | 358439,139 | 4707520,136 | 916,891 | |
| 1376 | 358439,145 | 4707519,128 | 916,902 | |
| 1377 | 358439,152 | 4707518,144 | 916,874 | |
| 1378 | 358439,073 | 4707517,149 | 916,901 | |
| 1379 | 358439,106 | 4707516,675 | 916,932 | |
| 1380 | 358438,940 | 4707516,201 | 917,916 | |
| 1381 | 358442,073 | 4707515,415 | 917,733 | |
| 1382 | 358442,196 | 4707516,141 | 916,981 | |
| 1383 | 358442,063 | 4707516,800 | 917,000 | |
| 1384 | 358442,028 | 4707518,778 | 917,015 | |
| 1385 | 358442,173 | 4707519,794 | 917,040 | |
| 1386 | 358442,262 | 4707520,795 | 917,007 | |
| 1387 | 358442,295 | 4707521,765 | 917,046 | |
| 1388 | 358442,247 | 4707522,782 | 917,089 | |
| 1389 | 358442,310 | 4707523,735 | 917,165 | |
| 1390 | 358442,321 | 4707524,739 | 917,161 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1391 | 358442,305 | 4707525,738 | 917,160 | |
| 1392 | 358442,335 | 4707526,718 | 917,205 | |
| 1393 | 358442,386 | 4707527,721 | 917,250 | |
| 1394 | 358442,371 | 4707528,734 | 917,244 | |
| 1395 | 358442,416 | 4707529,738 | 917,274 | |
| 1396 | 358442,336 | 4707530,612 | 917,955 | |
| 1397 | 358445,415 | 4707530,232 | 918,336 | |
| 1398 | 358445,402 | 4707529,461 | 917,630 | |
| 1399 | 358445,365 | 4707528,308 | 917,430 | |
| 1400 | 358445,405 | 4707527,306 | 917,468 | |
| 1401 | 358445,525 | 4707526,223 | 917,457 | |
| 1402 | 358445,528 | 4707525,302 | 917,458 | |
| 1403 | 358445,525 | 4707524,284 | 917,439 | |
| 1404 | 358445,548 | 4707523,300 | 917,370 | |
| 1405 | 358445,538 | 4707522,325 | 917,338 | |
| 1406 | 358445,517 | 4707521,300 | 917,266 | |
| 1407 | 358445,488 | 4707520,305 | 917,232 | |
| 1408 | 358445,426 | 4707519,328 | 917,192 | |
| 1409 | 358445,346 | 4707518,338 | 917,119 | |
| 1410 | 358445,315 | 4707517,358 | 917,129 | |
| 1411 | 358445,253 | 4707516,349 | 917,048 | |
| 1412 | 358445,211 | 4707515,333 | 917,106 | |
| 1413 | 358445,171 | 4707514,382 | 917,300 | |
| 1414 | 358445,206 | 4707513,447 | 917,474 | |
| 1415 | 358445,185 | 4707513,122 | 917,589 | |
| 1416 | 358445,374 | 4707512,270 | 918,437 | |
| 1417 | 358448,040 | 4707512,582 | 917,923 | |
| 1418 | 358448,000 | 4707513,548 | 917,655 | |
| 1419 | 358448,146 | 4707514,418 | 917,459 | |
| 1420 | 358448,211 | 4707515,396 | 917,280 | |
| 1421 | 358448,043 | 4707516,397 | 917,124 | |
| 1422 | 358448,327 | 4707517,510 | 917,222 | |
| 1423 | 358448,278 | 4707518,422 | 917,261 | |
| 1424 | 358448,165 | 4707519,376 | 917,294 | |
| 1425 | 358448,352 | 4707520,370 | 917,333 | |
| 1426 | 358448,357 | 4707521,335 | 917,383 | |
| 1427 | 358448,382 | 4707522,380 | 917,422 | |
| 1428 | 358448,371 | 4707523,383 | 917,477 | |
| 1429 | 358448,417 | 4707524,408 | 917,509 | |
| 1430 | 358448,412 | 4707525,356 | 917,560 | |
| 1431 | 358448,391 | 4707526,350 | 917,610 | |
| 1432 | 358448,461 | 4707527,370 | 917,686 | |
| 1433 | 358448,514 | 4707528,380 | 917,764 | |
| 1434 | 358448,532 | 4707529,382 | 917,823 | |
| 1435 | 358448,571 | 4707530,383 | 917,953 | |
| 1436 | 358448,578 | 4707531,358 | 918,047 | |
| 1437 | 358448,660 | 4707532,347 | 918,160 | |
| 1438 | 358448,585 | 4707533,310 | 918,211 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1439 | 358448,616 | 4707534,058 | 918,684 | |
| 1440 | 358451,904 | 4707536,357 | 919,539 | |
| 1441 | 358451,788 | 4707535,456 | 918,967 | |
| 1442 | 358451,855 | 4707534,408 | 918,613 | |
| 1443 | 358451,856 | 4707533,406 | 918,486 | |
| 1444 | 358451,840 | 4707532,404 | 918,424 | |
| 1445 | 358451,701 | 4707531,419 | 918,241 | |
| 1446 | 358451,647 | 4707530,439 | 918,110 | |
| 1447 | 358451,688 | 4707529,438 | 918,040 | |
| 1448 | 358451,666 | 4707528,451 | 917,873 | |
| 1449 | 358451,644 | 4707527,450 | 917,868 | |
| 1450 | 358451,636 | 4707526,451 | 917,794 | |
| 1451 | 358451,550 | 4707525,447 | 917,748 | |
| 1452 | 358451,528 | 4707524,467 | 917,695 | |
| 1453 | 358451,526 | 4707523,360 | 917,657 | |
| 1454 | 358451,489 | 4707522,525 | 917,644 | |
| 1455 | 358451,777 | 4707520,893 | 918,090 | |
| 1456 | 358455,223 | 4707528,384 | 918,491 | |
| 1457 | 358454,864 | 4707529,758 | 918,268 | |
| 1458 | 358454,888 | 4707530,745 | 918,356 | |
| 1459 | 358455,013 | 4707531,638 | 918,425 | |
| 1460 | 358454,870 | 4707533,564 | 918,642 | |
| 1461 | 358454,866 | 4707534,526 | 918,703 | |
| 1462 | 358454,843 | 4707535,493 | 918,751 | |
| 1463 | 358454,736 | 4707536,431 | 919,035 | |
| 1464 | 358454,625 | 4707537,095 | 919,338 | |
| 1465 | 358454,281 | 4707537,902 | 919,897 | |
| 1466 | 358457,260 | 4707539,804 | 920,047 | |
| 1467 | 358457,492 | 4707538,869 | 919,478 | |
| 1468 | 358457,591 | 4707537,809 | 919,366 | |
| 1469 | 358457,689 | 4707536,815 | 919,275 | |
| 1470 | 358457,762 | 4707535,810 | 919,439 | |
| 1471 | 358457,779 | 4707535,330 | 919,655 | |
| 1472 | 358457,777 | 4707535,067 | 920,001 | |
| 1473 | 358459,782 | 4707541,953 | 920,751 | |
| 1474 | 358460,242 | 4707541,044 | 920,284 | |
| 1475 | 358460,319 | 4707540,390 | 919,978 | |
| 1476 | 358460,515 | 4707539,617 | 919,678 | |
| 1477 | 358460,604 | 4707538,600 | 919,604 | |
| 1478 | 358460,621 | 4707537,050 | 919,687 | |
| 1479 | 358461,199 | 4707535,599 | 921,099 | |
| 1480 | 358464,392 | 4707536,787 | 920,857 | |
| 1481 | 358463,921 | 4707537,693 | 919,947 | |
| 1482 | 358463,513 | 4707539,333 | 919,854 | |
| 1483 | 358463,176 | 4707540,294 | 919,853 | |
| 1484 | 358462,942 | 4707541,142 | 919,899 | |
| 1485 | 358462,843 | 4707541,878 | 920,080 | |
| 1486 | 358462,445 | 4707542,841 | 920,543 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1487 | 358466,800 | 4707539,281 | 921,289 | |
| 1488 | 358466,180 | 4707540,629 | 920,202 | |
| 1489 | 358465,633 | 4707542,301 | 920,007 | |
| 1490 | 358465,230 | 4707543,357 | 920,069 | |
| 1491 | 358465,147 | 4707543,945 | 920,172 | |
| 1492 | 358464,798 | 4707545,114 | 920,932 | |
| 1493 | 358466,331 | 4707543,835 | 920,067 | |
| 1500 | 358390,052 | 4707538,041 | 905,900 | E9 - E8 |
| 1501 | 358399,630 | 4707546,383 | 910,412 | |
| 1502 | 358399,012 | 4707546,813 | 909,489 | |
| 1503 | 358398,178 | 4707547,315 | 909,416 | |
| 1504 | 358397,283 | 4707547,793 | 909,463 | |
| 1505 | 358396,404 | 4707548,265 | 909,407 | |
| 1506 | 358394,661 | 4707549,202 | 909,345 | |
| 1507 | 358393,808 | 4707549,734 | 909,352 | |
| 1508 | 358392,905 | 4707550,219 | 909,342 | |
| 1509 | 358392,050 | 4707550,738 | 909,404 | |
| 1510 | 358391,261 | 4707551,131 | 909,418 | |
| 1511 | 358390,366 | 4707551,785 | 909,573 | |
| 1512 | 358389,474 | 4707552,167 | 909,812 | |
| 1513 | 358388,829 | 4707552,526 | 910,209 | |
| 1514 | 358388,303 | 4707553,389 | 910,737 | |
| 1515 | 358390,651 | 4707554,789 | 910,813 | |
| 1516 | 358391,436 | 4707554,494 | 910,145 | |
| 1517 | 358392,261 | 4707553,902 | 909,906 | |
| 1518 | 358393,307 | 4707553,202 | 909,767 | |
| 1519 | 358393,918 | 4707552,813 | 909,688 | |
| 1520 | 358394,769 | 4707552,319 | 909,665 | |
| 1521 | 358395,635 | 4707551,837 | 909,675 | |
| 1522 | 358396,494 | 4707551,365 | 909,677 | |
| 1523 | 358397,405 | 4707550,818 | 909,729 | |
| 1524 | 358398,562 | 4707550,305 | 909,754 | |
| 1525 | 358399,190 | 4707549,958 | 909,753 | |
| 1526 | 358400,066 | 4707549,520 | 909,846 | |
| 1527 | 358400,551 | 4707549,202 | 910,069 | |
| 1528 | 358401,256 | 4707548,752 | 910,763 | |
| 1529 | 358391,824 | 4707557,556 | 911,104 | |
| 1530 | 358392,663 | 4707557,114 | 910,709 | |
| 1531 | 358393,301 | 4707556,646 | 910,640 | |
| 1532 | 358394,061 | 4707556,177 | 910,292 | |
| 1533 | 358394,972 | 4707555,722 | 910,124 | |
| 1534 | 358395,847 | 4707555,207 | 910,034 | |
| 1535 | 358396,729 | 4707554,734 | 910,016 | |
| 1536 | 358397,577 | 4707554,244 | 910,017 | |
| 1537 | 358398,433 | 4707553,775 | 910,050 | |
| 1538 | 358399,325 | 4707553,280 | 910,080 | |
| 1539 | 358400,169 | 4707552,757 | 910,087 | |
| 1540 | 358401,138 | 4707552,186 | 910,131 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1541 | 358401,937 | 4707551,726 | 910,202 | |
| 1542 | 358402,797 | 4707551,300 | 910,256 | |
| 1543 | 358403,300 | 4707551,066 | 910,349 | |
| 1544 | 358403,935 | 4707550,611 | 910,963 | |
| 1545 | 358407,348 | 4707551,815 | 911,450 | |
| 1546 | 358406,745 | 4707552,364 | 910,765 | |
| 1547 | 358406,061 | 4707552,803 | 910,597 | |
| 1548 | 358405,222 | 4707553,331 | 910,567 | |
| 1549 | 358404,320 | 4707553,804 | 910,520 | |
| 1550 | 358403,397 | 4707554,344 | 910,474 | |
| 1551 | 358402,532 | 4707554,828 | 910,413 | |
| 1552 | 358401,667 | 4707555,325 | 910,365 | |
| 1553 | 358400,801 | 4707555,808 | 910,364 | |
| 1554 | 358399,910 | 4707556,299 | 910,377 | |
| 1555 | 358399,068 | 4707556,800 | 910,524 | |
| 1556 | 358398,259 | 4707557,308 | 910,484 | |
| 1557 | 358397,314 | 4707558,023 | 910,690 | |
| 1558 | 358396,111 | 4707558,666 | 910,971 | |
| 1559 | 358401,282 | 4707558,893 | 911,545 | |
| 1560 | 358401,940 | 4707558,501 | 911,140 | |
| 1561 | 358402,757 | 4707558,044 | 910,837 | |
| 1562 | 358403,637 | 4707557,690 | 910,690 | |
| 1563 | 358404,462 | 4707557,224 | 910,660 | |
| 1564 | 358405,327 | 4707556,773 | 910,711 | |
| 1565 | 358406,248 | 4707556,248 | 910,790 | |
| 1566 | 358407,162 | 4707555,726 | 910,802 | |
| 1567 | 358408,040 | 4707555,200 | 910,851 | |
| 1568 | 358408,920 | 4707554,700 | 910,896 | |
| 1569 | 358409,724 | 4707554,221 | 910,940 | |
| 1570 | 358410,502 | 4707553,686 | 911,392 | |
| 1571 | 358413,754 | 4707555,406 | 912,074 | |
| 1572 | 358413,200 | 4707555,669 | 911,476 | |
| 1573 | 358412,545 | 4707556,099 | 911,211 | |
| 1574 | 358411,647 | 4707556,538 | 911,204 | |
| 1575 | 358410,786 | 4707557,012 | 911,141 | |
| 1576 | 358410,001 | 4707557,363 | 911,112 | |
| 1577 | 358409,066 | 4707557,984 | 911,117 | |
| 1578 | 358408,120 | 4707558,509 | 911,052 | |
| 1579 | 358407,253 | 4707559,006 | 911,169 | |
| 1580 | 358406,007 | 4707559,552 | 911,527 | |
| 1581 | 358405,549 | 4707560,118 | 911,765 | |
| 1582 | 358408,920 | 4707561,384 | 912,178 | |
| 1583 | 358409,615 | 4707560,978 | 911,969 | |
| 1584 | 358410,403 | 4707560,592 | 911,673 | |
| 1585 | 358411,293 | 4707560,105 | 911,375 | |
| 1586 | 358412,130 | 4707559,640 | 911,373 | |
| 1587 | 358413,394 | 4707558,869 | 911,399 | |
| 1588 | 358413,930 | 4707558,642 | 911,417 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1589 | 358414,811 | 4707558,205 | 911,468 | |
| 1590 | 358415,752 | 4707557,617 | 911,600 | |
| 1591 | 358416,483 | 4707557,171 | 912,070 | |
| 1592 | 358419,737 | 4707558,455 | 912,661 | |
| 1593 | 358418,562 | 4707559,318 | 912,000 | |
| 1594 | 358417,676 | 4707559,882 | 911,906 | |
| 1595 | 358416,777 | 4707560,347 | 911,784 | |
| 1596 | 358415,663 | 4707561,026 | 911,668 | |
| 1597 | 358414,984 | 4707561,387 | 911,690 | |
| 1598 | 358414,176 | 4707561,864 | 911,677 | |
| 1599 | 358413,415 | 4707562,290 | 911,698 | |
| 1600 | 358412,349 | 4707562,849 | 911,886 | |
| 1601 | 358411,411 | 4707563,315 | 912,605 | |
| 1602 | 358412,717 | 4707565,924 | 912,920 | |
| 1603 | 358413,635 | 4707565,442 | 912,439 | |
| 1604 | 358414,437 | 4707564,959 | 912,028 | |
| 1605 | 358415,347 | 4707564,472 | 912,024 | |
| 1606 | 358416,346 | 4707563,922 | 912,043 | |
| 1607 | 358417,157 | 4707563,562 | 912,025 | |
| 1608 | 358418,332 | 4707562,852 | 912,052 | |
| 1609 | 358418,688 | 4707562,655 | 912,105 | |
| 1610 | 358420,222 | 4707561,806 | 912,267 | |
| 1611 | 358420,884 | 4707561,207 | 912,327 | |
| 1612 | 358421,429 | 4707561,254 | 912,448 | |
| 1613 | 358422,123 | 4707560,844 | 912,631 | |
| 1614 | 358422,657 | 4707560,444 | 913,036 | |
| 1615 | 358418,023 | 4707564,615 | 912,259 | |
| 1616 | 358417,974 | 4707566,097 | 913,208 | |
| 1617 | 358417,404 | 4707566,479 | 912,664 | |
| 1618 | 358416,999 | 4707566,912 | 912,599 | |
| 1619 | 358416,154 | 4707567,344 | 912,759 | |
| 1620 | 358415,297 | 4707567,781 | 912,735 | |
| 1621 | 358414,260 | 4707568,317 | 913,023 | |
| 1622 | 358413,555 | 4707568,707 | 913,531 | |
| 1623 | 358418,533 | 4707569,326 | 914,279 | |
| 1624 | 358417,779 | 4707569,747 | 913,510 | |
| 1625 | 358416,879 | 4707570,173 | 913,333 | |
| 1626 | 358416,339 | 4707570,475 | 913,359 | |
| 1627 | 358415,321 | 4707570,988 | 913,621 | |
| 1628 | 358413,556 | 4707572,067 | 915,851 | |
| 1629 | 358413,525 | 4707572,132 | 915,658 | |
| 1630 | 358416,385 | 4707571,704 | 913,527 | |
| 1631 | 358422,427 | 4707564,589 | 913,665 | |
| 1632 | 358422,629 | 4707564,162 | 913,382 | |
| 1633 | 358423,565 | 4707563,265 | 913,023 | |
| 1634 | 358424,278 | 4707562,613 | 913,087 | |
| 1635 | 358425,077 | 4707561,941 | 913,507 | |
| 1636 | 358425,678 | 4707561,482 | 913,987 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1637 | 358425,577 | 4707563,657 | 913,421 | |
| 1700 | 358390,052 | 4707538,041 | 905,981 | E12 - E8 |
| 1701 | 358326,550 | 4707504,196 | 898,736 | Estación 13 |
| 1702 | 358340,044 | 4707503,764 | 898,316 | E13 - E12 |
| 1703 | 358340,044 | 4707503,764 | 899,316 | E13 - E13 |
| 1704 | 358324,608 | 4707529,677 | 901,403 | Estación 14 |
| 1707 | 358326,550 | 4707504,196 | 898,713 | E14 - E13 |
| 1708 | 358307,939 | 4707555,852 | 899,789 | Estación 15 |
| 1710 | 358324,608 | 4707529,677 | 901,351 | E15 - E14 |
| 1711 | 358309,179 | 4707583,356 | 901,693 | Estación 16 |
| 1712 | 358307,939 | 4707555,852 | 900,080 | E16 - E15 |
| 1713 | 358353,087 | 4707595,370 | 909,946 | Estación 17 |
| 1714 | 358296,438 | 4707624,429 | 902,091 | Estación 20 |
| 1720 | 358309,179 | 4707583,356 | 901,657 | E17 - E16 |
| 1721 | 358350,687 | 4707587,938 | 910,504 | |
| 1722 | 358350,109 | 4707589,241 | 909,028 | |
| 1723 | 358349,733 | 4707590,043 | 908,519 | |
| 1724 | 358349,366 | 4707590,758 | 907,743 | |
| 1725 | 358348,947 | 4707591,630 | 907,179 | |
| 1726 | 358348,590 | 4707592,481 | 906,929 | |
| 1727 | 358348,258 | 4707593,308 | 906,549 | |
| 1728 | 358347,801 | 4707594,130 | 906,275 | |
| 1729 | 358347,347 | 4707595,089 | 906,027 | |
| 1730 | 358347,054 | 4707596,009 | 906,323 | |
| 1731 | 358346,670 | 4707596,931 | 906,418 | |
| 1732 | 358346,480 | 4707597,688 | 906,718 | |
| 1733 | 358346,244 | 4707598,556 | 906,978 | |
| 1734 | 358345,994 | 4707599,587 | 907,444 | |
| 1735 | 358345,758 | 4707600,339 | 908,176 | |
| 1736 | 358345,586 | 4707601,029 | 908,945 | |
| 1737 | 358345,437 | 4707601,600 | 909,345 | |
| 1738 | 358345,044 | 4707602,011 | 909,902 | |
| 1739 | 358345,881 | 4707602,112 | 909,978 | |
| 1740 | 358346,559 | 4707600,517 | 909,387 | |
| 1741 | 358346,947 | 4707599,621 | 909,388 | |
| 1742 | 358347,302 | 4707598,668 | 909,369 | |
| 1743 | 358347,740 | 4707597,769 | 909,353 | |
| 1744 | 358348,136 | 4707596,872 | 909,376 | |
| 1745 | 358348,431 | 4707595,907 | 909,237 | |
| 1746 | 358348,761 | 4707594,959 | 909,272 | |
| 1747 | 358349,111 | 4707594,043 | 909,340 | |
| 1748 | 358349,465 | 4707593,096 | 909,340 | |
| 1749 | 358349,865 | 4707592,178 | 909,311 | |
| 1750 | 358350,226 | 4707591,247 | 909,300 | |
| 1751 | 358350,484 | 4707590,302 | 909,312 | |
| 1752 | 358350,856 | 4707589,394 | 909,449 | |
| 1753 | 358351,141 | 4707588,674 | 909,997 | |
| 1754 | 358353,669 | 4707589,253 | 910,443 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1755 | 358353,531 | 4707590,221 | 909,732 | |
| 1756 | 358353,043 | 4707591,261 | 909,641 | |
| 1757 | 358352,643 | 4707592,171 | 909,655 | |
| 1758 | 358352,204 | 4707593,077 | 909,690 | |
| 1759 | 358351,820 | 4707594,007 | 909,733 | |
| 1760 | 358351,454 | 4707594,953 | 909,725 | |
| 1761 | 358351,112 | 4707595,906 | 909,776 | |
| 1762 | 358350,801 | 4707596,880 | 909,779 | |
| 1763 | 358350,458 | 4707597,779 | 909,754 | |
| 1764 | 358350,091 | 4707598,996 | 909,749 | |
| 1765 | 358349,810 | 4707599,692 | 909,763 | |
| 1766 | 358349,494 | 4707600,652 | 909,768 | |
| 1767 | 358349,189 | 4707601,574 | 909,800 | |
| 1768 | 358348,874 | 4707602,378 | 909,850 | |
| 1769 | 358348,305 | 4707603,212 | 910,630 | |
| 1770 | 358351,230 | 4707604,425 | 910,922 | |
| 1771 | 358351,563 | 4707603,575 | 910,080 | |
| 1772 | 358351,958 | 4707602,856 | 910,047 | |
| 1773 | 358352,242 | 4707602,055 | 910,065 | |
| 1774 | 358352,599 | 4707601,115 | 910,074 | |
| 1775 | 358352,872 | 4707600,278 | 910,062 | |
| 1776 | 358353,251 | 4707599,254 | 910,075 | |
| 1777 | 358353,621 | 4707598,314 | 910,076 | |
| 1778 | 358354,065 | 4707597,284 | 910,044 | |
| 1779 | 358354,361 | 4707596,450 | 910,036 | |
| 1780 | 358354,728 | 4707595,519 | 910,066 | |
| 1781 | 358355,190 | 4707594,610 | 910,059 | |
| 1782 | 358355,533 | 4707593,637 | 910,002 | |
| 1783 | 358356,014 | 4707592,787 | 910,011 | |
| 1784 | 358356,314 | 4707591,650 | 910,023 | |
| 1785 | 358356,672 | 4707590,978 | 910,074 | |
| 1786 | 358357,110 | 4707590,196 | 910,267 | |
| 1787 | 358357,094 | 4707589,179 | 910,737 | |
| 1788 | 358359,098 | 4707592,730 | 910,838 | |
| 1789 | 358358,772 | 4707593,632 | 910,338 | |
| 1790 | 358358,334 | 4707594,819 | 910,298 | |
| 1791 | 358357,986 | 4707595,750 | 910,326 | |
| 1792 | 358357,633 | 4707596,662 | 910,303 | |
| 1793 | 358357,299 | 4707597,647 | 910,303 | |
| 1794 | 358356,906 | 4707598,614 | 910,272 | |
| 1795 | 358356,483 | 4707599,525 | 910,276 | |
| 1796 | 358356,092 | 4707600,458 | 910,313 | |
| 1797 | 358355,667 | 4707601,565 | 910,335 | |
| 1798 | 358355,411 | 4707602,320 | 910,315 | |
| 1799 | 358355,100 | 4707603,278 | 910,275 | |
| 1800 | 358354,760 | 4707604,212 | 910,277 | |
| 1801 | 358354,416 | 4707605,161 | 910,315 | |
| 1802 | 358354,091 | 4707605,917 | 910,675 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1803 | 358354,150 | 4707606,476 | 911,371 | |
| 1804 | 358356,954 | 4707607,058 | 911,316 | |
| 1805 | 358357,187 | 4707606,347 | 910,602 | |
| 1806 | 358357,652 | 4707605,128 | 910,563 | |
| 1807 | 358357,963 | 4707604,420 | 910,524 | |
| 1808 | 358358,288 | 4707603,560 | 910,529 | |
| 1809 | 358358,629 | 4707602,648 | 910,504 | |
| 1810 | 358358,979 | 4707601,707 | 910,480 | |
| 1811 | 358359,388 | 4707600,778 | 910,468 | |
| 1812 | 358359,774 | 4707599,870 | 910,464 | |
| 1813 | 358360,107 | 4707598,898 | 910,470 | |
| 1814 | 358360,453 | 4707597,959 | 910,472 | |
| 1815 | 358360,822 | 4707597,047 | 910,463 | |
| 1816 | 358361,053 | 4707596,020 | 910,569 | |
| 1817 | 358361,319 | 4707595,449 | 911,155 | |
| 1818 | 358363,973 | 4707596,799 | 911,225 | |
| 1819 | 358363,743 | 4707597,601 | 910,749 | |
| 1820 | 358363,346 | 4707598,614 | 910,661 | |
| 1821 | 358362,859 | 4707599,913 | 910,657 | |
| 1822 | 358362,642 | 4707600,558 | 910,660 | |
| 1823 | 358362,301 | 4707601,464 | 910,669 | |
| 1824 | 358361,966 | 4707602,398 | 910,647 | |
| 1825 | 358361,715 | 4707603,316 | 910,651 | |
| 1826 | 358361,222 | 4707604,258 | 910,664 | |
| 1827 | 358360,843 | 4707605,148 | 910,667 | |
| 1828 | 358360,488 | 4707606,100 | 910,716 | |
| 1829 | 358360,110 | 4707606,972 | 910,748 | |
| 1830 | 358359,852 | 4707607,672 | 910,753 | |
| 1831 | 358359,504 | 4707608,687 | 910,755 | |
| 1832 | 358359,119 | 4707609,246 | 911,488 | |
| 1833 | 358361,914 | 4707610,830 | 911,940 | |
| 1834 | 358362,307 | 4707609,951 | 910,990 | |
| 1835 | 358362,732 | 4707608,922 | 910,951 | |
| 1836 | 358363,080 | 4707607,969 | 910,944 | |
| 1837 | 358363,346 | 4707607,035 | 910,927 | |
| 1838 | 358363,760 | 4707606,108 | 910,914 | |
| 1839 | 358364,163 | 4707605,190 | 910,914 | |
| 1840 | 358364,568 | 4707604,291 | 910,942 | |
| 1841 | 358365,027 | 4707603,261 | 910,968 | |
| 1842 | 358365,309 | 4707602,393 | 911,039 | |
| 1843 | 358365,620 | 4707601,440 | 910,951 | |
| 1844 | 358366,096 | 4707600,309 | 910,887 | |
| 1845 | 358366,310 | 4707599,390 | 911,096 | |
| 1846 | 358366,504 | 4707598,573 | 911,367 | |
| 1847 | 358368,838 | 4707600,792 | 911,932 | |
| 1848 | 358368,334 | 4707603,098 | 911,200 | |
| 1849 | 358368,007 | 4707604,053 | 911,169 | |
| 1850 | 358367,620 | 4707604,978 | 911,186 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1851 | 358367,241 | 4707605,940 | 911,203 | |
| 1852 | 358366,875 | 4707606,856 | 911,234 | |
| 1853 | 358366,455 | 4707607,774 | 911,212 | |
| 1854 | 358366,055 | 4707608,680 | 911,235 | |
| 1855 | 358365,662 | 4707609,548 | 911,196 | |
| 1856 | 358365,289 | 4707610,517 | 911,162 | |
| 1857 | 358365,135 | 4707611,172 | 911,173 | |
| 1858 | 358364,736 | 4707612,197 | 912,062 | |
| 1859 | 358367,165 | 4707613,797 | 912,250 | |
| 1860 | 358367,676 | 4707612,937 | 911,976 | |
| 1861 | 358367,992 | 4707612,113 | 911,689 | |
| 1862 | 358368,368 | 4707611,172 | 911,521 | |
| 1863 | 358368,791 | 4707610,142 | 911,473 | |
| 1864 | 358369,049 | 4707609,306 | 911,471 | |
| 1865 | 358369,394 | 4707608,383 | 911,471 | |
| 1866 | 358369,762 | 4707607,512 | 911,421 | |
| 1867 | 358370,179 | 4707606,575 | 911,395 | |
| 1868 | 358370,594 | 4707605,682 | 911,405 | |
| 1869 | 358370,825 | 4707604,971 | 911,426 | |
| 1870 | 358371,084 | 4707604,071 | 912,165 | |
| 1871 | 358373,572 | 4707605,488 | 912,326 | |
| 1872 | 358373,708 | 4707606,126 | 911,788 | |
| 1873 | 358373,345 | 4707607,092 | 911,786 | |
| 1874 | 358372,665 | 4707608,424 | 911,713 | |
| 1875 | 358372,051 | 4707609,798 | 911,692 | |
| 1876 | 358371,603 | 4707610,711 | 911,671 | |
| 1877 | 358371,229 | 4707611,618 | 911,663 | |
| 1878 | 358370,804 | 4707612,616 | 911,760 | |
| 1879 | 358370,484 | 4707613,401 | 912,217 | |
| 1880 | 358370,090 | 4707614,331 | 912,614 | |
| 1881 | 358369,830 | 4707614,792 | 912,864 | |
| 1882 | 358372,681 | 4707615,496 | 913,202 | |
| 1883 | 358373,305 | 4707614,732 | 912,500 | |
| 1884 | 358373,780 | 4707613,795 | 912,090 | |
| 1885 | 358374,166 | 4707612,851 | 911,963 | |
| 1886 | 358374,557 | 4707611,935 | 912,086 | |
| 1887 | 358374,995 | 4707610,769 | 911,964 | |
| 1888 | 358375,340 | 4707610,060 | 911,958 | |
| 1889 | 358375,712 | 4707609,140 | 911,962 | |
| 1890 | 358375,841 | 4707608,547 | 911,956 | |
| 1891 | 358376,450 | 4707607,149 | 912,663 | |
| 1892 | 358375,855 | 4707616,070 | 913,015 | |
| 1893 | 358376,201 | 4707615,499 | 912,672 | |
| 1894 | 358376,506 | 4707614,849 | 912,415 | |
| 1895 | 358376,912 | 4707614,000 | 912,324 | |
| 1896 | 358377,259 | 4707613,316 | 912,306 | |
| 1897 | 358377,874 | 4707611,702 | 912,357 | |
| 1898 | 358378,079 | 4707611,197 | 912,357 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1899 | 358378,561 | 4707610,290 | 912,341 | |
| 1900 | 358378,914 | 4707609,446 | 912,511 | |
| 1901 | 358379,079 | 4707608,742 | 912,955 | |
| 1902 | 358381,517 | 4707610,669 | 913,364 | |
| 1903 | 358381,214 | 4707611,467 | 912,927 | |
| 1904 | 358381,002 | 4707612,220 | 912,620 | |
| 1905 | 358380,546 | 4707613,088 | 912,653 | |
| 1906 | 358379,993 | 4707614,162 | 912,728 | |
| 1907 | 358379,623 | 4707614,879 | 912,882 | |
| 1908 | 358379,302 | 4707615,507 | 913,066 | |
| 1909 | 358378,878 | 4707616,555 | 913,541 | |
| 1910 | 358383,566 | 4707613,951 | 912,888 | |
| 1911 | 358387,210 | 4707615,820 | 913,391 | Estación 18 |
| 1913 | 358353,087 | 4707595,370 | 909,918 | E18 – E17 |
| 1950 | 358399,032 | 4707615,496 | 917,937 | |
| 1951 | 358398,544 | 4707616,505 | 916,991 | |
| 1952 | 358397,867 | 4707617,431 | 916,468 | |
| 1953 | 358397,554 | 4707618,162 | 915,762 | |
| 1954 | 358397,179 | 4707618,593 | 915,485 | |
| 1955 | 358396,919 | 4707619,124 | 915,337 | |
| 1956 | 358396,645 | 4707619,707 | 915,238 | |
| 1957 | 358396,298 | 4707620,576 | 915,494 | |
| 1958 | 358396,016 | 4707621,451 | 915,947 | |
| 1959 | 358395,609 | 4707622,576 | 917,015 | |
| 1960 | 358395,326 | 4707623,157 | 917,602 | |
| 1961 | 358395,904 | 4707623,759 | 918,310 | |
| 1962 | 358396,236 | 4707623,178 | 917,698 | |
| 1963 | 358396,671 | 4707622,318 | 917,561 | |
| 1964 | 358397,133 | 4707621,446 | 917,349 | |
| 1965 | 358397,593 | 4707620,565 | 917,298 | |
| 1966 | 358397,984 | 4707619,777 | 917,550 | |
| 1967 | 358398,450 | 4707618,775 | 917,486 | |
| 1968 | 358398,863 | 4707617,844 | 917,418 | |
| 1969 | 358399,266 | 4707616,954 | 917,354 | |
| 1970 | 358399,409 | 4707616,533 | 917,437 | |
| 1971 | 358399,761 | 4707615,601 | 917,935 | |
| 1972 | 358402,118 | 4707616,863 | 918,622 | |
| 1973 | 358401,617 | 4707617,672 | 918,281 | |
| 1974 | 358401,020 | 4707618,704 | 918,072 | |
| 1975 | 358400,664 | 4707619,413 | 918,051 | |
| 1976 | 358400,069 | 4707620,460 | 918,046 | |
| 1977 | 358399,608 | 4707621,337 | 918,017 | |
| 1978 | 358399,225 | 4707622,065 | 918,083 | |
| 1979 | 358398,696 | 4707623,028 | 918,380 | |
| 1980 | 358398,302 | 4707623,677 | 918,723 | |
| 1981 | 358397,850 | 4707624,541 | 919,162 | |
| 1982 | 358397,554 | 4707625,293 | 920,054 | |
| 1983 | 358399,499 | 4707626,049 | 920,334 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1984 | 358400,271 | 4707625,067 | 919,337 | |
| 1985 | 358400,709 | 4707624,471 | 919,007 | |
| 1986 | 358401,189 | 4707623,637 | 918,573 | |
| 1987 | 358401,675 | 4707622,976 | 918,409 | |
| 1988 | 358402,231 | 4707622,013 | 918,339 | |
| 1989 | 358402,799 | 4707620,995 | 918,363 | |
| 1990 | 358403,244 | 4707620,259 | 918,321 | |
| 1991 | 358403,753 | 4707619,426 | 918,520 | |
| 1992 | 358404,129 | 4707618,883 | 919,094 | |
| 1993 | 358405,924 | 4707620,475 | 919,214 | |
| 1994 | 358405,390 | 4707621,427 | 918,498 | |
| 1995 | 358405,011 | 4707622,066 | 917,958 | |
| 1996 | 358404,553 | 4707622,935 | 918,497 | |
| 1997 | 358404,553 | 4707622,935 | 918,546 | |
| 1998 | 358404,093 | 4707623,600 | 918,529 | |
| 1999 | 358403,624 | 4707624,423 | 918,549 | |
| 2000 | 358403,088 | 4707625,253 | 918,599 | |
| 2001 | 358402,448 | 4707626,239 | 919,035 | |
| 2002 | 358401,634 | 4707627,463 | 920,227 | |
| 2003 | 358403,540 | 4707628,984 | 920,544 | |
| 2004 | 358404,316 | 4707627,746 | 919,673 | |
| 2005 | 358404,829 | 4707627,043 | 919,155 | |
| 2006 | 358405,457 | 4707626,058 | 918,704 | |
| 2007 | 358405,823 | 4707625,425 | 918,713 | |
| 2008 | 358406,268 | 4707624,541 | 918,695 | |
| 2009 | 358406,809 | 4707623,719 | 918,683 | |
| 2010 | 358407,357 | 4707622,891 | 918,681 | |
| 2011 | 358407,737 | 4707622,325 | 918,685 | |
| 2012 | 358408,231 | 4707621,331 | 919,679 | |
| 2013 | 358406,451 | 4707625,985 | 918,744 | Estación 19 |
| 2014 | 358387,210 | 4707615,820 | 913,343 | E19 – E18 |
| 2016 | 358410,364 | 4707622,718 | 919,508 | |
| 2017 | 358409,964 | 4707623,404 | 918,920 | |
| 2018 | 358409,426 | 4707624,299 | 918,843 | |
| 2019 | 358408,949 | 4707625,182 | 918,870 | |
| 2020 | 358408,441 | 4707626,013 | 918,883 | |
| 2021 | 358407,939 | 4707626,864 | 918,882 | |
| 2022 | 358407,372 | 4707627,689 | 918,917 | |
| 2023 | 358406,929 | 4707628,514 | 919,141 | |
| 2024 | 358406,582 | 4707629,164 | 919,589 | |
| 2025 | 358406,105 | 4707630,005 | 920,425 | |
| 2026 | 358408,306 | 4707630,845 | 920,422 | |
| 2027 | 358408,778 | 4707630,186 | 920,065 | |
| 2028 | 358409,303 | 4707629,313 | 919,550 | |
| 2029 | 358409,709 | 4707628,730 | 919,286 | |
| 2030 | 358410,145 | 4707627,938 | 919,069 | |
| 2031 | 358410,703 | 4707627,068 | 919,041 | |
| 2032 | 358411,231 | 4707626,129 | 919,029 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 2033 | 358411,660 | 4707625,385 | 919,021 | |
| 2034 | 358412,148 | 4707624,583 | 919,172 | |
| 2035 | 358412,650 | 4707623,419 | 919,839 | |
| 2036 | 358415,906 | 4707629,773 | 919,809 | |
| 2037 | 358413,580 | 4707628,635 | 919,445 | |
| 2038 | 358412,538 | 4707630,416 | 919,684 | |
| 2039 | 358412,247 | 4707631,385 | 920,572 | |
| 2040 | 358414,275 | 4707627,440 | 919,462 | |
| 2041 | 358414,626 | 4707625,979 | 919,368 | |
| 2042 | 358414,992 | 4707625,178 | 920,018 | |
| 2508 | 358309,179 | 4707583,356 | 901,598 | E20 - E17 |
| 2509 | 358330,748 | 4707641,509 | 908,601 | |
| 2510 | 358330,979 | 4707640,639 | 907,890 | |
| 2511 | 358331,215 | 4707639,454 | 906,880 | |
| 2512 | 358331,480 | 4707638,624 | 906,541 | |
| 2513 | 358331,694 | 4707638,149 | 906,345 | |
| 2514 | 358332,046 | 4707637,239 | 906,212 | |
| 2515 | 358332,286 | 4707636,238 | 906,300 | |
| 2516 | 358332,812 | 4707634,981 | 907,194 | |
| 2517 | 358333,045 | 4707634,333 | 907,404 | |
| 2518 | 358333,471 | 4707633,543 | 907,918 | |
| 2519 | 358333,883 | 4707632,834 | 908,410 | |
| 2520 | 358331,121 | 4707641,804 | 908,802 | |
| 2521 | 358331,422 | 4707641,330 | 908,282 | |
| 2522 | 358331,690 | 4707640,607 | 908,060 | |
| 2523 | 358332,111 | 4707639,670 | 908,028 | |
| 2524 | 358332,503 | 4707638,486 | 907,887 | |
| 2525 | 358332,915 | 4707637,615 | 907,797 | |
| 2526 | 358333,224 | 4707636,758 | 907,977 | |
| 2527 | 358333,820 | 4707635,362 | 908,097 | |
| 2528 | 358333,998 | 4707634,748 | 908,036 | |
| 2529 | 358334,267 | 4707633,929 | 908,111 | |
| 2530 | 358334,433 | 4707633,220 | 908,431 | |
| 2531 | 358335,376 | 4707631,787 | 910,123 | |
| 2532 | 358339,175 | 4707640,712 | 908,961 | Estación 21 |
| 2538 | 358339,175 | 4707640,712 | 908,946 | E21 – E20 |
| 2537 | 358285,322 | 4707649,414 | 901,451 | Estación 23 |
| 2540 | 358337,196 | 4707633,629 | 909,151 | |
| 2541 | 358337,095 | 4707634,478 | 908,413 | |
| 2542 | 358336,892 | 4707634,963 | 908,268 | |
| 2543 | 358336,672 | 4707635,886 | 908,287 | |
| 2544 | 358336,341 | 4707636,810 | 908,279 | |
| 2545 | 358336,035 | 4707637,770 | 908,264 | |
| 2546 | 358335,674 | 4707638,704 | 908,245 | |
| 2547 | 358335,306 | 4707639,535 | 908,275 | |
| 2548 | 358334,889 | 4707640,470 | 908,382 | |
| 2549 | 358334,275 | 4707641,736 | 908,391 | |
| 2550 | 358334,083 | 4707642,281 | 908,535 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 2551 | 358333,735 | 4707643,058 | 909,111 | |
| 2552 | 358336,512 | 4707643,823 | 909,493 | |
| 2553 | 358336,974 | 4707643,079 | 908,650 | |
| 2554 | 358337,275 | 4707642,228 | 908,622 | |
| 2555 | 358337,594 | 4707641,299 | 908,650 | |
| 2556 | 358337,978 | 4707640,331 | 908,656 | |
| 2557 | 358338,339 | 4707639,384 | 908,611 | |
| 2558 | 358338,693 | 4707638,448 | 908,559 | |
| 2559 | 358339,085 | 4707637,521 | 908,490 | |
| 2560 | 358339,485 | 4707636,606 | 908,475 | |
| 2561 | 358339,803 | 4707635,829 | 908,463 | |
| 2562 | 358340,031 | 4707635,133 | 909,279 | |
| 2563 | 358339,477 | 4707645,408 | 909,912 | |
| 2564 | 358339,782 | 4707644,587 | 909,087 | |
| 2565 | 358340,048 | 4707643,683 | 908,932 | |
| 2566 | 358340,341 | 4707642,648 | 908,899 | |
| 2567 | 358340,649 | 4707641,780 | 908,890 | |
| 2568 | 358341,056 | 4707640,807 | 908,843 | |
| 2569 | 358341,463 | 4707639,705 | 908,913 | |
| 2570 | 358341,775 | 4707638,975 | 908,889 | |
| 2571 | 358342,151 | 4707637,999 | 908,884 | |
| 2572 | 358342,588 | 4707637,190 | 908,899 | |
| 2573 | 358342,807 | 4707636,429 | 909,216 | |
| 2574 | 358342,979 | 4707635,932 | 909,759 | |
| 2575 | 358342,072 | 4707647,596 | 910,706 | |
| 2576 | 358342,467 | 4707646,292 | 909,498 | |
| 2577 | 358342,790 | 4707645,312 | 909,357 | |
| 2578 | 358343,123 | 4707644,393 | 909,286 | |
| 2579 | 358343,451 | 4707643,456 | 909,239 | |
| 2580 | 358343,757 | 4707642,490 | 909,231 | |
| 2581 | 358344,064 | 4707641,569 | 909,211 | |
| 2582 | 358344,437 | 4707640,653 | 909,243 | |
| 2583 | 358344,826 | 4707639,719 | 909,419 | |
| 2584 | 358345,280 | 4707638,309 | 909,456 | |
| 2585 | 358345,405 | 4707637,831 | 909,684 | |
| 2586 | 358345,762 | 4707636,806 | 910,390 | |
| 2587 | 358344,261 | 4707649,839 | 910,926 | |
| 2588 | 358344,649 | 4707648,969 | 909,900 | |
| 2589 | 358344,944 | 4707648,070 | 909,618 | |
| 2590 | 358345,266 | 4707647,121 | 909,584 | |
| 2591 | 358345,593 | 4707646,175 | 909,545 | |
| 2592 | 358345,943 | 4707645,241 | 909,527 | |
| 2593 | 358346,266 | 4707644,294 | 909,488 | |
| 2594 | 358346,593 | 4707643,357 | 909,484 | |
| 2595 | 358346,947 | 4707642,437 | 909,662 | |
| 2596 | 358347,295 | 4707641,524 | 909,922 | |
| 2597 | 358347,593 | 4707640,586 | 910,183 | |
| 2598 | 358347,924 | 4707639,663 | 910,330 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 2599 | 358348,095 | 4707639,022 | 910,326 | |
| 2600 | 358348,823 | 4707636,302 | 912,030 | |
| 2601 | 358346,870 | 4707652,047 | 910,985 | |
| 2602 | 358347,283 | 4707650,886 | 910,091 | |
| 2603 | 358347,615 | 4707649,950 | 909,936 | |
| 2604 | 358347,962 | 4707648,998 | 909,915 | |
| 2605 | 358348,335 | 4707648,032 | 909,906 | |
| 2606 | 358348,637 | 4707647,099 | 909,860 | |
| 2607 | 358348,897 | 4707646,142 | 909,791 | |
| 2608 | 358349,288 | 4707645,127 | 909,727 | |
| 2609 | 358349,515 | 4707644,278 | 909,694 | |
| 2610 | 358349,658 | 4707643,757 | 909,802 | |
| 2611 | 358349,931 | 4707642,875 | 910,761 | |
| 2612 | 358350,322 | 4707646,680 | 909,884 | |
| 2613 | 358349,860 | 4707647,668 | 909,890 | |
| 2614 | 358348,685 | 4707650,013 | 910,054 | |
| 2615 | 358348,160 | 4707650,737 | 910,010 | |
| 2616 | 358349,314 | 4707648,808 | 910,009 | |
| 2617 | 358353,732 | 4707648,956 | 910,319 | |
| 2618 | 358353,295 | 4707649,704 | 910,305 | |
| 2619 | 358352,893 | 4707650,395 | 910,311 | |
| 2620 | 358352,404 | 4707651,171 | 910,361 | |
| 2621 | 358356,845 | 4707644,749 | 914,298 | |
| 2622 | 358356,251 | 4707645,565 | 913,472 | |
| 2623 | 358356,127 | 4707645,835 | 912,653 | |
| 2624 | 358355,701 | 4707646,372 | 911,994 | |
| 2625 | 358355,162 | 4707647,036 | 911,087 | |
| 2626 | 358354,371 | 4707648,155 | 910,973 | |
| 2627 | 358354,158 | 4707648,601 | 910,805 | |
| 2628 | 358351,867 | 4707652,062 | 910,633 | |
| 2629 | 358351,528 | 4707652,798 | 910,936 | |
| 2630 | 358351,203 | 4707653,463 | 910,995 | |
| 2631 | 358350,906 | 4707654,150 | 910,994 | |
| 2632 | 358350,229 | 4707655,225 | 911,726 | |
| 2633 | 358349,959 | 4707655,948 | 912,831 | |
| 2634 | 358349,694 | 4707656,477 | 913,310 | |
| 2635 | 358349,055 | 4707657,531 | 914,173 | |
| 2636 | 358357,489 | 4707645,029 | 914,710 | |
| 2637 | 358356,966 | 4707645,986 | 913,613 | |
| 2638 | 358356,501 | 4707646,789 | 913,372 | |
| 2639 | 358355,875 | 4707647,810 | 913,348 | |
| 2640 | 358355,401 | 4707648,615 | 913,414 | |
| 2641 | 358354,919 | 4707649,460 | 913,401 | |
| 2642 | 358354,371 | 4707650,265 | 913,388 | |
| 2643 | 358353,868 | 4707651,175 | 913,337 | |
| 2644 | 358353,331 | 4707652,005 | 913,398 | |
| 2645 | 358352,828 | 4707652,841 | 913,411 | |
| 2646 | 358352,305 | 4707653,716 | 913,427 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 2647 | 358351,754 | 4707654,566 | 913,409 | |
| 2648 | 358351,011 | 4707655,795 | 913,479 | |
| 2649 | 358350,782 | 4707656,299 | 913,491 | |
| 2650 | 358350,232 | 4707657,124 | 913,682 | |
| 2651 | 358350,033 | 4707657,441 | 913,823 | |
| 2652 | 358349,559 | 4707658,171 | 914,529 | |
| 3003 | 358360,436 | 4707647,839 | 914,458 | |
| 3004 | 358360,102 | 4707648,468 | 914,219 | |
| 3005 | 358359,629 | 4707649,468 | 913,888 | |
| 3006 | 358359,465 | 4707649,813 | 913,843 | |
| 3007 | 358358,908 | 4707650,769 | 913,767 | |
| 3008 | 358358,462 | 4707651,470 | 913,824 | |
| 3009 | 358357,937 | 4707652,394 | 913,774 | |
| 3010 | 358357,435 | 4707653,270 | 913,804 | |
| 3011 | 358356,803 | 4707654,240 | 913,812 | |
| 3012 | 358356,541 | 4707654,582 | 913,803 | |
| 3013 | 358355,847 | 4707655,746 | 913,870 | |
| 3014 | 358355,264 | 4707656,662 | 913,950 | |
| 3015 | 358354,772 | 4707657,453 | 913,984 | |
| 3016 | 358354,449 | 4707657,950 | 914,115 | |
| 3017 | 358353,705 | 4707659,388 | 915,355 | |
| 3018 | 358365,263 | 4707660,320 | 914,683 | Estación 22 |
| 3019 | 358349,743 | 4707647,573 | 909,931 | Disipador |
| 3021 | 358339,175 | 4707640,712 | 908,800 | E22 - E21 |
| 3022 | 358363,518 | 4707649,710 | 915,430 | |
| 3023 | 358363,063 | 4707650,911 | 914,698 | |
| 3024 | 358362,646 | 4707651,452 | 914,391 | |
| 3025 | 358362,197 | 4707652,235 | 914,163 | |
| 3026 | 358361,678 | 4707653,269 | 914,095 | |
| 3027 | 358361,130 | 4707654,263 | 914,075 | |
| 3028 | 358360,704 | 4707655,028 | 914,078 | |
| 3029 | 358360,252 | 4707655,823 | 914,055 | |
| 3030 | 358359,665 | 4707656,916 | 914,095 | |
| 3031 | 358359,247 | 4707657,559 | 914,116 | |
| 3032 | 358358,693 | 4707658,476 | 914,152 | |
| 3033 | 358358,210 | 4707659,274 | 914,195 | |
| 3034 | 358357,480 | 4707660,278 | 914,445 | |
| 3035 | 358357,079 | 4707660,892 | 915,106 | |
| 3036 | 358366,024 | 4707653,999 | 915,423 | |
| 3037 | 358365,610 | 4707654,618 | 914,605 | |
| 3038 | 358365,067 | 4707655,415 | 914,496 | |
| 3039 | 358364,570 | 4707656,263 | 914,459 | |
| 3040 | 358363,976 | 4707657,118 | 914,472 | |
| 3041 | 358363,484 | 4707657,993 | 914,497 | |
| 3042 | 358363,047 | 4707658,813 | 914,458 | |
| 3043 | 358362,549 | 4707659,671 | 914,461 | |
| 3044 | 358361,983 | 4707660,557 | 914,459 | |
| 3045 | 358361,452 | 4707661,430 | 914,449 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 3046 | 358360,923 | 4707662,221 | 914,477 | |
| 3047 | 358360,405 | 4707663,083 | 914,562 | |
| 3048 | 358359,705 | 4707664,202 | 914,714 | |
| 3049 | 358359,065 | 4707665,071 | 915,363 | |
| 3050 | 358369,152 | 4707656,098 | 915,960 | |
| 3051 | 358369,006 | 4707656,709 | 915,078 | |
| 3052 | 358368,495 | 4707657,543 | 915,005 | |
| 3053 | 358367,980 | 4707658,392 | 914,888 | |
| 3054 | 358367,450 | 4707659,232 | 914,829 | |
| 3055 | 358366,943 | 4707660,127 | 914,751 | |
| 3056 | 358366,406 | 4707660,993 | 914,674 | |
| 3057 | 358365,930 | 4707661,892 | 914,716 | |
| 3058 | 358365,445 | 4707662,777 | 914,766 | |
| 3059 | 358364,890 | 4707663,588 | 914,810 | |
| 3060 | 358364,371 | 4707664,458 | 914,858 | |
| 3061 | 358363,871 | 4707665,285 | 914,857 | |
| 3062 | 358363,309 | 4707666,175 | 914,906 | |
| 3063 | 358362,820 | 4707666,982 | 914,939 | |
| 3064 | 358361,936 | 4707667,988 | 915,143 | |
| 3065 | 358361,554 | 4707668,558 | 916,008 | |
| 3066 | 358368,387 | 4707664,225 | 914,973 | |
| 3067 | 358369,302 | 4707665,125 | 916,077 | |
| 3068 | 358368,706 | 4707665,763 | 915,302 | |
| 3069 | 358368,138 | 4707666,552 | 915,208 | |
| 3070 | 358367,541 | 4707667,361 | 915,241 | |
| 3071 | 358366,944 | 4707668,134 | 915,258 | |
| 3072 | 358366,331 | 4707668,932 | 915,371 | |
| 3073 | 358365,763 | 4707669,649 | 915,838 | |
| 3074 | 358365,136 | 4707670,756 | 916,349 | |
| 3075 | 358369,421 | 4707671,991 | 917,328 | |
| 3076 | 358369,990 | 4707671,125 | 915,688 | |
| 3077 | 358370,467 | 4707670,490 | 915,404 | |
| 3078 | 358370,972 | 4707669,589 | 915,276 | |
| 3079 | 358371,444 | 4707668,733 | 915,207 | |
| 3080 | 358371,910 | 4707667,862 | 915,166 | |
| 3081 | 358372,344 | 4707666,898 | 915,048 | |
| 3082 | 358372,659 | 4707666,103 | 914,996 | |
| 3083 | 358374,665 | 4707670,689 | 915,068 | |
| 3084 | 358376,454 | 4707667,376 | 915,609 | |
| 3085 | 358376,472 | 4707667,328 | 917,225 | |
| 3086 | 358373,960 | 4707654,448 | 916,355 | |
| 3087 | 358372,877 | 4707657,333 | 915,897 | |
| 3088 | 358372,661 | 4707658,160 | 915,732 | |
| 3089 | 358372,286 | 4707659,076 | 915,738 | |
| 3090 | 358371,922 | 4707660,016 | 915,809 | |
| 3091 | 358371,471 | 4707660,931 | 916,074 | |
| 3092 | 358371,008 | 4707661,784 | 916,855 | |
| 3093 | 358370,496 | 4707662,652 | 916,277 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 3094 | 358370,082 | 4707663,518 | 916,540 | |
| 3095 | 358369,796 | 4707664,008 | 916,538 | |
| 3096 | 358374,369 | 4707664,402 | 916,777 | |
| 3097 | 358374,775 | 4707663,330 | 915,717 | |
| 3098 | 358375,068 | 4707662,480 | 915,585 | |
| 3099 | 358375,456 | 4707661,576 | 915,626 | |
| 3100 | 358375,893 | 4707660,675 | 915,706 | |
| 3101 | 358376,296 | 4707659,773 | 915,744 | |
| 3102 | 358376,591 | 4707658,899 | 915,787 | |
| 3103 | 358376,797 | 4707658,150 | 915,932 | |
| 3104 | 358377,707 | 4707656,540 | 917,187 | |
| 3105 | 358381,168 | 4707658,406 | 917,541 | |
| 3106 | 358380,542 | 4707659,911 | 916,347 | |
| 3107 | 358380,286 | 4707660,921 | 916,272 | |
| 3108 | 358379,851 | 4707661,845 | 916,225 | |
| 3109 | 358379,343 | 4707662,667 | 916,202 | |
| 3110 | 358379,015 | 4707663,747 | 916,259 | |
| 3111 | 358378,551 | 4707664,991 | 917,237 | |
| 3112 | 358383,055 | 4707663,665 | 917,425 | |
| 3113 | 358383,327 | 4707663,124 | 917,152 | |
| 3114 | 358383,516 | 4707662,324 | 916,949 | |
| 3115 | 358383,958 | 4707661,456 | 916,853 | |
| 3116 | 358384,358 | 4707660,671 | 916,885 | |
| 3117 | 358384,763 | 4707659,694 | 917,017 | |
| 3118 | 358385,198 | 4707658,439 | 917,147 | |
| 3119 | 358385,410 | 4707657,617 | 918,333 | |
| 3120 | 358389,565 | 4707659,699 | 917,536 | |
| 3121 | 358388,995 | 4707658,529 | 917,469 | |
| 5001 | 358296,438 | 4707624,429 | 902,026 | E23 - E20 |
| 5002 | 358304,791 | 4707659,926 | 905,368 | |
| 5003 | 358304,795 | 4707659,911 | 906,427 | |
| 5004 | 358304,333 | 4707660,763 | 905,651 | |
| 5005 | 358303,717 | 4707661,523 | 905,117 | |
| 5006 | 358303,313 | 4707662,213 | 904,637 | |
| 5007 | 358302,913 | 4707663,085 | 904,345 | |
| 5008 | 358302,276 | 4707663,866 | 904,142 | |
| 5009 | 358301,733 | 4707664,717 | 904,159 | |
| 5010 | 358301,244 | 4707665,537 | 903,923 | |
| 5011 | 358300,727 | 4707666,420 | 904,103 | |
| 5012 | 358300,291 | 4707667,196 | 904,617 | |
| 5013 | 358299,765 | 4707667,882 | 904,996 | |
| 5014 | 358299,934 | 4707668,037 | 905,617 | |
| 5015 | 358299,508 | 4707668,868 | 905,731 | |
| 5016 | 358299,222 | 4707669,060 | 906,441 | |
| 5017 | 358305,562 | 4707660,504 | 906,599 | |
| 5018 | 358305,089 | 4707661,157 | 905,930 | |
| 5019 | 358304,590 | 4707661,910 | 905,730 | |
| 5020 | 358304,047 | 4707662,793 | 905,731 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 5021 | 358303,536 | 4707663,662 | 905,730 | |
| 5022 | 358303,022 | 4707664,507 | 905,703 | |
| 5023 | 358302,605 | 4707665,369 | 905,631 | |
| 5024 | 358302,057 | 4707666,237 | 905,638 | |
| 5025 | 358301,539 | 4707667,057 | 905,697 | |
| 5026 | 358300,978 | 4707667,868 | 905,737 | |
| 5027 | 358300,512 | 4707668,732 | 905,690 | |
| 5028 | 358299,786 | 4707669,577 | 906,654 | |
| 5029 | 358308,146 | 4707661,482 | 906,915 | |
| 5030 | 358307,548 | 4707662,647 | 906,236 | |
| 5031 | 358307,279 | 4707663,165 | 906,153 | |
| 5032 | 358306,767 | 4707663,957 | 906,094 | |
| 5033 | 358306,251 | 4707664,824 | 906,076 | |
| 5034 | 358305,776 | 4707665,611 | 906,070 | |
| 5035 | 358305,295 | 4707666,330 | 906,040 | |
| 5036 | 358304,684 | 4707667,369 | 906,009 | |
| 5037 | 358304,196 | 4707668,259 | 906,007 | |
| 5038 | 358303,706 | 4707669,099 | 905,992 | |
| 5039 | 358303,191 | 4707669,971 | 905,968 | |
| 5040 | 358302,586 | 4707670,837 | 905,978 | |
| 5041 | 358302,319 | 4707671,550 | 906,023 | |
| 5042 | 358301,761 | 4707672,073 | 906,396 | |
| 5043 | 358301,547 | 4707672,382 | 906,816 | |
| 5044 | 358310,999 | 4707662,698 | 907,280 | |
| 5060 | 358311,464 | 4707661,574 | 907,008 | |
| 5061 | 358311,674 | 4707660,675 | 906,416 | |
| 5062 | 358310,686 | 4707663,192 | 906,431 | |
| 5063 | 358310,058 | 4707664,175 | 906,387 | |
| 5064 | 358309,685 | 4707664,824 | 906,387 | |
| 5065 | 358309,178 | 4707665,700 | 906,362 | |
| 5066 | 358308,645 | 4707666,524 | 906,348 | |
| 5067 | 358308,223 | 4707667,461 | 906,272 | |
| 5068 | 358307,718 | 4707668,313 | 906,241 | |
| 5069 | 358307,213 | 4707669,215 | 906,225 | |
| 5070 | 358306,642 | 4707670,139 | 906,208 | |
| 5071 | 358306,144 | 4707670,921 | 906,262 | |
| 5072 | 358305,647 | 4707671,695 | 906,185 | |
| 5073 | 358305,112 | 4707672,565 | 906,183 | |
| 5074 | 358304,551 | 4707673,428 | 906,188 | |
| 5075 | 358304,188 | 4707674,006 | 906,535 | |
| 5076 | 358303,577 | 4707674,626 | 907,135 | |
| 5077 | 358307,032 | 4707671,561 | 906,356 | |
| 5078 | 358307,460 | 4707675,327 | 906,677 | |
| 5079 | 358248,524 | 4707631,043 | 897,548 | Estación 25 |
| 5080 | 358316,760 | 4707668,080 | 906,881 | Estación 24 |
| 5105 | 358285,322 | 4707649,414 | 901,338 | E24 – E23 |
| 5106 | 358314,148 | 4707662,890 | 907,250 | |
| 5107 | 358313,634 | 4707663,807 | 906,686 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 5108 | 358313,219 | 4707664,536 | 906,614 | |
| 5109 | 358312,740 | 4707665,345 | 906,614 | |
| 5110 | 358312,254 | 4707666,240 | 906,594 | |
| 5111 | 358311,726 | 4707667,120 | 906,559 | |
| 5112 | 358311,230 | 4707667,980 | 906,544 | |
| 5113 | 358310,751 | 4707668,844 | 906,460 | |
| 5114 | 358310,065 | 4707669,917 | 906,465 | |
| 5115 | 358309,874 | 4707670,870 | 907,064 | |
| 5116 | 358316,932 | 4707663,935 | 907,397 | |
| 5117 | 358317,398 | 4707663,139 | 907,741 | |
| 5118 | 358316,562 | 4707664,607 | 906,974 | |
| 5119 | 358316,119 | 4707665,341 | 906,835 | |
| 5120 | 358315,586 | 4707666,220 | 906,817 | |
| 5121 | 358315,128 | 4707667,085 | 906,771 | |
| 5122 | 358314,612 | 4707667,995 | 906,727 | |
| 5123 | 358314,092 | 4707668,907 | 906,708 | |
| 5124 | 358313,612 | 4707669,754 | 906,808 | |
| 5125 | 358313,388 | 4707670,140 | 907,040 | |
| 5126 | 358313,102 | 4707670,906 | 907,560 | |
| 5127 | 358320,674 | 4707663,572 | 907,808 | |
| 5128 | 358320,314 | 4707664,427 | 907,109 | |
| 5129 | 358319,894 | 4707665,303 | 907,093 | |
| 5130 | 358319,351 | 4707666,194 | 907,075 | |
| 5131 | 358318,867 | 4707666,993 | 907,038 | |
| 5132 | 358318,347 | 4707667,833 | 906,980 | |
| 5133 | 358317,825 | 4707668,703 | 906,936 | |
| 5134 | 358317,302 | 4707669,597 | 906,897 | |
| 5135 | 358316,848 | 4707670,395 | 907,114 | |
| 5136 | 358316,291 | 4707671,368 | 907,736 | |
| 5137 | 358323,506 | 4707665,311 | 908,110 | |
| 5138 | 358323,125 | 4707665,742 | 907,386 | |
| 5139 | 358322,624 | 4707666,459 | 907,278 | |
| 5140 | 358322,092 | 4707667,293 | 907,240 | |
| 5141 | 358321,555 | 4707668,154 | 907,202 | |
| 5142 | 358321,050 | 4707669,014 | 907,163 | |
| 5143 | 358320,549 | 4707669,877 | 907,213 | |
| 5144 | 358320,008 | 4707670,815 | 907,763 | |
| 5145 | 358326,451 | 4707665,898 | 908,580 | |
| 5146 | 358325,890 | 4707666,772 | 907,696 | |
| 5147 | 358325,349 | 4707667,573 | 907,548 | |
| 5148 | 358324,873 | 4707668,409 | 907,483 | |
| 5149 | 358324,370 | 4707669,252 | 907,424 | |
| 5150 | 358323,879 | 4707670,009 | 907,687 | |
| 5151 | 358323,394 | 4707670,779 | 908,338 | |
| 5152 | 358329,952 | 4707665,769 | 908,992 | |
| 5153 | 358329,523 | 4707666,496 | 908,214 | |
| 5154 | 358329,100 | 4707667,175 | 908,049 | |
| 5155 | 358328,532 | 4707667,996 | 907,961 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 5156 | 358328,020 | 4707668,838 | 907,849 | |
| 5157 | 358327,574 | 4707669,713 | 907,890 | |
| 5158 | 358327,050 | 4707670,543 | 907,820 | |
| 5159 | 358326,827 | 4707670,835 | 907,904 | |
| 5160 | 358326,455 | 4707671,563 | 908,684 | |
| 5161 | 358332,304 | 4707667,521 | 909,084 | |
| 5162 | 358331,917 | 4707668,293 | 908,456 | |
| 5163 | 358331,540 | 4707669,042 | 908,333 | |
| 5164 | 358330,985 | 4707669,847 | 908,281 | |
| 5165 | 358330,985 | 4707669,847 | 908,281 | |
| 5166 | 358330,420 | 4707670,725 | 908,297 | |
| 5167 | 358329,841 | 4707671,651 | 908,386 | |
| 5168 | 358329,291 | 4707672,386 | 908,404 | |
| 5169 | 358328,802 | 4707673,204 | 908,512 | |
| 5170 | 358328,529 | 4707673,663 | 908,657 | |
| 5171 | 358328,222 | 4707674,126 | 909,108 | |
| 5172 | 358336,246 | 4707666,827 | 909,656 | |
| 5173 | 358335,921 | 4707667,464 | 909,165 | |
| 5174 | 358335,386 | 4707668,236 | 909,071 | |
| 5175 | 358334,854 | 4707669,090 | 908,988 | |
| 5176 | 358334,344 | 4707669,923 | 908,910 | |
| 5177 | 358333,780 | 4707670,746 | 908,774 | |
| 5178 | 358333,260 | 4707671,577 | 908,579 | |
| 5179 | 358332,706 | 4707672,438 | 908,560 | |
| 5180 | 358332,120 | 4707673,108 | 908,650 | |
| 5181 | 358331,675 | 4707674,061 | 908,683 | |
| 5182 | 358331,133 | 4707674,939 | 908,746 | |
| 5183 | 358332,717 | 4707672,396 | 908,569 | |
| 5184 | 358339,308 | 4707666,927 | 910,180 | |
| 5185 | 358339,021 | 4707667,488 | 909,655 | |
| 5186 | 358338,627 | 4707668,267 | 909,399 | |
| 5187 | 358338,162 | 4707669,176 | 909,407 | |
| 5188 | 358337,711 | 4707670,066 | 909,496 | |
| 5189 | 358337,338 | 4707670,795 | 909,500 | |
| 5190 | 358337,093 | 4707671,369 | 909,977 | |
| 5191 | 358340,807 | 4707670,184 | 909,808 | |
| 5192 | 358339,495 | 4707671,600 | 909,926 | |
| 5193 | 358330,809 | 4707675,471 | 909,809 | |
| 5194 | 358330,809 | 4707675,471 | 908,807 | |
| 5195 | 358329,134 | 4707676,748 | 909,092 | |
| 5196 | 358331,637 | 4707678,605 | 909,183 | |
| 5197 | 358328,100 | 4707680,072 | 911,795 | |
| 5500 | 358285,322 | 4707649,414 | 901,369 | E25 - E23 |
| 5502 | 358228,760 | 4707709,937 | 897,984 | Estación 26 |
| 5600 | 358248,524 | 4707631,043 | 897,535 | E26 - E25 |
| 5601 | 358283,753 | 4707726,445 | 908,392 | Estación 27 |
| 5651 | 358228,760 | 4707709,937 | 897,931 | E27 - E26 |
| 5652 | 358289,479 | 4707730,988 | 909,458 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 5653 | 358288,870 | 4707731,797 | 908,653 | |
| 5654 | 358288,148 | 4707732,405 | 908,012 | |
| 5655 | 358287,477 | 4707733,142 | 907,623 | |
| 5656 | 358286,906 | 4707733,723 | 907,306 | |
| 5657 | 358286,058 | 4707734,324 | 906,656 | |
| 5658 | 358285,541 | 4707734,922 | 906,152 | |
| 5659 | 358285,029 | 4707735,508 | 906,111 | |
| 5660 | 358284,566 | 4707736,041 | 906,192 | |
| 5661 | 358283,836 | 4707736,915 | 906,885 | |
| 5662 | 358283,498 | 4707737,581 | 907,523 | |
| 5663 | 358283,310 | 4707738,120 | 908,341 | |
| 5664 | 358281,926 | 4707739,478 | 909,654 | |
| 5665 | 358290,456 | 4707731,137 | 909,771 | |
| 5666 | 358289,823 | 4707731,945 | 908,815 | |
| 5667 | 358289,235 | 4707732,641 | 908,369 | |
| 5668 | 358288,603 | 4707733,429 | 908,319 | |
| 5669 | 358287,957 | 4707734,215 | 908,326 | |
| 5670 | 358287,332 | 4707734,983 | 908,307 | |
| 5671 | 358286,769 | 4707735,543 | 908,267 | |
| 5672 | 358285,966 | 4707736,393 | 908,231 | |
| 5673 | 358285,257 | 4707737,132 | 908,241 | |
| 5674 | 358284,704 | 4707737,794 | 908,317 | |
| 5675 | 358284,212 | 4707738,317 | 908,397 | |
| 5676 | 358283,329 | 4707739,129 | 908,872 | |
| 5677 | 358281,972 | 4707740,488 | 910,519 | |
| 5678 | 358293,274 | 4707731,729 | 910,145 | |
| 5679 | 358292,597 | 4707732,704 | 909,304 | |
| 5680 | 358291,905 | 4707733,500 | 908,917 | |
| 5681 | 358291,202 | 4707734,243 | 908,801 | |
| 5682 | 358290,605 | 4707734,943 | 908,515 | |
| 5683 | 358289,957 | 4707735,675 | 908,452 | |
| 5684 | 358289,304 | 4707736,413 | 908,437 | |
| 5685 | 358288,462 | 4707737,281 | 908,446 | |
| 5686 | 358287,984 | 4707737,876 | 908,418 | |
| 5687 | 358286,806 | 4707739,076 | 908,445 | |
| 5688 | 358286,173 | 4707739,771 | 909,084 | |
| 5689 | 358285,411 | 4707740,428 | 909,503 | |
| 5690 | 358284,923 | 4707740,830 | 909,905 | |
| 5691 | 358293,026 | 4707736,219 | 909,401 | |
| 5692 | 358292,418 | 4707736,698 | 908,826 | |
| 5693 | 358291,794 | 4707737,447 | 908,641 | |
| 5694 | 358291,201 | 4707738,125 | 908,650 | |
| 5695 | 358290,456 | 4707738,954 | 908,639 | |
| 5696 | 358289,901 | 4707739,499 | 908,654 | |
| 5697 | 358289,064 | 4707740,378 | 908,621 | |
| 5698 | 358288,457 | 4707740,978 | 908,712 | |
| 5699 | 358287,436 | 4707742,013 | 909,340 | |
| 5700 | 358286,769 | 4707742,595 | 910,333 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 5701 | 358294,378 | 4707738,494 | 910,351 | |
| 5702 | 358293,268 | 4707739,601 | 908,968 | |
| 5703 | 358292,586 | 4707740,255 | 908,840 | |
| 5704 | 358291,861 | 4707740,983 | 908,859 | |
| 5705 | 358291,178 | 4707741,724 | 908,828 | |
| 5706 | 358290,521 | 4707742,444 | 908,763 | |
| 5707 | 358289,905 | 4707743,034 | 908,851 | |
| 5708 | 358289,246 | 4707743,519 | 909,674 | |
| 5709 | 358295,719 | 4707740,534 | 910,512 | |
| 5710 | 358294,811 | 4707741,582 | 909,161 | |
| 5711 | 358294,314 | 4707742,070 | 909,034 | |
| 5712 | 358293,934 | 4707742,422 | 908,988 | |
| 5713 | 358292,922 | 4707743,437 | 908,994 | |
| 5714 | 358292,205 | 4707744,135 | 908,945 | |
| 5715 | 358291,546 | 4707744,799 | 909,099 | |
| 5716 | 358290,840 | 4707745,465 | 909,637 | |
| 5717 | 358290,295 | 4707745,893 | 910,226 | |
| 5718 | 358296,886 | 4707742,949 | 910,368 | |
| 5719 | 358296,043 | 4707743,827 | 909,446 | |
| 5720 | 358295,396 | 4707744,502 | 909,180 | |
| 5721 | 358294,455 | 4707745,357 | 909,136 | |
| 5722 | 358293,741 | 4707746,014 | 909,212 | |
| 5723 | 358293,206 | 4707746,566 | 909,348 | |
| 5724 | 358292,381 | 4707747,360 | 909,708 | |
| 5725 | 358291,999 | 4707747,656 | 909,993 | |
| 5726 | 358291,077 | 4707748,347 | 910,952 | |
| 5727 | 358299,320 | 4707744,278 | 911,553 | |
| 5728 | 358297,833 | 4707745,694 | 909,717 | |
| 5729 | 358297,109 | 4707746,300 | 909,518 | |
| 5730 | 358295,681 | 4707747,617 | 909,355 | |
| 5731 | 358294,924 | 4707748,369 | 909,496 | |
| 5732 | 358294,162 | 4707748,855 | 909,733 | |
| 5733 | 358293,513 | 4707749,460 | 910,077 | |
| 5734 | 358293,172 | 4707749,729 | 910,612 | |
| 5735 | 358299,348 | 4707747,644 | 910,804 | |
| 5736 | 358298,518 | 4707748,486 | 910,106 | |
| 5737 | 358298,157 | 4707748,744 | 909,638 | |
| 5738 | 358296,948 | 4707749,904 | 909,489 | |
| 5739 | 358296,213 | 4707750,456 | 909,492 | |
| 5740 | 358295,777 | 4707750,789 | 909,669 | |
| 5741 | 358295,165 | 4707751,194 | 910,408 | |
| 5742 | 358300,031 | 4707750,626 | 910,536 | |
| 5743 | 358299,637 | 4707751,052 | 910,034 | |
| 5744 | 358298,286 | 4707752,112 | 909,667 | |
| 5745 | 358297,778 | 4707752,534 | 909,784 | |
| 5746 | 358296,836 | 4707753,089 | 910,116 | |
| 5747 | 358296,206 | 4707753,462 | 910,835 | |
| 5748 | 358299,331 | 4707754,138 | 909,868 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 5749 | 358298,211 | 4707754,853 | 909,960 | |
| 5752 | 358301,486 | 4707758,236 | 910,136 | Estación 28 |
| 5753 | 358283,753 | 4707726,445 | 908,344 | E28 - E27 |
| 5754 | 358313,755 | 4707761,447 | 911,361 | Estación 29 |
| 5755 | 358301,486 | 4707758,236 | 910,086 | E29 - E28 |
| 5756 | 358322,779 | 4707765,496 | 916,853 | |
| 5757 | 358321,468 | 4707765,696 | 915,649 | |
| 5758 | 358321,104 | 4707765,687 | 915,382 | |
| 5759 | 358320,386 | 4707765,566 | 914,720 | |
| 5760 | 358319,757 | 4707765,354 | 914,047 | |
| 5761 | 358318,963 | 4707765,304 | 913,552 | |
| 5762 | 358317,930 | 4707765,329 | 912,970 | |
| 5763 | 358317,253 | 4707765,375 | 912,705 | |
| 5764 | 358316,349 | 4707765,405 | 912,972 | |
| 5765 | 358315,449 | 4707765,570 | 913,207 | |
| 5766 | 358314,790 | 4707765,830 | 913,810 | |
| 5767 | 358314,102 | 4707765,977 | 914,780 | |
| 5768 | 358313,600 | 4707766,301 | 915,581 | |
| 5769 | 358312,557 | 4707766,735 | 916,368 | |
| 5770 | 358312,580 | 4707767,018 | 916,423 | |
| 5771 | 358313,616 | 4707766,955 | 915,904 | |
| 5772 | 358314,443 | 4707766,931 | 915,662 | |
| 5773 | 358315,477 | 4707766,877 | 915,611 | |
| 5774 | 358316,835 | 4707766,708 | 915,440 | |
| 5775 | 358317,442 | 4707766,653 | 915,506 | |
| 5776 | 358318,406 | 4707766,633 | 915,641 | |
| 5777 | 358319,380 | 4707766,620 | 915,716 | |
| 5778 | 358320,403 | 4707766,521 | 915,754 | |
| 5779 | 358321,200 | 4707766,436 | 915,824 | |
| 5780 | 358322,319 | 4707766,237 | 916,592 | |
| 5781 | 358313,511 | 4707769,611 | 916,838 | |
| 5782 | 358314,379 | 4707769,440 | 916,304 | |
| 5783 | 358315,298 | 4707769,240 | 915,965 | |
| 5784 | 358316,391 | 4707769,267 | 915,921 | |
| 5785 | 358317,296 | 4707769,195 | 915,945 | |
| 5786 | 358318,292 | 4707769,140 | 916,038 | |
| 5787 | 358319,183 | 4707769,036 | 916,136 | |
| 5788 | 358320,222 | 4707768,933 | 916,223 | |
| 5789 | 358321,243 | 4707768,872 | 916,303 | |
| 5790 | 358323,198 | 4707768,600 | 916,693 | |
| 5791 | 358323,532 | 4707768,555 | 916,875 | |
| 5792 | 358324,213 | 4707768,502 | 917,638 | |
| 5793 | 358315,646 | 4707771,874 | 917,256 | |
| 5794 | 358317,069 | 4707771,574 | 916,535 | |
| 5795 | 358318,058 | 4707771,407 | 916,435 | |
| 5796 | 358319,967 | 4707771,218 | 916,494 | |
| 5797 | 358321,907 | 4707771,046 | 916,663 | |
| 5798 | 358322,910 | 4707770,948 | 916,845 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 5799 | 358323,841 | 4707770,819 | 917,396 | |
| 5800 | 358325,410 | 4707770,604 | 918,115 | |
| 5801 | 358320,749 | 4707772,777 | 917,589 | Estación 30 |
| 5802 | 358316,909 | 4707754,725 | 916,188 | |
| 5803 | 358317,297 | 4707755,308 | 915,623 | |
| 5804 | 358317,571 | 4707755,871 | 914,696 | |
| 5805 | 358317,856 | 4707756,675 | 914,285 | |
| 5806 | 358318,200 | 4707757,325 | 913,444 | |
| 5807 | 358318,898 | 4707758,406 | 912,893 | |
| 5808 | 358319,181 | 4707758,853 | 912,830 | |
| 5809 | 358319,734 | 4707759,611 | 912,890 | |
| 5810 | 358320,177 | 4707760,432 | 912,991 | |
| 5811 | 358320,733 | 4707761,138 | 913,410 | |
| 5812 | 358321,020 | 4707761,652 | 914,037 | |
| 5813 | 358321,518 | 4707762,049 | 914,939 | |
| 5814 | 358322,093 | 4707762,622 | 915,754 | |
| 5815 | 358322,645 | 4707763,416 | 916,470 | |
| 5816 | 358317,273 | 4707753,974 | 916,787 | |
| 5817 | 358317,848 | 4707754,767 | 916,016 | |
| 5818 | 358318,360 | 4707755,469 | 915,807 | |
| 5819 | 358318,938 | 4707756,307 | 915,783 | |
| 5820 | 358319,520 | 4707757,059 | 915,759 | |
| 5821 | 358320,129 | 4707757,913 | 915,596 | |
| 5822 | 358320,623 | 4707758,682 | 915,596 | |
| 5823 | 358321,124 | 4707759,547 | 915,689 | |
| 5824 | 358321,611 | 4707760,440 | 915,714 | |
| 5825 | 358322,021 | 4707761,301 | 915,805 | |
| 5826 | 358322,492 | 4707762,106 | 915,941 | |
| 5827 | 358322,890 | 4707762,702 | 916,214 | |
| 5828 | 358323,186 | 4707763,497 | 916,890 | |
| 5829 | 358319,420 | 4707752,841 | 917,316 | |
| 5830 | 358320,007 | 4707753,528 | 916,388 | |
| 5831 | 358320,528 | 4707754,351 | 916,208 | |
| 5832 | 358321,100 | 4707755,154 | 916,160 | |
| 5833 | 358322,138 | 4707756,835 | 916,118 | |
| 5834 | 358322,637 | 4707757,762 | 916,089 | |
| 5835 | 358323,075 | 4707758,517 | 916,058 | |
| 5836 | 358323,590 | 4707759,377 | 916,155 | |
| 5837 | 358324,122 | 4707760,228 | 916,240 | |
| 5838 | 358324,592 | 4707761,101 | 916,365 | |
| 5839 | 358325,122 | 4707761,976 | 916,589 | |
| 5840 | 358325,477 | 4707762,849 | 916,861 | |
| 5841 | 358325,823 | 4707763,429 | 917,110 | |
| 5842 | 358326,294 | 4707764,397 | 918,224 | |
| 5843 | 358324,885 | 4707755,217 | 916,559 | Estación 31 |
| 5902 | 358313,755 | 4707761,447 | 911,276 | E31 – E29 |
| 5904 | 358321,679 | 4707751,724 | 917,381 | |
| 5905 | 358322,176 | 4707752,487 | 916,638 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 5906 | 358322,702 | 4707753,250 | 916,556 | |
| 5907 | 358323,220 | 4707754,192 | 916,485 | |
| 5908 | 358323,738 | 4707754,974 | 916,444 | |
| 5909 | 358324,222 | 4707755,818 | 916,435 | |
| 5910 | 358324,738 | 4707756,688 | 916,406 | |
| 5911 | 358325,237 | 4707757,550 | 916,387 | |
| 5912 | 358325,667 | 4707758,454 | 916,433 | |
| 5913 | 358326,185 | 4707759,215 | 916,645 | |
| 5914 | 358326,527 | 4707759,996 | 916,948 | |
| 5915 | 358326,974 | 4707760,712 | 917,374 | |
| 5916 | 358328,323 | 4707758,340 | 917,883 | |
| 5917 | 358327,806 | 4707757,734 | 917,003 | |
| 5918 | 358327,511 | 4707756,904 | 916,707 | |
| 5919 | 358327,136 | 4707756,125 | 916,710 | |
| 5920 | 358326,694 | 4707755,322 | 916,753 | |
| 5921 | 358326,211 | 4707754,392 | 916,767 | |
| 5922 | 358325,741 | 4707753,527 | 916,788 | |
| 5923 | 358325,281 | 4707752,610 | 916,847 | |
| 5924 | 358324,825 | 4707751,707 | 916,927 | |
| 5925 | 358324,256 | 4707750,782 | 917,592 | |
| 5926 | 358326,567 | 4707749,716 | 918,107 | |
| 5927 | 358326,861 | 4707750,433 | 917,351 | |
| 5928 | 358327,420 | 4707751,235 | 917,230 | |
| 5929 | 358327,870 | 4707752,054 | 917,131 | |
| 5930 | 358328,305 | 4707752,857 | 917,166 | |
| 5931 | 358328,713 | 4707753,831 | 917,104 | |
| 5932 | 358329,102 | 4707754,747 | 917,114 | |
| 5933 | 358329,579 | 4707755,650 | 917,221 | |
| 5934 | 358330,257 | 4707756,736 | 917,582 | |
| 5935 | 358330,774 | 4707757,366 | 918,311 | |
| 5936 | 358328,267 | 4707748,412 | 918,428 | |
| 5937 | 358328,838 | 4707748,982 | 917,725 | |
| 5938 | 358329,327 | 4707749,861 | 917,536 | |
| 5939 | 358329,824 | 4707750,649 | 917,514 | |
| 5940 | 358330,343 | 4707751,504 | 917,488 | |
| 5941 | 358330,789 | 4707752,370 | 917,468 | |
| 5942 | 358331,223 | 4707753,203 | 917,435 | |
| 5943 | 358331,625 | 4707754,095 | 917,519 | |
| 5944 | 358331,993 | 4707755,287 | 918,270 | |
| 5945 | 358330,965 | 4707746,972 | 918,819 | |
| 5946 | 358331,306 | 4707748,396 | 917,990 | |
| 5947 | 358331,609 | 4707749,213 | 917,845 | |
| 5948 | 358331,949 | 4707749,797 | 917,810 | |
| 5949 | 358332,569 | 4707750,913 | 917,861 | |
| 5950 | 358333,039 | 4707751,850 | 917,879 | |
| 5951 | 358333,460 | 4707752,703 | 917,951 | |
| 5952 | 358333,746 | 4707753,471 | 918,189 | |
| 5953 | 358334,370 | 4707754,289 | 918,854 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 5954 | 358334,576 | 4707754,884 | 919,291 | |
| 5955 | 358333,720 | 4707746,965 | 919,388 | |
| 5956 | 358333,902 | 4707748,304 | 918,385 | |
| 5957 | 358334,291 | 4707749,220 | 918,159 | |
| 5958 | 358334,833 | 4707749,997 | 918,257 | |
| 5959 | 358335,287 | 4707750,658 | 918,383 | |
| 5960 | 358335,917 | 4707751,801 | 918,533 | |
| 5961 | 358336,447 | 4707752,789 | 918,961 | |
| 5962 | 358336,640 | 4707753,392 | 919,285 | |
| 5963 | 358336,998 | 4707754,198 | 919,784 | |
| 5964 | 358337,114 | 4707748,453 | 919,751 | |
| 5965 | 358337,391 | 4707749,595 | 919,095 | |
| 5966 | 358337,894 | 4707750,438 | 918,982 | |
| 5967 | 358338,230 | 4707751,093 | 919,017 | |
| 5968 | 358338,627 | 4707751,783 | 919,075 | |
| 5969 | 358339,109 | 4707752,639 | 919,311 | |
| 5970 | 358339,436 | 4707753,739 | 919,681 | |
| 5971 | 358339,650 | 4707754,577 | 920,035 | |
| 5972 | 358340,330 | 4707751,328 | 919,262 | |
| 5973 | 358340,310 | 4707750,182 | 919,266 | |
| 5978 | 358313,755 | 4707761,447 | 911,259 | E30 - E29 |
| 5982 | 358324,885 | 4707755,217 | 916,529 | E30 - E31 |
| 6000 | 358319,050 | 4707773,950 | 917,243 | |
| 6001 | 358319,397 | 4707773,898 | 916,891 | |
| 6002 | 358320,327 | 4707773,666 | 916,821 | |
| 6003 | 358322,269 | 4707773,276 | 916,959 | |
| 6004 | 358323,151 | 4707772,970 | 917,078 | |
| 6005 | 358324,065 | 4707772,702 | 917,219 | |
| 6006 | 358324,967 | 4707772,377 | 917,443 | |
| 6007 | 358325,849 | 4707772,133 | 918,005 | |
| 6008 | 358326,702 | 4707771,977 | 918,557 | |
| 6009 | 358327,874 | 4707773,875 | 918,613 | |
| 6010 | 358327,176 | 4707774,281 | 917,910 | |
| 6011 | 358326,265 | 4707774,545 | 917,745 | |
| 6012 | 358325,321 | 4707774,955 | 917,618 | |
| 6013 | 358324,489 | 4707775,298 | 917,555 | |
| 6014 | 358323,852 | 4707775,498 | 917,512 | |
| 6015 | 358322,617 | 4707776,009 | 917,701 | |
| 6016 | 358322,062 | 4707776,854 | 918,586 | |
| 6017 | 358324,257 | 4707778,196 | 918,719 | |
| 6018 | 358325,245 | 4707777,697 | 917,992 | |
| 6019 | 358326,134 | 4707777,300 | 917,910 | |
| 6020 | 358326,999 | 4707776,959 | 917,961 | |
| 6021 | 358327,857 | 4707776,565 | 918,016 | |
| 6022 | 358328,806 | 4707776,179 | 918,081 | |
| 6023 | 358329,067 | 4707776,028 | 918,119 | |
| 6024 | 358329,778 | 4707775,762 | 918,610 | |
| 6025 | 358330,342 | 4707775,390 | 919,287 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 6026 | 358327,004 | 4707779,874 | 918,528 | |
| 6027 | 358325,661 | 4707780,786 | 920,095 | |
| 6028 | 358328,059 | 4707779,252 | 918,337 | |
| 6029 | 358328,705 | 4707778,941 | 918,327 | |
| 6030 | 358329,525 | 4707778,444 | 918,423 | |
| 6031 | 358330,400 | 4707777,969 | 918,449 | |
| 6032 | 358331,634 | 4707777,205 | 918,690 | |
| 6033 | 358332,077 | 4707776,867 | 918,958 | |
| 6034 | 358332,590 | 4707776,019 | 919,885 | |
| 6035 | 358329,954 | 4707781,023 | 919,151 | |
| 6036 | 358330,370 | 4707780,770 | 918,751 | |
| 6037 | 358331,176 | 4707780,282 | 918,740 | |
| 6038 | 358332,017 | 4707779,780 | 918,833 | |
| 6039 | 358332,876 | 4707779,243 | 918,949 | |
| 6040 | 358333,592 | 4707778,811 | 919,022 | |
| 6041 | 358334,464 | 4707778,242 | 919,219 | |
| 6042 | 358334,850 | 4707777,995 | 919,377 | |
| 6043 | 358335,559 | 4707777,352 | 920,244 | |
| 6044 | 358332,413 | 4707782,271 | 919,754 | |
| 6045 | 358333,092 | 4707781,998 | 919,243 | |
| 6046 | 358334,096 | 4707781,257 | 919,231 | |
| 6047 | 358335,067 | 4707780,736 | 919,342 | |
| 6048 | 358335,611 | 4707780,379 | 919,403 | |
| 6049 | 358336,251 | 4707780,081 | 919,471 | |
| 6050 | 358337,098 | 4707779,316 | 919,525 | |
| 6051 | 358337,535 | 4707778,967 | 919,699 | |
| 6052 | 358337,855 | 4707778,427 | 920,485 | |
| 6053 | 358335,821 | 4707783,842 | 920,491 | |
| 6054 | 358336,663 | 4707782,895 | 919,768 | |
| 6055 | 358337,542 | 4707781,943 | 919,802 | |
| 6056 | 358338,266 | 4707781,278 | 919,786 | |
| 6057 | 358339,541 | 4707780,311 | 919,945 | |
| 6058 | 358340,051 | 4707779,864 | 920,297 | |
| 6059 | 358340,589 | 4707779,495 | 920,889 | |
| 6060 | 358341,578 | 4707780,823 | 920,493 | |
| 6061 | 358339,739 | 4707781,947 | 920,102 | |
| 6062 | 358328,194 | 4707787,418 | 922,209 | Estación 32 |
| 6100 | 358248,524 | 4707631,043 | 897,570 | E26 - E25 |
| 6101 | 358203,672 | 4707773,881 | 898,116 | Estación 38 |
| 6104 | 358228,760 | 4707709,937 | 897,877 | E38 - E26 |
| 6105 | 358208,228 | 4707804,388 | 901,422 | Estación 39 |
| 6106 | 358203,672 | 4707773,881 | 898,094 | E39 - E38 |
| 6200 | 358217,250 | 4707803,004 | 907,699 | |
| 6201 | 358217,155 | 4707803,384 | 907,400 | |
| 6202 | 358216,780 | 4707804,069 | 906,759 | |
| 6203 | 358216,613 | 4707804,766 | 906,189 | |
| 6204 | 358216,215 | 4707806,106 | 905,386 | |
| 6205 | 358216,025 | 4707807,063 | 905,732 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 6206 | 358215,987 | 4707807,983 | 906,266 | |
| 6207 | 358215,923 | 4707808,707 | 907,030 | |
| 6208 | 358215,971 | 4707809,452 | 907,727 | |
| 6209 | 358215,917 | 4707810,071 | 908,441 | |
| 6210 | 358216,456 | 4707805,229 | 905,860 | |
| 6211 | 358217,918 | 4707802,904 | 907,989 | |
| 6212 | 358217,758 | 4707803,621 | 907,611 | |
| 6213 | 358217,581 | 4707804,620 | 907,213 | |
| 6214 | 358217,488 | 4707805,432 | 907,230 | |
| 6215 | 358217,223 | 4707806,594 | 907,260 | |
| 6216 | 358216,955 | 4707807,590 | 907,394 | |
| 6217 | 358216,772 | 4707808,492 | 907,593 | |
| 6218 | 358216,614 | 4707809,410 | 908,025 | |
| 6219 | 358216,482 | 4707810,158 | 908,723 | |
| 6220 | 358218,726 | 4707804,023 | 908,194 | |
| 6221 | 358218,575 | 4707804,623 | 907,775 | |
| 6222 | 358218,488 | 4707805,528 | 907,528 | |
| 6223 | 358218,162 | 4707806,540 | 907,467 | |
| 6224 | 358217,945 | 4707807,538 | 907,510 | |
| 6225 | 358217,723 | 4707808,432 | 907,831 | |
| 6226 | 358217,520 | 4707809,327 | 908,149 | |
| 6227 | 358217,385 | 4707810,186 | 908,703 | |
| 6228 | 358219,594 | 4707804,989 | 908,409 | |
| 6229 | 358219,400 | 4707805,404 | 907,902 | |
| 6230 | 358219,148 | 4707806,645 | 907,614 | |
| 6231 | 358219,022 | 4707807,249 | 907,603 | |
| 6232 | 358218,739 | 4707808,192 | 907,720 | |
| 6233 | 358218,543 | 4707809,096 | 907,983 | |
| 6234 | 358218,555 | 4707809,878 | 908,465 | |
| 6235 | 358218,569 | 4707810,545 | 909,071 | |
| 6236 | 358220,362 | 4707805,669 | 908,746 | |
| 6237 | 358220,261 | 4707806,815 | 908,259 | |
| 6238 | 358219,992 | 4707807,427 | 907,822 | |
| 6239 | 358219,741 | 4707808,134 | 907,847 | |
| 6240 | 358219,498 | 4707809,060 | 908,115 | |
| 6241 | 358219,259 | 4707809,894 | 908,726 | |
| 6242 | 358219,210 | 4707810,383 | 908,946 | |
| 6243 | 358220,628 | 4707806,912 | 908,589 | |
| 6244 | 358220,857 | 4707807,705 | 908,403 | |
| 6245 | 358220,677 | 4707808,683 | 908,174 | |
| 6246 | 358220,254 | 4707809,590 | 908,521 | |
| 6247 | 358220,122 | 4707810,238 | 909,168 | |
| 6248 | 358221,666 | 4707808,147 | 908,423 | |
| 6249 | 358221,510 | 4707808,768 | 908,451 | |
| 6250 | 358197,592 | 4707818,913 | 900,061 | Estación 40 |
| 6300 | 358208,228 | 4707804,388 | 901,391 | E40 – E39 |
| 6301 | 358210,154 | 4707819,562 | 907,289 | |
| 6302 | 358209,959 | 4707820,507 | 906,446 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 6303 | 358209,416 | 4707821,516 | 905,507 | |
| 6304 | 358209,159 | 4707821,935 | 905,241 | |
| 6305 | 358208,773 | 4707822,623 | 904,590 | |
| 6306 | 358208,412 | 4707823,384 | 904,365 | |
| 6307 | 358208,143 | 4707824,231 | 904,897 | |
| 6308 | 358208,001 | 4707825,005 | 905,680 | |
| 6309 | 358207,809 | 4707825,731 | 906,410 | |
| 6310 | 358207,686 | 4707826,293 | 907,207 | |
| 6311 | 358210,735 | 4707820,095 | 907,086 | |
| 6312 | 358210,595 | 4707820,639 | 906,816 | |
| 6313 | 358210,221 | 4707821,517 | 906,393 | |
| 6314 | 358209,929 | 4707822,268 | 906,334 | |
| 6315 | 358209,599 | 4707823,296 | 906,257 | |
| 6316 | 358209,143 | 4707824,174 | 906,358 | |
| 6317 | 358208,741 | 4707825,088 | 906,456 | |
| 6318 | 358208,368 | 4707825,856 | 906,707 | |
| 6319 | 358207,951 | 4707826,537 | 907,426 | |
| 6320 | 358212,349 | 4707820,269 | 907,782 | |
| 6321 | 358212,063 | 4707820,823 | 907,257 | |
| 6322 | 358212,038 | 4707821,228 | 906,566 | |
| 6323 | 358211,548 | 4707822,278 | 907,677 | |
| 6324 | 358211,165 | 4707823,151 | 906,546 | |
| 6325 | 358210,732 | 4707824,078 | 906,521 | |
| 6326 | 358210,310 | 4707824,987 | 906,716 | |
| 6327 | 358209,917 | 4707825,862 | 906,961 | |
| 6328 | 358209,719 | 4707826,371 | 907,220 | |
| 6329 | 358209,375 | 4707827,168 | 907,759 | |
| 6330 | 358213,303 | 4707821,374 | 907,674 | |
| 6331 | 358213,110 | 4707822,140 | 907,221 | |
| 6332 | 358212,858 | 4707822,767 | 906,887 | |
| 6333 | 358212,411 | 4707823,695 | 906,843 | |
| 6334 | 358212,026 | 4707824,469 | 907,283 | |
| 6335 | 358211,574 | 4707825,445 | 907,428 | |
| 6336 | 358211,180 | 4707826,368 | 907,554 | |
| 6337 | 358210,897 | 4707827,126 | 907,778 | |
| 6338 | 358210,490 | 4707828,069 | 908,061 | |
| 6339 | 358214,596 | 4707822,417 | 907,980 | |
| 6340 | 358214,391 | 4707822,982 | 907,510 | |
| 6341 | 358213,922 | 4707823,893 | 907,142 | |
| 6342 | 358213,478 | 4707824,702 | 907,418 | |
| 6343 | 358213,182 | 4707825,424 | 907,787 | |
| 6344 | 358212,722 | 4707826,367 | 908,104 | |
| 6345 | 358212,282 | 4707827,195 | 908,481 | |
| 6346 | 358211,975 | 4707827,691 | 908,775 | |
| 6347 | 358215,733 | 4707823,038 | 908,377 | |
| 6348 | 358215,621 | 4707823,594 | 908,021 | |
| 6349 | 358215,352 | 4707824,443 | 907,655 | |
| 6350 | 358214,797 | 4707825,181 | 907,914 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 6351 | 358214,338 | 4707825,834 | 908,561 | |
| 6352 | 358213,901 | 4707826,657 | 908,884 | |
| 6353 | 358213,600 | 4707827,360 | 909,106 | |
| 6354 | 358216,775 | 4707824,917 | 908,296 | |
| 6355 | 358216,451 | 4707825,555 | 908,266 | |
| 6356 | 358135,476 | 4707997,029 | 899,940 | Pt señal 1 |
| 6357 | 358136,454 | 4707997,923 | 900,116 | Pt señal 2 |
| 6358 | 358191,610 | 4707855,882 | 901,003 | Estación 41 |
| 6400 | 358197,592 | 4707818,913 | 900,012 | E41 - E40 |
| 6401 | 358210,013 | 4707856,593 | 907,764 | |
| 6402 | 358209,752 | 4707857,555 | 907,234 | |
| 6403 | 358209,314 | 4707858,364 | 906,606 | |
| 6404 | 358209,091 | 4707859,212 | 906,220 | |
| 6405 | 358208,685 | 4707859,929 | 905,590 | |
| 6406 | 358208,525 | 4707860,559 | 905,173 | |
| 6407 | 358208,413 | 4707861,280 | 905,613 | |
| 6408 | 358208,235 | 4707862,120 | 906,042 | |
| 6409 | 358208,040 | 4707863,068 | 906,446 | |
| 6410 | 358207,882 | 4707863,919 | 906,899 | |
| 6411 | 358207,685 | 4707865,228 | 907,521 | |
| 6412 | 358210,748 | 4707856,860 | 908,190 | |
| 6413 | 358210,472 | 4707857,746 | 907,768 | |
| 6414 | 358210,222 | 4707858,672 | 907,422 | |
| 6415 | 358209,951 | 4707859,676 | 907,473 | |
| 6416 | 358209,669 | 4707860,629 | 907,329 | |
| 6417 | 358209,430 | 4707861,534 | 907,316 | |
| 6418 | 358209,145 | 4707862,490 | 907,310 | |
| 6419 | 358208,902 | 4707863,477 | 907,255 | |
| 6420 | 358208,675 | 4707864,245 | 907,361 | |
| 6421 | 358208,346 | 4707865,590 | 907,931 | |
| 6422 | 358211,552 | 4707857,146 | 908,446 | |
| 6423 | 358211,384 | 4707858,089 | 907,974 | |
| 6424 | 358211,094 | 4707858,978 | 907,736 | |
| 6425 | 358210,839 | 4707859,909 | 907,714 | |
| 6426 | 358210,571 | 4707860,923 | 907,599 | |
| 6427 | 358210,325 | 4707861,859 | 907,588 | |
| 6428 | 358210,038 | 4707862,828 | 907,596 | |
| 6429 | 358209,795 | 4707863,773 | 907,605 | |
| 6430 | 358209,522 | 4707864,613 | 907,978 | |
| 6431 | 358209,279 | 4707865,053 | 908,418 | |
| 6432 | 358212,436 | 4707857,996 | 908,788 | |
| 6433 | 358212,224 | 4707858,588 | 908,323 | |
| 6434 | 358211,932 | 4707859,512 | 908,023 | |
| 6435 | 358211,699 | 4707860,300 | 907,964 | |
| 6436 | 358211,420 | 4707861,296 | 907,905 | |
| 6437 | 358211,132 | 4707862,224 | 907,878 | |
| 6438 | 358210,937 | 4707863,140 | 907,844 | |
| 6439 | 358210,694 | 4707864,087 | 908,303 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 6440 | 358210,487 | 4707864,976 | 908,778 | |
| 6441 | 358212,999 | 4707858,063 | 909,066 | |
| 6442 | 358212,957 | 4707859,135 | 908,526 | |
| 6443 | 358212,643 | 4707860,176 | 908,253 | |
| 6444 | 358212,202 | 4707861,879 | 908,249 | |
| 6445 | 358211,948 | 4707862,698 | 908,277 | |
| 6446 | 358211,708 | 4707863,745 | 908,517 | |
| 6447 | 358211,351 | 4707864,398 | 909,067 | |
| 6448 | 358213,797 | 4707858,932 | 909,221 | |
| 6449 | 358213,726 | 4707859,889 | 908,915 | |
| 6450 | 358213,615 | 4707860,648 | 908,714 | |
| 6451 | 358213,243 | 4707861,851 | 908,664 | |
| 6452 | 358213,004 | 4707862,544 | 908,723 | |
| 6453 | 358212,777 | 4707863,408 | 909,036 | |
| 6454 | 358212,499 | 4707863,971 | 909,246 | |
| 6455 | 358214,970 | 4707859,096 | 910,005 | |
| 6456 | 358214,769 | 4707860,007 | 909,475 | |
| 6457 | 358214,492 | 4707860,940 | 909,079 | |
| 6458 | 358214,147 | 4707862,102 | 909,032 | |
| 6459 | 358214,000 | 4707862,796 | 909,373 | |
| 6460 | 358213,813 | 4707863,301 | 909,640 | |
| 6461 | 358215,795 | 4707859,623 | 910,229 | |
| 6462 | 358215,696 | 4707860,430 | 909,730 | |
| 6463 | 358215,375 | 4707861,279 | 909,443 | |
| 6464 | 358215,099 | 4707862,354 | 909,525 | |
| 6465 | 358215,037 | 4707862,992 | 910,246 | |
| 6466 | 358216,529 | 4707860,718 | 910,196 | |
| 6467 | 358216,320 | 4707861,535 | 909,850 | |
| 6468 | 358216,014 | 4707862,674 | 909,997 | |
| 6469 | 358217,162 | 4707861,738 | 910,357 | |
| 6470 | 358138,656 | 4707984,696 | 899,394 | Pt canal 1 |
| 6471 | 358132,524 | 4707982,093 | 899,589 | Pt canal 2 |
| 6500 | 358320,749 | 4707772,777 | 916,685 | E32 - E30 |
| 6501 | 358330,025 | 4707788,368 | 922,955 | |
| 6502 | 358329,631 | 4707789,013 | 922,623 | |
| 6503 | 358329,329 | 4707789,449 | 922,780 | |
| 6504 | 358328,909 | 4707790,265 | 923,072 | |
| 6505 | 358328,529 | 4707791,133 | 923,065 | |
| 6506 | 358328,144 | 4707792,089 | 923,092 | |
| 6507 | 358327,827 | 4707793,009 | 923,102 | |
| 6508 | 358327,471 | 4707793,918 | 923,021 | |
| 6509 | 358327,154 | 4707794,843 | 922,898 | |
| 6510 | 358326,876 | 4707795,750 | 922,799 | |
| 6511 | 358326,594 | 4707796,736 | 922,701 | |
| 6512 | 358326,400 | 4707797,672 | 922,552 | |
| 6513 | 358326,102 | 4707798,619 | 923,022 | |
| 6514 | 358325,915 | 4707799,491 | 923,200 | |
| 6515 | 358325,637 | 4707800,231 | 923,527 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 6516 | 358327,679 | 4707801,127 | 924,415 | |
| 6517 | 358328,019 | 4707800,513 | 924,254 | |
| 6518 | 358328,306 | 4707799,606 | 923,948 | |
| 6519 | 358328,603 | 4707798,725 | 923,634 | |
| 6520 | 358328,943 | 4707797,778 | 923,421 | |
| 6521 | 358329,389 | 4707796,861 | 923,426 | |
| 6522 | 358329,687 | 4707795,955 | 923,445 | |
| 6523 | 358329,964 | 4707795,037 | 923,453 | |
| 6524 | 358330,261 | 4707794,116 | 923,603 | |
| 6525 | 358330,550 | 4707793,139 | 923,567 | |
| 6526 | 358330,812 | 4707792,212 | 923,574 | |
| 6527 | 358331,208 | 4707791,290 | 923,481 | |
| 6528 | 358331,567 | 4707790,375 | 923,537 | |
| 6529 | 358331,973 | 4707789,691 | 923,638 | |
| 6530 | 358333,979 | 4707790,700 | 924,421 | |
| 6531 | 358333,565 | 4707791,480 | 924,298 | |
| 6532 | 358333,256 | 4707792,389 | 924,328 | |
| 6533 | 358332,942 | 4707793,355 | 924,238 | |
| 6534 | 358332,666 | 4707794,334 | 924,121 | |
| 6535 | 358332,367 | 4707795,258 | 924,080 | |
| 6536 | 358332,104 | 4707796,221 | 924,061 | |
| 6537 | 358331,739 | 4707797,142 | 924,088 | |
| 6538 | 358331,447 | 4707798,034 | 924,124 | |
| 6539 | 358331,131 | 4707798,949 | 924,346 | |
| 6540 | 358330,861 | 4707799,832 | 924,617 | |
| 6541 | 358330,607 | 4707800,691 | 924,812 | |
| 6542 | 358330,265 | 4707801,545 | 924,974 | |
| 6543 | 358329,554 | 4707802,643 | 925,274 | |
| 6544 | 358332,371 | 4707802,937 | 926,270 | |
| 6545 | 358332,791 | 4707802,008 | 925,503 | |
| 6546 | 358333,083 | 4707801,135 | 925,083 | |
| 6547 | 358333,355 | 4707800,141 | 924,997 | |
| 6548 | 358333,634 | 4707799,255 | 924,949 | |
| 6549 | 358333,968 | 4707798,338 | 924,897 | |
| 6550 | 358334,245 | 4707797,352 | 924,941 | |
| 6551 | 358334,555 | 4707796,436 | 925,056 | |
| 6552 | 358334,827 | 4707795,480 | 925,045 | |
| 6553 | 358335,100 | 4707794,533 | 925,204 | |
| 6554 | 358335,365 | 4707793,569 | 925,332 | |
| 6555 | 358335,639 | 4707792,772 | 925,138 | |
| 6556 | 358335,995 | 4707791,949 | 925,268 | |
| 6557 | 358337,779 | 4707793,164 | 926,298 | |
| 6558 | 358337,545 | 4707794,037 | 926,103 | |
| 6559 | 358337,266 | 4707795,035 | 926,114 | |
| 6560 | 358337,021 | 4707796,006 | 925,911 | |
| 6561 | 358336,677 | 4707796,943 | 925,795 | |
| 6562 | 358336,327 | 4707797,877 | 925,727 | |
| 6563 | 358336,156 | 4707798,840 | 925,617 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 6564 | 358335,830 | 4707799,761 | 925,497 | |
| 6565 | 358335,509 | 4707800,659 | 925,706 | |
| 6566 | 358335,195 | 4707801,612 | 925,881 | |
| 6567 | 358334,988 | 4707802,551 | 926,284 | |
| 6568 | 358334,533 | 4707803,363 | 926,587 | |
| 6569 | 358337,258 | 4707802,459 | 927,046 | |
| 6570 | 358337,890 | 4707800,894 | 926,636 | |
| 6571 | 358338,220 | 4707800,043 | 926,451 | |
| 6572 | 358338,444 | 4707799,075 | 926,512 | |
| 6573 | 358338,759 | 4707798,145 | 926,714 | |
| 6574 | 358339,096 | 4707797,200 | 926,632 | |
| 6575 | 358339,398 | 4707796,220 | 926,713 | |
| 6576 | 358339,731 | 4707795,356 | 926,894 | |
| 6577 | 358339,962 | 4707794,535 | 927,329 | |
| 6578 | 358340,808 | 4707798,836 | 927,372 | |
| 6579 | 358340,263 | 4707800,263 | 927,355 | |
| 6580 | 358329,073 | 4707788,194 | 922,456 | |
| 6581 | 358328,429 | 4707789,023 | 922,703 | |
| 6582 | 358328,039 | 4707789,937 | 922,465 | |
| 6583 | 358327,723 | 4707790,717 | 922,060 | |
| 6584 | 358327,344 | 4707791,527 | 921,627 | |
| 6585 | 358326,954 | 4707792,338 | 921,136 | |
| 6586 | 358326,658 | 4707793,191 | 920,642 | |
| 6587 | 358326,316 | 4707794,153 | 920,489 | |
| 6588 | 358326,072 | 4707795,035 | 920,409 | |
| 6589 | 358325,726 | 4707796,059 | 920,427 | |
| 6590 | 358325,466 | 4707796,930 | 920,724 | |
| 6591 | 358325,429 | 4707797,590 | 921,208 | |
| 6592 | 358325,267 | 4707798,497 | 921,871 | |
| 6593 | 358324,992 | 4707799,121 | 922,533 | |
| 6594 | 358324,807 | 4707799,837 | 923,027 | |
| 6595 | 358324,626 | 4707800,776 | 923,663 | |
| 6596 | 358316,902 | 4707797,584 | 921,442 | Estación 33 |
| 6600 | 358328,194 | 4707787,418 | 922,174 | E33 - E32 |
| 6601 | 358312,646 | 4707793,461 | 918,930 | |
| 6602 | 358312,784 | 4707792,677 | 918,576 | |
| 6603 | 358313,045 | 4707791,860 | 917,704 | |
| 6604 | 358313,171 | 4707791,133 | 917,190 | |
| 6605 | 358313,343 | 4707790,320 | 916,539 | |
| 6606 | 358313,637 | 4707789,479 | 916,282 | |
| 6607 | 358313,896 | 4707788,521 | 916,305 | |
| 6608 | 358314,302 | 4707787,718 | 916,370 | |
| 6609 | 358314,686 | 4707786,886 | 916,807 | |
| 6610 | 358315,008 | 4707786,264 | 917,298 | |
| 6611 | 358315,201 | 4707785,601 | 918,100 | |
| 6612 | 358315,757 | 4707784,890 | 918,715 | |
| 6613 | 358316,000 | 4707784,170 | 919,019 | |
| 6614 | 358316,773 | 4707784,413 | 919,188 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 6615 | 358316,490 | 4707785,080 | 918,851 | |
| 6616 | 358316,213 | 4707786,023 | 918,150 | |
| 6617 | 358316,009 | 4707786,576 | 917,493 | |
| 6618 | 358315,705 | 4707787,462 | 917,507 | |
| 6619 | 358315,435 | 4707788,295 | 917,436 | |
| 6620 | 358315,138 | 4707789,403 | 917,450 | |
| 6621 | 358314,718 | 4707790,289 | 917,455 | |
| 6622 | 358314,390 | 4707791,242 | 917,543 | |
| 6623 | 358314,012 | 4707791,877 | 918,036 | |
| 6624 | 358313,748 | 4707792,563 | 918,679 | |
| 6625 | 358313,370 | 4707793,172 | 919,079 | |
| 6626 | 358315,147 | 4707793,442 | 919,160 | |
| 6627 | 358315,512 | 4707792,658 | 918,518 | |
| 6628 | 358315,809 | 4707791,805 | 917,985 | |
| 6629 | 358316,094 | 4707790,792 | 917,739 | |
| 6630 | 358316,411 | 4707789,991 | 917,724 | |
| 6631 | 358316,694 | 4707789,060 | 917,765 | |
| 6632 | 358316,929 | 4707788,088 | 917,820 | |
| 6633 | 358317,127 | 4707787,052 | 917,860 | |
| 6634 | 358317,531 | 4707786,224 | 918,359 | |
| 6635 | 358317,731 | 4707785,625 | 918,810 | |
| 6636 | 358318,100 | 4707785,046 | 919,318 | |
| 6637 | 358319,512 | 4707785,626 | 919,465 | |
| 6638 | 358319,233 | 4707786,075 | 919,090 | |
| 6639 | 358318,693 | 4707787,011 | 918,812 | |
| 6640 | 358318,270 | 4707788,217 | 918,179 | |
| 6641 | 358318,073 | 4707789,191 | 918,005 | |
| 6642 | 358317,761 | 4707790,158 | 918,007 | |
| 6643 | 358317,603 | 4707791,135 | 918,026 | |
| 6644 | 358317,258 | 4707792,059 | 918,095 | |
| 6645 | 358317,064 | 4707792,970 | 918,809 | |
| 6646 | 358316,962 | 4707793,518 | 919,302 | |
| 6647 | 358318,140 | 4707794,089 | 919,252 | |
| 6648 | 358318,308 | 4707793,487 | 918,750 | |
| 6649 | 358318,529 | 4707792,492 | 918,463 | |
| 6650 | 358318,785 | 4707791,642 | 918,267 | |
| 6651 | 358318,944 | 4707790,605 | 918,299 | |
| 6652 | 358319,345 | 4707789,742 | 918,286 | |
| 6653 | 358319,622 | 4707788,873 | 918,574 | |
| 6654 | 358319,910 | 4707788,268 | 919,305 | |
| 6655 | 358319,241 | 4707795,088 | 919,498 | |
| 6656 | 358319,529 | 4707794,439 | 919,214 | |
| 6657 | 358319,790 | 4707793,534 | 918,761 | |
| 6658 | 358320,077 | 4707792,616 | 918,494 | |
| 6659 | 358320,520 | 4707791,731 | 918,501 | |
| 6660 | 358320,663 | 4707790,807 | 918,659 | |
| 6661 | 358320,841 | 4707789,879 | 918,988 | |
| 6662 | 358321,023 | 4707789,101 | 919,384 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 6663 | 358321,201 | 4707788,282 | 919,983 | |
| 6664 | 358321,004 | 4707794,917 | 919,517 | |
| 6665 | 358321,140 | 4707794,300 | 919,122 | |
| 6666 | 358321,518 | 4707793,499 | 918,754 | |
| 6667 | 358321,823 | 4707792,601 | 918,651 | |
| 6668 | 358322,030 | 4707791,663 | 918,756 | |
| 6669 | 358322,298 | 4707790,716 | 918,987 | |
| 6670 | 358322,550 | 4707789,797 | 919,407 | |
| 6671 | 358322,734 | 4707789,183 | 919,929 | |
| 6672 | 358323,008 | 4707794,212 | 919,071 | |
| 6673 | 358322,790 | 4707792,000 | 918,832 | |
| 6674 | 358285,588 | 4707783,759 | 908,585 | Estación 35 |
| 6675 | 358311,870 | 4707809,029 | 918,567 | |
| 6676 | 358311,988 | 4707808,706 | 917,956 | |
| 6677 | 358312,254 | 4707808,173 | 917,504 | |
| 6678 | 358312,754 | 4707807,787 | 916,659 | |
| 6679 | 358313,279 | 4707807,250 | 916,214 | |
| 6680 | 358313,941 | 4707806,474 | 915,643 | |
| 6681 | 358314,551 | 4707805,714 | 915,209 | |
| 6682 | 358314,977 | 4707805,192 | 914,493 | |
| 6683 | 358315,671 | 4707804,598 | 914,430 | |
| 6684 | 358316,964 | 4707803,447 | 915,124 | |
| 6685 | 358317,679 | 4707803,017 | 915,837 | |
| 6686 | 358318,362 | 4707802,671 | 916,400 | |
| 6687 | 358319,009 | 4707802,554 | 917,182 | |
| 6688 | 358319,613 | 4707801,985 | 917,964 | |
| 6689 | 358320,101 | 4707801,521 | 918,459 | |
| 6690 | 358320,424 | 4707802,400 | 918,841 | |
| 6691 | 358320,082 | 4707802,767 | 918,199 | |
| 6692 | 358319,380 | 4707803,349 | 917,873 | |
| 6693 | 358318,646 | 4707804,057 | 917,831 | |
| 6694 | 358317,913 | 4707804,730 | 917,777 | |
| 6695 | 358317,176 | 4707805,387 | 917,734 | |
| 6696 | 358316,402 | 4707806,018 | 917,672 | |
| 6697 | 358315,675 | 4707806,678 | 917,782 | |
| 6698 | 358314,910 | 4707807,342 | 917,840 | |
| 6699 | 358314,201 | 4707808,022 | 917,913 | |
| 6700 | 358313,485 | 4707808,673 | 917,951 | |
| 6701 | 358312,822 | 4707809,347 | 917,996 | |
| 6702 | 358312,568 | 4707809,678 | 918,309 | |
| 6703 | 358312,110 | 4707810,079 | 918,762 | |
| 6704 | 358322,980 | 4707803,984 | 918,600 | |
| 6705 | 358322,474 | 4707804,470 | 918,097 | |
| 6706 | 358321,720 | 4707805,153 | 917,998 | |
| 6707 | 358320,988 | 4707805,839 | 917,985 | |
| 6708 | 358320,327 | 4707806,600 | 917,980 | |
| 6709 | 358319,570 | 4707807,279 | 917,965 | |
| 6710 | 358318,970 | 4707807,740 | 917,965 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 6711 | 358317,994 | 4707808,599 | 917,965 | |
| 6712 | 358317,285 | 4707809,230 | 918,000 | |
| 6713 | 358316,561 | 4707809,901 | 918,072 | |
| 6714 | 358315,831 | 4707810,533 | 918,104 | |
| 6715 | 358315,248 | 4707811,133 | 918,168 | |
| 6716 | 358314,375 | 4707811,778 | 918,218 | |
| 6717 | 358313,623 | 4707812,611 | 918,509 | |
| 6718 | 358313,042 | 4707813,126 | 918,924 | |
| 6719 | 358314,390 | 4707816,117 | 919,394 | |
| 6720 | 358314,812 | 4707815,576 | 918,692 | |
| 6721 | 358315,569 | 4707814,664 | 918,558 | |
| 6722 | 358316,190 | 4707813,941 | 918,489 | |
| 6723 | 358316,750 | 4707813,586 | 918,452 | |
| 6724 | 358317,873 | 4707812,816 | 918,376 | |
| 6725 | 358318,527 | 4707812,167 | 918,264 | |
| 6726 | 358319,181 | 4707811,476 | 918,159 | |
| 6727 | 358319,955 | 4707810,800 | 918,076 | |
| 6728 | 358320,628 | 4707810,101 | 918,072 | |
| 6729 | 358321,335 | 4707809,367 | 918,096 | |
| 6730 | 358322,050 | 4707808,722 | 918,108 | |
| 6731 | 358322,778 | 4707808,037 | 918,131 | |
| 6732 | 358323,468 | 4707807,295 | 918,143 | |
| 6733 | 358324,222 | 4707806,632 | 918,208 | |
| 6734 | 358324,953 | 4707805,965 | 918,204 | |
| 6735 | 358325,721 | 4707805,485 | 918,730 | |
| 6736 | 358319,059 | 4707812,364 | 918,260 | |
| 6737 | 358318,587 | 4707816,121 | 919,306 | |
| 6738 | 358318,084 | 4707816,582 | 918,952 | |
| 6739 | 358317,269 | 4707817,233 | 919,009 | |
| 6740 | 358316,344 | 4707817,856 | 919,145 | |
| 6741 | 358315,579 | 4707818,437 | 919,278 | |
| 6742 | 358315,241 | 4707818,791 | 919,963 | |
| 6743 | 358318,516 | 4707819,935 | 920,111 | |
| 6744 | 358317,954 | 4707820,324 | 919,746 | |
| 6745 | 358317,287 | 4707820,772 | 919,815 | |
| 6746 | 358316,567 | 4707821,253 | 920,134 | |
| 6747 | 358315,421 | 4707821,986 | 921,346 | |
| 6748 | 358317,286 | 4707821,282 | 919,893 | |
| 6749 | 358321,729 | 4707806,871 | 918,057 | Estación 34 |
| 6800 | 358316,902 | 4707797,584 | 921,372 | E34 a E33 |
| 6802 | 358328,477 | 4707806,681 | 919,072 | |
| 6803 | 358327,933 | 4707807,286 | 918,550 | |
| 6804 | 358327,150 | 4707807,945 | 918,407 | |
| 6805 | 358326,378 | 4707808,561 | 918,351 | |
| 6806 | 358325,599 | 4707809,187 | 918,311 | |
| 6807 | 358324,765 | 4707809,784 | 918,269 | |
| 6808 | 358324,128 | 4707810,538 | 918,256 | |
| 6809 | 358323,531 | 4707811,302 | 918,232 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 6810 | 358322,815 | 4707812,007 | 918,210 | |
| 6811 | 358322,161 | 4707812,743 | 918,315 | |
| 6812 | 358321,710 | 4707813,384 | 918,815 | |
| 6813 | 358331,077 | 4707808,575 | 919,050 | |
| 6814 | 358330,457 | 4707809,069 | 918,639 | |
| 6815 | 358329,699 | 4707809,671 | 918,556 | |
| 6816 | 358328,936 | 4707810,268 | 918,518 | |
| 6817 | 358328,135 | 4707810,903 | 918,516 | |
| 6818 | 358327,306 | 4707811,511 | 918,569 | |
| 6819 | 358326,632 | 4707812,144 | 918,578 | |
| 6820 | 358325,847 | 4707812,840 | 918,853 | |
| 6821 | 358325,403 | 4707813,433 | 918,907 | |
| 6822 | 358324,714 | 4707814,021 | 919,330 | |
| 6823 | 358329,379 | 4707813,535 | 919,633 | |
| 6824 | 358330,127 | 4707812,989 | 919,026 | |
| 6825 | 358330,522 | 4707812,659 | 918,886 | |
| 6826 | 358331,262 | 4707811,974 | 918,728 | |
| 6827 | 358331,953 | 4707811,320 | 918,755 | |
| 6828 | 358332,765 | 4707810,729 | 918,754 | |
| 6829 | 358333,532 | 4707810,024 | 919,039 | |
| 6830 | 358334,193 | 4707809,598 | 919,437 | |
| 6831 | 358332,976 | 4707814,367 | 919,833 | |
| 6832 | 358333,744 | 4707813,744 | 919,295 | |
| 6833 | 358334,418 | 4707813,118 | 919,123 | |
| 6834 | 358335,901 | 4707811,674 | 919,074 | |
| 6835 | 358336,832 | 4707810,828 | 919,104 | |
| 6836 | 358337,386 | 4707810,381 | 919,186 | |
| 6837 | 358337,914 | 4707809,897 | 919,681 | |
| 6838 | 358341,796 | 4707810,148 | 920,344 | |
| 6839 | 358341,166 | 4707810,714 | 919,721 | |
| 6840 | 358340,751 | 4707811,276 | 919,397 | |
| 6841 | 358339,351 | 4707812,527 | 919,449 | |
| 6842 | 358338,583 | 4707813,176 | 919,422 | |
| 6843 | 358339,337 | 4707812,578 | 919,402 | |
| 6844 | 358337,773 | 4707813,748 | 919,481 | |
| 6845 | 358336,954 | 4707814,414 | 919,544 | |
| 6846 | 358336,287 | 4707815,298 | 919,707 | |
| 6847 | 358335,644 | 4707815,859 | 920,287 | |
| 6848 | 358343,684 | 4707812,005 | 920,368 | |
| 6849 | 358343,818 | 4707812,180 | 919,958 | |
| 6850 | 358342,482 | 4707813,416 | 919,603 | |
| 6851 | 358339,970 | 4707815,703 | 920,054 | |
| 6852 | 358339,419 | 4707816,297 | 920,262 | |
| 6853 | 358338,724 | 4707816,757 | 920,460 | |
| 6854 | 358342,891 | 4707814,271 | 919,587 | |
| 6855 | 358343,935 | 4707812,615 | 919,613 | |
| 7000 | 358316,902 | 4707797,584 | 921,406 | E35 – E33 |
| 7001 | 358286,261 | 4707779,576 | 907,692 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 7002 | 358285,716 | 4707780,198 | 907,074 | |
| 7003 | 358285,073 | 4707780,856 | 906,690 | |
| 7004 | 358284,457 | 4707781,631 | 906,682 | |
| 7005 | 358283,834 | 4707782,393 | 906,672 | |
| 7006 | 358283,121 | 4707783,130 | 906,909 | |
| 7007 | 358282,530 | 4707783,919 | 907,031 | |
| 7008 | 358281,988 | 4707784,508 | 907,656 | |
| 7009 | 358281,033 | 4707785,055 | 908,044 | |
| 7010 | 358280,310 | 4707785,713 | 909,223 | |
| 7011 | 358286,890 | 4707779,129 | 908,382 | |
| 7012 | 358287,411 | 4707778,452 | 908,878 | |
| 7013 | 358288,398 | 4707778,248 | 909,211 | |
| 7014 | 358287,808 | 4707778,809 | 908,771 | |
| 7015 | 358287,264 | 4707779,572 | 908,512 | |
| 7016 | 358286,652 | 4707780,382 | 908,449 | |
| 7017 | 358286,064 | 4707781,197 | 908,402 | |
| 7018 | 358285,449 | 4707781,922 | 908,409 | |
| 7019 | 358284,778 | 4707782,634 | 908,387 | |
| 7020 | 358284,125 | 4707783,353 | 908,362 | |
| 7021 | 358283,474 | 4707784,134 | 908,387 | |
| 7022 | 358282,270 | 4707785,787 | 908,366 | |
| 7023 | 358281,474 | 4707786,321 | 908,675 | |
| 7024 | 358281,002 | 4707786,723 | 909,580 | |
| 7025 | 358291,101 | 4707779,663 | 909,708 | |
| 7026 | 358290,850 | 4707779,992 | 909,147 | |
| 7027 | 358289,712 | 4707781,702 | 908,840 | |
| 7028 | 358288,948 | 4707782,458 | 908,853 | |
| 7029 | 358288,311 | 4707783,178 | 908,817 | |
| 7030 | 358287,647 | 4707783,928 | 908,767 | |
| 7031 | 358286,992 | 4707784,659 | 908,749 | |
| 7032 | 358286,291 | 4707785,399 | 908,697 | |
| 7033 | 358285,620 | 4707786,173 | 908,682 | |
| 7034 | 358284,952 | 4707786,923 | 908,677 | |
| 7035 | 358284,250 | 4707787,608 | 908,686 | |
| 7036 | 358283,546 | 4707788,293 | 908,668 | |
| 7037 | 358282,895 | 4707789,053 | 908,715 | |
| 7038 | 358282,193 | 4707789,726 | 908,725 | |
| 7039 | 358281,523 | 4707790,458 | 908,882 | |
| 7040 | 358281,311 | 4707790,742 | 908,930 | |
| 7041 | 358280,417 | 4707791,531 | 909,409 | |
| 7042 | 358279,814 | 4707796,465 | 909,856 | |
| 7043 | 358280,650 | 4707795,638 | 909,184 | |
| 7044 | 358280,902 | 4707795,393 | 909,044 | |
| 7045 | 358281,566 | 4707794,711 | 908,979 | |
| 7046 | 358282,247 | 4707793,964 | 908,957 | |
| 7047 | 358282,940 | 4707793,263 | 908,888 | |
| 7048 | 358283,597 | 4707792,502 | 908,865 | |
| 7049 | 358284,249 | 4707791,754 | 908,825 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 7050 | 358284,906 | 4707791,038 | 908,808 | |
| 7051 | 358285,619 | 4707790,326 | 908,798 | |
| 7052 | 358286,287 | 4707789,587 | 908,832 | |
| 7053 | 358286,953 | 4707788,840 | 908,833 | |
| 7054 | 358287,638 | 4707788,095 | 908,850 | |
| 7055 | 358288,293 | 4707787,358 | 908,890 | |
| 7056 | 358288,985 | 4707786,644 | 908,928 | |
| 7057 | 358289,673 | 4707785,895 | 908,983 | |
| 7058 | 358290,380 | 4707785,150 | 909,011 | |
| 7059 | 358291,082 | 4707784,407 | 909,026 | |
| 7060 | 358291,768 | 4707783,664 | 909,052 | |
| 7061 | 358292,420 | 4707782,929 | 909,088 | |
| 7062 | 358293,070 | 4707782,163 | 909,233 | |
| 7063 | 358293,383 | 4707781,627 | 909,649 | |
| 7064 | 358296,389 | 4707782,703 | 910,094 | |
| 7065 | 358295,991 | 4707783,226 | 909,630 | |
| 7066 | 358295,356 | 4707783,955 | 909,410 | |
| 7067 | 358294,723 | 4707784,717 | 909,310 | |
| 7068 | 358294,145 | 4707785,247 | 909,291 | |
| 7069 | 358293,474 | 4707786,177 | 909,273 | |
| 7070 | 358292,812 | 4707787,010 | 909,268 | |
| 7071 | 358292,136 | 4707787,801 | 909,185 | |
| 7072 | 358291,466 | 4707788,524 | 909,105 | |
| 7073 | 358290,755 | 4707789,219 | 909,084 | |
| 7074 | 358290,130 | 4707789,962 | 909,056 | |
| 7075 | 358289,359 | 4707790,625 | 909,004 | |
| 7076 | 358288,704 | 4707791,352 | 908,951 | |
| 7077 | 358287,984 | 4707792,069 | 908,881 | |
| 7078 | 358287,320 | 4707792,790 | 908,864 | |
| 7079 | 358286,655 | 4707793,502 | 908,850 | |
| 7080 | 358285,934 | 4707794,221 | 908,907 | |
| 7081 | 358285,437 | 4707794,932 | 908,962 | |
| 7082 | 358284,654 | 4707795,744 | 908,999 | |
| 7083 | 358283,989 | 4707796,466 | 909,008 | |
| 7084 | 358283,307 | 4707797,194 | 909,068 | |
| 7085 | 358282,877 | 4707797,731 | 909,108 | |
| 7086 | 358281,909 | 4707798,533 | 909,214 | |
| 7087 | 358281,198 | 4707799,239 | 909,482 | |
| 7088 | 358280,629 | 4707799,620 | 909,978 | |
| 7089 | 358290,822 | 4707790,317 | 909,145 | |
| 7090 | 358298,238 | 4707785,490 | 910,122 | |
| 7091 | 358297,807 | 4707785,914 | 909,719 | |
| 7092 | 358297,094 | 4707786,633 | 909,540 | |
| 7093 | 358296,379 | 4707787,419 | 909,552 | |
| 7094 | 358295,722 | 4707788,134 | 909,424 | |
| 7095 | 358294,974 | 4707788,996 | 909,318 | |
| 7096 | 358294,347 | 4707789,727 | 909,324 | |
| 7097 | 358293,826 | 4707790,392 | 909,349 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 7098 | 358293,485 | 4707790,827 | 909,571 | |
| 7099 | 358293,130 | 4707791,615 | 910,418 | |
| 7100 | 358300,471 | 4707787,485 | 910,402 | |
| 7101 | 358300,060 | 4707787,870 | 910,058 | |
| 7102 | 358299,311 | 4707788,568 | 909,776 | |
| 7103 | 358298,705 | 4707789,363 | 909,749 | |
| 7104 | 358298,337 | 4707789,852 | 909,961 | |
| 7105 | 358297,802 | 4707790,673 | 910,596 | |
| 7106 | 358302,506 | 4707789,070 | 910,978 | |
| 7107 | 358302,276 | 4707789,699 | 910,293 | |
| 7108 | 358301,754 | 4707790,301 | 910,212 | |
| 7109 | 358301,055 | 4707790,946 | 910,369 | |
| 7110 | 358300,145 | 4707792,038 | 911,405 | |
| 7111 | 358303,228 | 4707790,556 | 910,433 | |
| 7112 | 358302,986 | 4707791,141 | 910,489 | |
| 7113 | 358287,022 | 4707797,741 | 909,636 | |
| 7114 | 358286,431 | 4707798,267 | 909,330 | |
| 7115 | 358285,794 | 4707798,926 | 909,228 | |
| 7116 | 358284,842 | 4707799,678 | 909,244 | |
| 7117 | 358284,528 | 4707800,120 | 909,297 | |
| 7118 | 358283,661 | 4707800,850 | 909,382 | |
| 7119 | 358282,914 | 4707801,579 | 909,414 | |
| 7120 | 358282,295 | 4707802,165 | 909,625 | |
| 7121 | 358281,203 | 4707802,973 | 910,301 | |
| 7122 | 358285,351 | 4707803,492 | 910,272 | |
| 7123 | 358284,575 | 4707803,713 | 909,686 | |
| 7124 | 358283,703 | 4707804,392 | 909,766 | |
| 7125 | 358282,973 | 4707805,058 | 909,962 | |
| 7126 | 358282,309 | 4707805,468 | 910,448 | |
| 7127 | 358282,905 | 4707805,413 | 909,996 | |
| 7128 | 358284,535 | 4707804,486 | 909,819 | |
| 7129 | 358287,042 | 4707810,406 | 914,007 | |
| 7130 | 358286,566 | 4707810,235 | 913,361 | |
| 7131 | 358285,997 | 4707809,822 | 912,903 | |
| 7132 | 358284,678 | 4707808,934 | 911,649 | |
| 7133 | 358283,337 | 4707807,974 | 910,509 | |
| 7134 | 358282,430 | 4707807,525 | 910,417 | |
| 7135 | 358281,562 | 4707807,073 | 910,393 | |
| 7136 | 358280,140 | 4707806,546 | 911,764 | |
| 7137 | 358279,504 | 4707806,182 | 912,385 | |
| 7138 | 358278,764 | 4707805,785 | 912,968 | |
| 7139 | 358278,296 | 4707805,668 | 913,287 | |
| 7140 | 358277,424 | 4707805,327 | 913,877 | |
| 7141 | 358285,190 | 4707809,205 | 913,200 | |
| 7142 | 358285,254 | 4707809,180 | 912,185 | |
| 7143 | 358283,976 | 4707807,716 | 910,616 | |
| 7144 | 358281,243 | 4707806,986 | 910,831 | |
| 7145 | 358286,646 | 4707811,243 | 913,986 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 7146 | 358286,023 | 4707811,034 | 913,488 | |
| 7147 | 358285,068 | 4707810,656 | 913,136 | |
| 7148 | 358284,046 | 4707810,234 | 913,029 | |
| 7149 | 358283,277 | 4707809,753 | 912,906 | |
| 7150 | 358282,432 | 4707809,350 | 912,785 | |
| 7151 | 358281,550 | 4707808,919 | 912,754 | |
| 7152 | 358280,931 | 4707808,595 | 912,727 | |
| 7153 | 358279,827 | 4707807,901 | 912,727 | |
| 7154 | 358278,970 | 4707807,370 | 912,785 | |
| 7155 | 358278,297 | 4707806,880 | 913,214 | |
| 7156 | 358277,590 | 4707806,420 | 913,704 | |
| 7157 | 358278,646 | 4707806,977 | 912,846 | |
| 7158 | 358286,064 | 4707813,773 | 913,959 | |
| 7159 | 358284,990 | 4707813,495 | 913,569 | |
| 7160 | 358283,850 | 4707812,811 | 913,256 | |
| 7161 | 358283,129 | 4707812,456 | 913,110 | |
| 7162 | 358282,427 | 4707811,980 | 912,981 | |
| 7163 | 358281,583 | 4707811,534 | 912,876 | |
| 7164 | 358280,932 | 4707811,187 | 912,830 | |
| 7165 | 358279,742 | 4707810,514 | 912,790 | |
| 7166 | 358279,015 | 4707810,061 | 912,807 | |
| 7167 | 358278,171 | 4707809,580 | 912,900 | |
| 7168 | 358277,325 | 4707809,153 | 913,023 | |
| 7169 | 358276,587 | 4707808,672 | 913,791 | |
| 7170 | 358283,060 | 4707814,843 | 913,669 | |
| 7171 | 358282,215 | 4707814,495 | 913,169 | |
| 7172 | 358281,368 | 4707814,065 | 912,904 | |
| 7173 | 358280,553 | 4707813,682 | 912,878 | |
| 7174 | 358280,037 | 4707813,330 | 912,883 | |
| 7175 | 358278,828 | 4707812,698 | 912,882 | |
| 7176 | 358277,858 | 4707812,133 | 912,930 | |
| 7177 | 358277,073 | 4707811,777 | 913,005 | |
| 7178 | 358276,269 | 4707811,276 | 913,629 | |
| 7179 | 358275,727 | 4707810,982 | 913,648 | |
| 7180 | 358275,321 | 4707810,553 | 914,172 | |
| 7181 | 358282,425 | 4707817,227 | 913,808 | |
| 7182 | 358281,219 | 4707816,807 | 913,143 | |
| 7183 | 358280,478 | 4707816,318 | 913,069 | |
| 7184 | 358279,614 | 4707815,860 | 913,014 | |
| 7185 | 358278,692 | 4707815,403 | 913,009 | |
| 7186 | 358277,829 | 4707814,918 | 913,025 | |
| 7187 | 358276,964 | 4707814,466 | 913,098 | |
| 7188 | 358276,292 | 4707813,937 | 913,130 | |
| 7189 | 358275,105 | 4707813,427 | 913,244 | |
| 7190 | 358274,573 | 4707813,159 | 913,309 | |
| 7191 | 358273,450 | 4707812,479 | 914,400 | |
| 7192 | 358272,830 | 4707811,937 | 914,467 | |
| 7193 | 358272,350 | 4707811,713 | 915,158 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 7194 | 358281,534 | 4707819,662 | 914,083 | |
| 7195 | 358280,645 | 4707819,248 | 913,362 | |
| 7196 | 358279,734 | 4707818,847 | 913,236 | |
| 7197 | 358279,021 | 4707818,404 | 913,210 | |
| 7198 | 358278,100 | 4707817,926 | 913,190 | |
| 7199 | 358277,539 | 4707817,564 | 913,158 | |
| 7200 | 358276,303 | 4707817,051 | 913,151 | |
| 7201 | 358276,080 | 4707816,816 | 913,176 | |
| 7202 | 358275,075 | 4707816,460 | 913,608 | |
| 7203 | 358281,350 | 4707822,166 | 914,214 | |
| 7204 | 358280,475 | 4707822,084 | 913,558 | |
| 7205 | 358279,580 | 4707821,565 | 913,447 | |
| 7206 | 358278,741 | 4707821,090 | 913,407 | |
| 7207 | 358277,560 | 4707820,368 | 913,300 | |
| 7208 | 358276,958 | 4707820,127 | 913,256 | |
| 7209 | 358276,402 | 4707819,859 | 913,257 | |
| 7210 | 358275,784 | 4707819,553 | 913,960 | |
| 7211 | 358281,221 | 4707824,822 | 914,316 | |
| 7212 | 358280,365 | 4707824,613 | 913,875 | |
| 7213 | 358279,600 | 4707824,234 | 913,766 | |
| 7214 | 358279,600 | 4707824,234 | 913,777 | |
| 7215 | 358278,815 | 4707823,866 | 913,732 | |
| 7216 | 358278,098 | 4707823,545 | 913,644 | |
| 7217 | 358277,017 | 4707823,032 | 913,500 | |
| 7218 | 358276,272 | 4707822,600 | 913,432 | |
| 7219 | 358275,689 | 4707822,244 | 913,494 | |
| 7220 | 358274,999 | 4707821,906 | 914,072 | |
| 7221 | 358281,685 | 4707827,582 | 914,463 | |
| 7222 | 358280,915 | 4707827,423 | 913,955 | |
| 7223 | 358280,218 | 4707827,073 | 914,069 | |
| 7224 | 358279,450 | 4707826,762 | 914,137 | |
| 7225 | 358278,394 | 4707826,426 | 914,155 | |
| 7226 | 358277,576 | 4707826,115 | 914,108 | |
| 7227 | 358276,344 | 4707825,856 | 914,656 | |
| 7228 | 358281,078 | 4707829,573 | 915,234 | |
| 7229 | 358282,558 | 4707829,239 | 914,202 | |
| 7500 | 358328,194 | 4707787,418 | 922,174 | E33 - E32 |
| 7501 | 358327,762 | 4707846,970 | 937,600 | Estación 36 |
| 7551 | 358316,902 | 4707797,584 | 921,439 | E36 - E33 |
| 7552 | 358307,061 | 4707871,490 | 928,242 | Estación 37 |
| 8001 | 358327,762 | 4707846,970 | 937,545 | E37 - E36 |
| 8003 | 358307,617 | 4707852,026 | 927,010 | |
| 8004 | 358308,635 | 4707851,555 | 927,502 | |
| 8005 | 358296,643 | 4707857,626 | 926,377 | |
| 8006 | 358295,260 | 4707858,226 | 927,895 | |
| 8007 | 358304,558 | 4707853,278 | 925,262 | |
| 8008 | 358302,616 | 4707854,082 | 924,610 | |
| 8009 | 358301,974 | 4707854,401 | 924,444 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 8010 | 358300,400 | 4707855,246 | 924,564 | |
| 8011 | 358299,975 | 4707855,428 | 924,692 | |
| 8012 | 358298,480 | 4707856,345 | 925,177 | |
| 8013 | 358308,672 | 4707852,280 | 927,299 | |
| 8014 | 358307,695 | 4707852,834 | 926,777 | |
| 8015 | 358306,856 | 4707853,434 | 926,514 | |
| 8016 | 358306,039 | 4707853,877 | 926,503 | |
| 8017 | 358304,660 | 4707854,491 | 926,390 | |
| 8018 | 358304,228 | 4707854,674 | 926,317 | |
| 8019 | 358303,368 | 4707855,071 | 926,314 | |
| 8020 | 358302,474 | 4707855,536 | 926,267 | |
| 8021 | 358301,567 | 4707856,123 | 926,287 | |
| 8022 | 358300,815 | 4707856,529 | 926,231 | |
| 8023 | 358299,847 | 4707857,046 | 926,144 | |
| 8024 | 358299,046 | 4707857,439 | 925,845 | |
| 8025 | 358298,006 | 4707857,881 | 925,656 | |
| 8026 | 358297,496 | 4707858,176 | 925,942 | |
| 8027 | 358296,799 | 4707858,704 | 926,804 | |
| 8028 | 358311,597 | 4707854,034 | 927,162 | |
| 8029 | 358311,333 | 4707854,385 | 926,840 | |
| 8030 | 358310,511 | 4707854,855 | 926,683 | |
| 8031 | 358307,880 | 4707856,333 | 926,612 | |
| 8032 | 358306,940 | 4707856,740 | 926,660 | |
| 8033 | 358306,174 | 4707857,307 | 926,662 | |
| 8034 | 358305,205 | 4707857,787 | 926,587 | |
| 8035 | 358304,328 | 4707858,205 | 926,592 | |
| 8036 | 358303,414 | 4707858,638 | 926,583 | |
| 8037 | 358302,626 | 4707859,026 | 926,549 | |
| 8038 | 358301,523 | 4707859,602 | 926,558 | |
| 8039 | 358300,696 | 4707859,879 | 926,474 | |
| 8040 | 358299,809 | 4707860,340 | 926,374 | |
| 8041 | 358299,016 | 4707860,650 | 926,426 | |
| 8042 | 358298,045 | 4707861,138 | 926,574 | |
| 8043 | 358297,637 | 4707861,196 | 926,650 | |
| 8044 | 358296,209 | 4707862,041 | 927,623 | |
| 8045 | 358309,642 | 4707855,329 | 926,644 | |
| 8046 | 358308,818 | 4707855,694 | 926,603 | |
| 8047 | 358310,341 | 4707858,597 | 927,812 | |
| 8048 | 358309,042 | 4707859,143 | 927,028 | |
| 8049 | 358308,025 | 4707859,583 | 926,972 | |
| 8050 | 358307,233 | 4707859,981 | 926,975 | |
| 8051 | 358306,312 | 4707860,481 | 926,964 | |
| 8052 | 358305,431 | 4707860,968 | 926,947 | |
| 8053 | 358304,570 | 4707861,365 | 926,846 | |
| 8054 | 358303,604 | 4707861,804 | 926,885 | |
| 8055 | 358302,781 | 4707862,271 | 926,850 | |
| 8056 | 358302,255 | 4707862,572 | 926,863 | |
| 8057 | 358301,488 | 4707862,921 | 927,373 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 8058 | 358302,828 | 4707865,388 | 928,159 | |
| 8059 | 358303,556 | 4707865,258 | 927,386 | |
| 8060 | 358303,821 | 4707865,096 | 927,278 | |
| 8061 | 358304,668 | 4707864,665 | 927,211 | |
| 8062 | 358305,513 | 4707864,271 | 927,219 | |
| 8063 | 358306,435 | 4707863,766 | 927,277 | |
| 8064 | 358307,304 | 4707863,302 | 927,323 | |
| 8065 | 358308,268 | 4707862,869 | 927,343 | |
| 8066 | 358309,220 | 4707862,410 | 927,420 | |
| 8067 | 358309,672 | 4707862,049 | 927,989 | |
| 8068 | 358311,282 | 4707864,606 | 928,537 | |
| 8069 | 358310,480 | 4707865,025 | 927,785 | |
| 8070 | 358309,651 | 4707865,300 | 927,744 | |
| 8071 | 358308,786 | 4707865,678 | 927,679 | |
| 8072 | 358307,893 | 4707866,169 | 927,607 | |
| 8073 | 358307,044 | 4707866,659 | 927,537 | |
| 8074 | 358306,139 | 4707867,094 | 927,597 | |
| 8075 | 358305,260 | 4707867,556 | 927,707 | |
| 8076 | 358304,653 | 4707867,889 | 927,743 | |
| 8077 | 358303,933 | 4707868,189 | 928,435 | |
| 8078 | 358313,089 | 4707866,554 | 928,910 | |
| 8079 | 358311,656 | 4707867,737 | 928,107 | |
| 8080 | 358310,263 | 4707868,217 | 927,971 | |
| 8081 | 358309,862 | 4707868,537 | 927,924 | |
| 8082 | 358312,316 | 4707867,371 | 928,151 | |
| 8083 | 358308,986 | 4707868,989 | 927,892 | |
| 8084 | 358308,105 | 4707869,359 | 927,863 | |
| 8085 | 358307,211 | 4707869,877 | 927,960 | |
| 8086 | 358306,380 | 4707870,321 | 928,084 | |
| 8087 | 358305,521 | 4707870,754 | 928,257 | |
| 8088 | 358304,642 | 4707871,244 | 928,394 | |
| 8089 | 358303,763 | 4707871,686 | 928,500 | |
| 8090 | 358303,046 | 4707872,008 | 928,583 | |
| 8091 | 358302,345 | 4707872,093 | 928,622 | |
| 8092 | 358299,323 | 4707874,003 | 930,412 | |
| 8093 | 358302,472 | 4707875,385 | 929,800 | |
| 8094 | 358303,042 | 4707875,153 | 929,263 | |
| 8095 | 358303,794 | 4707874,921 | 929,184 | |
| 8096 | 358304,495 | 4707874,604 | 929,137 | |
| 8097 | 358305,218 | 4707874,378 | 929,079 | |
| 8098 | 358305,953 | 4707874,196 | 929,578 | |
| 8099 | 358305,022 | 4707875,996 | 929,597 | |
| 8100 | 358303,363 | 4707875,910 | 929,588 | |
| 8101 | 358308,878 | 4707871,532 | 928,085 | |
| 8102 | 358315,494 | 4707869,066 | 928,962 | |
| 8103 | 358314,894 | 4707869,278 | 928,434 | |
| 8104 | 358313,987 | 4707869,702 | 928,390 | |
| 8105 | 358313,105 | 4707870,226 | 928,379 | |

Tabla 10.3 (Cont). Coordenadas UTM ETRS89 30N de los puntos del levantamiento.

| Punto | X (m) | Y (m) | Z (m) | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 8106 | 358312,252 | 4707870,742 | 928,333 | |
| 8107 | 358311,406 | 4707871,187 | 928,246 | |
| 8108 | 358310,499 | 4707871,620 | 928,182 | |
| 8109 | 358309,782 | 4707871,922 | 928,190 | |
| 8110 | 358309,151 | 4707872,204 | 928,720 | |
| 8111 | 358318,807 | 4707870,790 | 929,466 | |
| 8112 | 358317,866 | 4707871,175 | 928,846 | |
| 8113 | 358316,980 | 4707871,535 | 928,747 | |
| 8114 | 358316,085 | 4707872,032 | 928,675 | |
| 8115 | 358315,193 | 4707872,403 | 928,642 | |
| 8116 | 358314,319 | 4707872,845 | 928,635 | |
| 8117 | 358313,434 | 4707873,361 | 928,556 | |
| 8118 | 358312,772 | 4707873,785 | 928,527 | |
| 8119 | 358312,141 | 4707874,205 | 929,218 | |
| 8120 | 358321,932 | 4707871,781 | 930,017 | |
| 8121 | 358321,105 | 4707872,442 | 929,185 | |
| 8122 | 358320,263 | 4707872,949 | 929,102 | |
| 8123 | 358319,431 | 4707873,467 | 929,056 | |
| 8124 | 358318,596 | 4707873,923 | 929,031 | |
| 8125 | 358317,729 | 4707874,379 | 929,091 | |
| 8126 | 358316,882 | 4707874,894 | 929,141 | |
| 8127 | 358316,002 | 4707875,326 | 929,151 | |
| 8128 | 358315,005 | 4707875,999 | 929,788 | |
| 8129 | 358325,687 | 4707873,263 | 930,629 | |
| 8130 | 358324,086 | 4707874,117 | 929,451 | |
| 8131 | 358323,230 | 4707874,639 | 929,401 | |
| 8132 | 358322,416 | 4707875,119 | 929,343 | |
| 8133 | 358321,639 | 4707875,520 | 929,280 | |
| 8134 | 358320,585 | 4707876,270 | 929,283 | |
| 8135 | 358319,593 | 4707876,963 | 929,855 | |
| 8136 | 358328,711 | 4707874,885 | 930,915 | |
| 8137 | 358327,853 | 4707875,499 | 929,808 | |
| 8138 | 358326,975 | 4707876,026 | 929,708 | |
| 8139 | 358326,133 | 4707876,508 | 929,684 | |
| 8140 | 358324,857 | 4707877,219 | 929,672 | |
| 8141 | 358324,114 | 4707877,544 | 929,758 | |
| 8142 | 358323,304 | 4707877,939 | 930,337 | |
| 8143 | 358328,483 | 4707876,226 | 930,009 | |
| 8144 | 358326,138 | 4707878,138 | 929,962 | |

10.2. ANEJO II: EVALUACIÓN DE LOS SEDIMENTOS RETENIDOS

10.2.1. Metodología de Castillo *et al.* (2007)

Una de las primeras aproximaciones para determinar la retención de sedimentos, es la propuesta por Castillo *et al.* (2007). En esta metodología estiman que en zonas montañosas los cauces presentan forma de V, siendo esta la forma predominante en el área de estudio. Básicamente, parten del supuesto de que en estas áreas la sección media de la cuña de sedimentos (w) se calcula como:

$$w = \frac{(w_b + w_s)}{2}$$

- Donde:
- w_b : ancho del canal en la sección aguas abajo del dique.
 - w_s : anchura media de la cuña de sedimentación, calculada como S/l_s , siendo S la superficie de la cuña de sedimentos (m^2) y l_s la longitud de la cuña de sedimentación (m).

Para este caso que nos atañe, el volumen de sedimentos almacenados por los diques se determina mediante la siguiente fórmula:

$$V = \frac{1}{2} \cdot w \cdot l_s \cdot h$$

- Donde:
- h : altura de los sedimentos medidos desde la base del dique.
 - l_s : longitud de la cuña de sedimentos.
 - w : anchura media del canal relleno de sedimentos.

En la Figura 10.16, puede observarse la aplicación de esta metodología con las principales variables que se requieren para determinar con su empleo el volumen de sedimentos retenidos

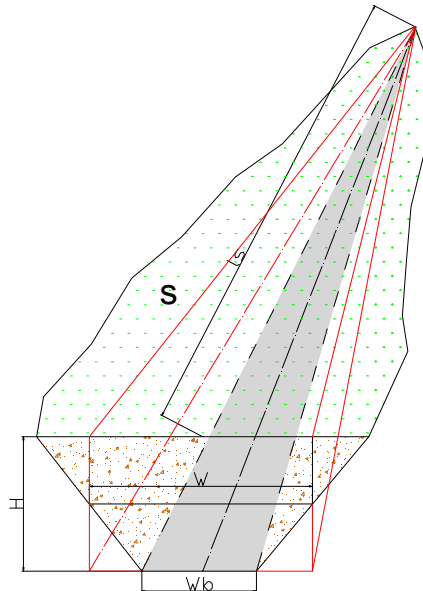


Figura 10.16. Determinación de las variables de cálculo en la metodología de Castillo *et al.*, (2007).

La Tabla 10.4 recoge los valores que nos permiten estimar el volumen de sedimentos retenido empleando la fórmula propuesta por Castillo *et al.* (2007) y el volumen retenido por cada dique aplicando dicha metodología. Hay que destacar, que se ha tratado de mejorar la aproximación por esta metodología cubicando de forma independiente los dos ramales que conforman la cuña de sedimentos en algunos diques de la muestra a analizar.

Tabla 10.4. Parámetros para el cálculo del volumen por la metodología de Castillo *et al.* (2007) y volumen total obtenido por dique aplicando dicha metodología.

| Dique | S (m ²) | ls (m) | ws (m) | wb (m) | w (m) | Altura (m) | V (m ³) | VT (m ³) |
|-------|---------------------|---------|--------|--------|-------|------------|---------------------|----------------------|
| 22 | 151,946 | 21,040 | 7,222 | 0,460 | 3,611 | 2,500 | 101,015 | 101,015 |
| 23 | 640,799 | 55,664 | 11,512 | 0,000 | 5,756 | 4,650 | 744,931 | 754,871 |
| | 28,086 | 7,591 | 3,700 | 0,000 | 1,850 | 1,416 | 9,940 | |
| 24 | 261,543 | 30,675 | 8,526 | 0,000 | 4,263 | 2,090 | 136,656 | 136,656 |
| 25 | 381,242 | 39,793 | 9,581 | 0,000 | 4,790 | 3,320 | 316,431 | 316,431 |
| 26 | 122,950 | 20,818 | 5,906 | 0,000 | 2,953 | 1,780 | 54,712 | 54,712 |
| 27 | 175,131 | 23,960 | 7,309 | 0,000 | 3,655 | 1,710 | 74,869 | 74,869 |
| 28 | 302,411 | 40,931 | 7,388 | 0,000 | 3,694 | 3,150 | 238,147 | 252,052 |
| | 51,456 | 10,850 | 4,743 | 0,000 | 2,371 | 1,081 | 13,905 | |
| 29 | 238,984 | 38,005 | 6,288 | 0,000 | 3,144 | 1,690 | 100,970 | 101,980 |
| | 15,617 | 5,693 | 2,743 | 0,000 | 1,372 | 0,259 | 1,009 | |
| 30 | 129,975 | 22,277 | 5,835 | 0,000 | 2,917 | 2,540 | 82,535 | 82,535 |
| 31 | 148,412 | 21,864 | 6,788 | 0,000 | 3,394 | 2,790 | 103,515 | 103,515 |
| 32 | 138,422 | 26,264 | 5,271 | 0,000 | 2,635 | 2,940 | 101,743 | 101,743 |
| 33 | 130,680 | 20,386 | 6,410 | 1,970 | 4,190 | 1,710 | 73,034 | 115,741 |
| | 102,031 | 17,510 | 5,827 | 1,540 | 3,684 | 1,324 | 42,707 | |
| 34 | 42,160 | 8,869 | 4,754 | 1,880 | 3,317 | 1,260 | 18,533 | 18,533 |
| 35 | 120,996 | 14,451 | 8,373 | 1,080 | 4,726 | 2,280 | 77,863 | 77,863 |
| 36 | 176,178 | 27,275 | 6,453 | 0,910 | 3,682 | 3,530 | 177,381 | 192,330 |
| | 27,223 | 8,899 | 3,059 | 0,550 | 1,805 | 1,862 | 14,948 | |
| 37 | 120,668 | 19,579 | 6,163 | 1,930 | 4,047 | 2,450 | 97,053 | 97,053 |
| 38 | 216,520 | 31,037 | 6,976 | 2,960 | 4,968 | 3,070 | 236,687 | 242,686 |
| | 27,254 | 4,300 | 6,338 | 2,340 | 4,339 | 0,643 | 5,999 | |
| 39 | 16,973 | 4,884 | 3,476 | 0,000 | 1,738 | 2,010 | 8,529 | 8,529 |
| 40 | 32,523 | 7,637 | 4,259 | 0,000 | 2,129 | 2,080 | 16,913 | 16,913 |
| 41 | 28,464 | 8,052 | 3,535 | 0,000 | 1,768 | 2,060 | 14,659 | 14,659 |
| 42 | 306,853 | 41,204 | 7,447 | 0,000 | 3,724 | 2,540 | 194,853 | 201,580 |
| | 43,251 | 10,915 | 3,963 | 0,000 | 1,981 | 0,622 | 6,728 | |
| 43 | 235,144 | 34,735 | 6,770 | 0,000 | 3,385 | 2,520 | 148,140 | 148,140 |
| 44 | 188,554 | 35,600 | 5,297 | 0,000 | 2,648 | 2,480 | 116,905 | 138,383 |
| | 46,839 | 11,838 | 3,957 | 0,000 | 1,978 | 1,834 | 21,478 | |
| 45 | 63,533 | 12,444 | 5,106 | 1,339 | 3,223 | 2,560 | 51,327 | 51,327 |
| 46 | 108,760 | 23,093 | 4,710 | 0,000 | 2,355 | 2,510 | 68,247 | 68,247 |
| Total | 4821,577 | 708,130 | - | - | - | 71,261 | - | 3472,362 |

El volumen total de sedimentos retenidos para la muestra medida de 25 diques empleando la metodología propuesta por Castillo *et al.* (2007) asciende a un total de 3472,362 m³ retenidos.

10.2.2. Metodología de Romero *et al.* (2007)

En esta metodología propuesta por Romero *et al.* (2007), el cálculo del volumen lo realiza asociándolo a la figura geométrica que considera más parecida a la forma tridimensional de los sedimentos acumulados en el dique. Esta es la de una pirámide de base trapezoidal en posición horizontal (Hernández *et al.*, 2004). Por tanto, se trata de un modelo prismático de poca complejidad de variables y de aproximaciones poco ajustadas a la realidad sedimentaria, cuya asunción puede generar determinaciones de volumen escasamente representativas del entorno analizado. En la Figura 10.17, puede observarse la aplicación de esta metodología con las principales variables empleadas y su forma de medición para determinar con su empleo el volumen de sedimentos retenidos mediante la siguiente fórmula:

$$V = \frac{1}{3} \cdot B \cdot H$$

- Donde: - V: es el volumen de sedimentos.
- B: área de la base coincidente con el dique.
- H: longitud de la cuña de sedimentos.

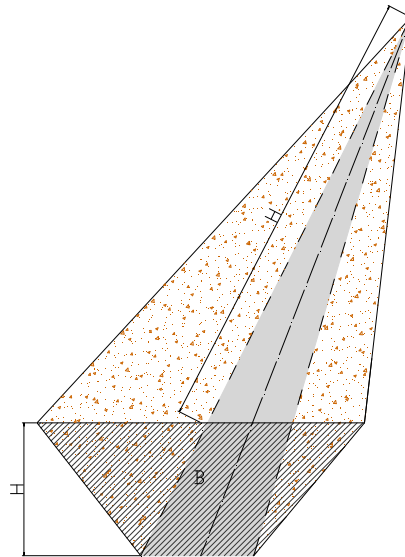


Figura 10.17. Determinación de las variables de cálculo en la metodología de Romero *et al.* (2007).

Al observar esta metodología, hay que destacar su fácil aplicación aunque implica una gran simplificación respecto a la realidad de algunos diques. Se ha tratado de mejorar estas aproximaciones cubicando de forma separada los dos ramales que conforman la cuña de sedimentos en algunos diques de la muestra medida. En la Tabla 10.5 se recogen los valores de las variables que emplea esta metodología en el cálculo de los sedimentos retenidos por el dique, así como el volumen de sedimentos retenido por cada uno de los diques objeto de cubicación.

Tabla 10.5. Parámetros para el cálculo del volumen por la metodología de Romero *et al.* (2007) y volumen total obtenido por dique aplicando dicha metodología (L: longitud; H: Altura; A: Ancho; Ac: Ancho cauce; Ab: Área base; V: volumen).

| Dique | L (m) | H (m) | A (m) | Ac (m) | Ab (m ²) | V (m ³) | VT (m ³) |
|-------|---------|--------|--------|--------|----------------------|---------------------|----------------------|
| 22 | 21,040 | 2,500 | 13,665 | 0,460 | 17,081 | 119,797 | 119,797 |
| 23 | 55,664 | 4,650 | 17,594 | 0,000 | 40,906 | 759,005 | 769,538 |
| | 7,591 | 1,416 | 5,881 | 0,000 | 4,163 | 10,533 | |
| 24 | 30,675 | 2,090 | 10,543 | 0,000 | 11,017 | 112,653 | 112,653 |
| 25 | 39,793 | 3,320 | 11,920 | 0,000 | 19,787 | 262,462 | 262,462 |
| 26 | 20,818 | 1,780 | 7,363 | 0,000 | 6,553 | 45,474 | 45,474 |
| 27 | 23,960 | 1,710 | 8,650 | 0,000 | 7,396 | 59,070 | 59,070 |
| 28 | 40,931 | 3,150 | 12,960 | 0,000 | 20,412 | 278,497 | 290,095 |
| | 10,850 | 1,081 | 5,934 | 0,000 | 3,207 | 11,597 | |
| 29 | 38,005 | 1,690 | 8,500 | 0,000 | 7,183 | 90,990 | 92,055 |
| | 5,693 | 0,259 | 4,341 | 0,000 | 0,561 | 1,065 | |
| 30 | 22,277 | 2,540 | 9,684 | 0,000 | 12,299 | 91,327 | 91,327 |
| 31 | 21,864 | 2,790 | 9,401 | 0,000 | 13,115 | 95,582 | 95,582 |
| 32 | 26,264 | 2,940 | 7,602 | 0,000 | 11,175 | 97,831 | 97,831 |
| 33 | 20,386 | 1,710 | 9,830 | 1,970 | 8,405 | 68,558 | 103,437 |
| | 17,510 | 1,324 | 7,485 | 1,540 | 5,976 | 34,879 | |
| 34 | 8,869 | 1,260 | 4,938 | 1,880 | 4,295 | 12,698 | 12,698 |
| 35 | 14,451 | 2,280 | 11,117 | 1,080 | 13,904 | 66,978 | 66,978 |
| 36 | 27,275 | 3,530 | 9,800 | 0,910 | 18,903 | 171,862 | 190,322 |
| | 8,899 | 1,862 | 6,136 | 0,550 | 6,224 | 18,461 | |
| 37 | 19,579 | 2,450 | 8,773 | 1,930 | 11,910 | 77,731 | 85,566 |
| 38 | 31,037 | 3,070 | 11,513 | 2,960 | 22,216 | 229,216 | 232,095 |
| | 4,300 | 0,643 | 2,565 | 2,340 | 1,577 | 2,261 | |
| 39 | 4,884 | 2,010 | 5,901 | 0,000 | 5,830 | 9,490 | 9,490 |
| 40 | 7,637 | 2,080 | 5,672 | 0,000 | 5,899 | 15,017 | 15,017 |
| 41 | 8,052 | 2,060 | 6,723 | 0,000 | 6,945 | 18,586 | 18,586 |
| 42 | 41,204 | 2,540 | 8,905 | 0,000 | 11,309 | 155,328 | 159,096 |
| | 10,915 | 0,622 | 3,329 | 0,000 | 1,036 | 3,768 | |
| 43 | 34,735 | 2,520 | 8,628 | 0,000 | 10,871 | 125,864 | 125,864 |
| 44 | 35,600 | 2,480 | 7,321 | 0,000 | 9,078 | 107,731 | 130,621 |
| | 11,838 | 1,834 | 6,325 | 0,000 | 5,801 | 22,890 | |
| 45 | 12,444 | 2,560 | 10,038 | 1,339 | 14,563 | 60,406 | 60,406 |
| 46 | 23,093 | 2,510 | 7,738 | 0,000 | 9,711 | 74,749 | 74,749 |
| Total | 708,130 | 71,261 | - | - | - | - | 3320,973 |

El volumen total de sedimentos retenidos para la muestra medida de 25 diques empleando la metodología propuesta por Romero *et al.* (2007) asciende a un total de 3320,973 m³ retenidos.

10.2.3. Metodología de Sougnez *et al.* (2011)

Esta metodología se apoya en la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para realizar la estimación del volumen. El procedimiento tal y como se explicó en la metodología, se apoya en la creación de dos Modelos Digitales del Terreno (MDT) a partir de datos de levantamiento topográfico, uno de superficie de cuña de sedimentos y otro del lecho colmatado por los sedimentos a partir de interpretaciones de cauce sin corregir. En el caso que nos atañe, se han creado estos

dos MDT para cada dique y tal y como propone la metodología se han restado mediante el empleo de un SIG (Surfer 11) para obtener el volumen de sedimentos retenido o almacenado por el dique. La Figura 10.18 presenta los MDTs creados para determinar el volumen tanto en un dique de cuña simple (dique 26) como en otro de cuña doble (dique 38). En la Tabla 10.6 se presentan los valores del volumen de sedimentos retenido para cada dique, obtenido mediante la resta de cada par de MDTs calculados.

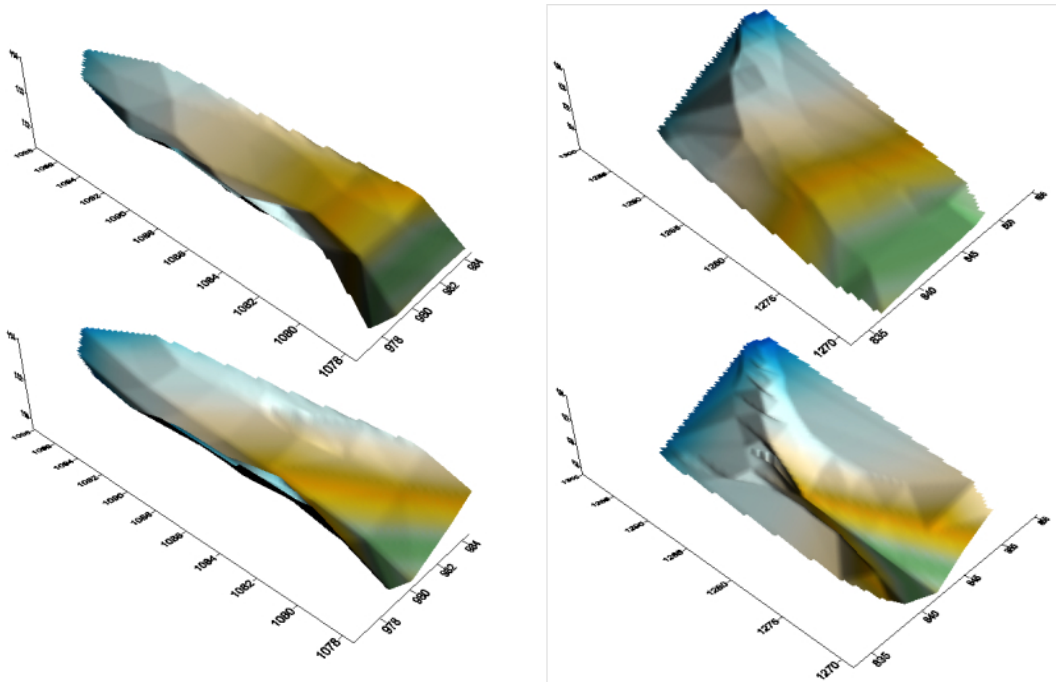


Figura 10.18. MDTs creados para el dique 26 (izquierda) y 38 (derecha).

Tabla 10.6. Volumen total obtenido por dique aplicando la metodología de Sougnez *et al.* (2011).

| Dique | Volumen retenido (m ³) |
|-------|------------------------------------|
| 22 | 128,234 |
| 23 | 845,170 |
| 24 | 206,794 |
| 25 | 420,312 |
| 26 | 85,976 |
| 27 | 103,377 |
| 28 | 313,897 |
| 29 | 126,581 |
| 30 | 84,433 |
| 31 | 115,794 |
| 32 | 115,497 |
| 33 | 125,474 |
| 34 | 12,235 |
| 35 | 68,366 |
| 36 | 186,767 |
| 37 | 73,179 |

Tabla 10.6 (Cont). Volumen total obtenido por dique aplicando la metodología de Sougnez *et al.* (2011).

| Dique | Volumen retenido (m ³) |
|-------|------------------------------------|
| 38 | 176,254 |
| 39 | 8,581 |
| 40 | 17,129 |
| 41 | 15,635 |
| 42 | 199,258 |
| 43 | 203,102 |
| 44 | 163,185 |
| 45 | 41,612 |
| 46 | 77,318 |
| Total | 3914,157 |

El volumen total de sedimentos retenidos para la muestra medida de 25 diques empleando la metodología propuesta por Sougnez *et al.* (2011) asciende a un total de 3914,157 m³ retenidos.

10.2.4. Metodología de Bellín *et al.* (2011)

Esta metodología surge de forma paralela a la planteada por Sougnez *et al.* (2011). Se trata de un método que se apoya en la hipótesis de que las secciones que se pueden determinar en una cuña de sedimentos presentan básicamente una forma trapezoidal. Apoyándonos en los puntos realizados en el levantamiento topográfico, se han determinado las secciones transversales de la cuña junto con las pendientes medidas con clinómetro. En el apartado de metodología se puede comprobar de forma más precisa como realizar estas determinaciones. Las tablas 10.7 a 10.11 recogen los valores de las áreas obtenidas para cada sección transversal en cada uno de los diques que componen la muestra analizada.

Tabla 10.7. Área de cada sección (m²) estimada por dique (C: sección centro, I: cauce izquierda y D: cauce derecha) aplicando los principios establecidos en la metodología de Bellín *et al.* (2011).

| Sección | Área de la sección para cada dique (m ²) | | | | | | | |
|---------|--|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | D 22 | D 23C | D 23I | D 23D | D 24 | D 25 | D 26 | D 27 |
| 1 | 23,227 | 44,352 | - | - | 17,147 | 20,181 | 10,187 | 10,030 |
| 2 | 20,915 | 57,650 | - | - | 16,161 | 21,653 | 8,392 | 9,263 |
| 3 | 17,043 | 52,108 | - | - | 14,044 | 23,611 | 6,702 | 7,691 |
| 4 | 12,171 | 44,852 | - | - | 15,023 | 18,924 | 5,141 | 7,784 |
| 5 | 8,537 | 0,751 | 9,658 | 31,404 | 12,467 | 13,849 | 5,439 | 6,686 |
| 6 | 6,926 | 0,000 | 3,287 | 34,861 | 7,989 | 14,122 | 4,390 | 7,191 |
| 7 | 3,624 | - | 0,497 | 33,258 | 5,962 | 11,961 | 3,260 | 2,343 |
| 8 | 1,025 | - | 0,000 | 25,997 | 4,556 | 7,840 | 1,318 | 2,923 |
| 9 | 0,471 | - | - | 31,506 | 3,738 | 6,043 | 0,000 | 2,522 |
| 10 | 0,453 | - | - | 34,045 | 3,643 | 5,056 | - | - |
| 11 | - | - | - | 17,111 | 0,000 | 0,000 | - | - |
| 12 | - | - | - | 4,454 | - | - | - | - |
| 13 | - | - | - | 0,000 | - | - | - | - |

Tabla 10.8. Área de cada sección (m²) estimada por dique (C: sección centro, I: cauce izquierda y D: cauce derecha) aplicando los principios establecidos en la metodología de Bellín *et al.* (2011).

| Sección | Área de la sección para cada dique (m ²) | | | | | | | |
|---------|--|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--|
| | D 28C | D 28I | D 28D | D 29 | D 30 | D 31 | D 32 | |
| 1 | 28,062 | - | - | 9,423 | 12,438 | 12,461 | 10,121 | |
| 2 | 17,391 | - | - | 10,445 | 12,047 | 17,940 | 11,912 | |
| 3 | 14,050 | - | - | 12,838 | 6,782 | 9,800 | 6,726 | |
| 4 | 12,048 | - | - | 5,448 | 4,029 | 7,066 | 6,120 | |
| 5 | 1,068 | 7,549 | 6,673 | 4,188 | 3,824 | 6,956 | 3,789 | |
| 6 | 0,000 | 2,431 | 6,076 | 4,080 | 3,287 | 4,779 | 3,207 | |
| 7 | - | 1,510 | 3,970 | 2,255 | 3,126 | 3,902 | 2,899 | |
| 8 | - | 0,000 | 2,220 | 1,260 | 1,124 | 2,265 | 2,325 | |
| 9 | - | - | 1,747 | 1,446 | 0,645 | 1,396 | 1,547 | |
| 10 | - | - | 0,000 | 1,166 | 0,000 | 0,000 | 0,402 | |
| 11 | - | - | - | 0,000 | - | - | 0,000 | |

Tabla 10.9. Área de cada sección (m²) estimada por dique (C: sección centro, I: cauce izquierda y D: cauce derecha) aplicando los principios establecidos en la metodología de Bellín *et al.* (2011).

| Sección | Área de la sección para cada dique (m ²) | | | | | | | | |
|---------|--|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|
| | D 33C | D 33I | D 33D | D 34 | D 35 | D 36C | D 36I | D 36D | D 37 |
| 1 | 11,070 | - | - | 3,518 | 12,304 | 16,352 | - | - | 9,091 |
| 2 | 16,299 | - | - | 2,901 | 8,884 | 19,860 | - | - | 9,221 |
| 3 | 16,081 | - | - | 2,002 | 7,582 | 0,060 | 6,540 | 16,933 | 8,440 |
| 4 | 0,083 | 9,124 | 6,543 | 2,018 | 5,961 | 0,000 | 1,710 | 9,765 | 11,770 |
| 5 | 0,000 | 1,793 | 3,083 | 1,201 | 2,585 | - | 0,153 | 6,489 | 4,015 |
| 6 | - | 0,125 | 0,748 | 0,750 | 1,434 | - | 0,000 | 2,948 | 3,264 |
| 7 | - | 0,000 | 0,244 | 0,000 | 0,000 | - | - | 3,453 | 2,888 |
| 8 | - | - | 0,000 | - | - | - | - | 3,232 | 1,117 |
| 9 | - | - | - | - | - | - | - | 1,592 | 0,000 |
| 10 | - | - | - | - | - | - | - | 0,000 | - |
| 11 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabla 10.10. Área de cada sección (m²) estimada por dique (C: sección centro, I: cauce izquierda y D: cauce derecha) aplicando los principios establecidos en la metodología de Bellín *et al.* (2011).

| Sección | Área de la sección para cada dique (m ²) | | | | | | | | |
|---------|--|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--|
| | D 38C | D 38I | D 38D | D 39 | D 40 | D 41 | D 42 | D 43 | |
| 1 | 20,408 | - | - | 5,393 | 4,958 | 4,369 | 13,517 | 13,196 | |
| 2 | 27,050 | - | - | 3,256 | 4,146 | 3,658 | 14,526 | 11,128 | |
| 3 | 10,676 | - | - | 2,237 | 3,625 | 2,589 | 13,512 | 8,360 | |
| 4 | 6,986 | - | - | 0,388 | 2,384 | 2,277 | 12,988 | 7,141 | |
| 5 | 7,055 | - | - | 0,181 | 1,013 | 0,888 | 8,556 | 6,724 | |
| 6 | 0,521 | 2,931 | 5,025 | 0,000 | 0,000 | 0,676 | 5,212 | 8,501 | |
| 7 | 0,000 | 0,371 | 5,684 | - | - | 0,400 | 5,120 | 7,330 | |

Tabla 10.10 (Cont). Área de cada sección (m²) estimada por dique (C: sección centro, I: cauce izquierda y D: cauce derecha) aplicando los principios establecidos en la metodología de Bellín *et al.* (2011).

| Sección | Área de la sección para cada dique (m ²) | | | | | | | |
|---------|--|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| | D 38C | D 38I | D 38D | D 39 | D 40 | D 41 | D 42 | D 43 |
| 8 | - | 0,000 | 4,319 | - | - | 0,064 | 5,194 | 4,565 |
| 9 | - | - | 3,849 | - | - | 0,000 | 3,193 | 4,413 |
| 10 | - | - | 1,525 | - | - | - | 3,416 | 2,480 |
| 11 | - | - | 0,600 | - | - | - | 2,362 | 0,000 |
| 12 | - | - | 0,000 | - | - | - | 0,000 | - |

Tabla 10.11. Área de cada sección (m²) estimada por dique (C: sección centro, I: cauce izquierda y D: cauce derecha) aplicando los principios establecidos en la metodología de Bellín *et al.* (2011).

| Sección | Área de la sección para cada dique (m ²) | | | | |
|---------|--|-------|-------|--------|--------|
| | D 44C | D 44I | D 44D | D 45 | D 46 |
| 1 | 10,116 | - | - | 16,514 | 10,019 |
| 2 | 14,947 | - | - | 10,865 | 9,969 |
| 3 | 0,506 | 4,520 | 9,757 | 7,044 | 6,037 |
| 4 | 0,000 | 3,296 | 8,075 | 5,675 | 3,683 |
| 5 | - | 0,942 | 5,629 | 4,475 | 3,254 |
| 6 | - | 0,000 | 5,531 | 3,118 | 2,928 |
| 7 | - | - | 5,992 | 1,050 | 2,647 |
| 8 | - | - | 6,050 | 0,382 | 1,756 |
| 9 | - | - | 2,406 | 0,000 | 0,533 |
| 10 | - | - | 1,112 | - | 0,000 |
| 11 | - | - | 0,000 | - | - |

Una vez determinado el área de cada sección, se ha aplicado la fórmula de la media de las secciones extremas para determinar el volumen total de sedimentos retenidos para cada dique. Esta fórmula es la siguiente:

$$V = \frac{B_1 + B_2}{2} \cdot h$$

Donde: - h: distancia entre secciones extremas.
 - B₁ y B₂: área de las secciones extremas.

Se decidió el empleo de esta fórmula ya que la metodología plantea emplear la fórmula que más se asemeje a la figura que quedaría entre las secciones obtenidas. Además hay que destacar que en muchos casos se declinó el realizar más de 10 secciones ya que los diques presentan una cuña de longitud muy pequeña y este mayor esfuerzo de trabajo en campo apenas repercute en una mejora de los resultados de volumen obtenidos, ya que el realizar secciones intermedias cuando las equidistancias entre secciones realizadas en campo han sido menores de 4 metros (lo cual es muy pequeño), apenas garantiza una mejora de los resultados como demuestra Díaz (2011). Los resultados de volumen obtenidos con la aplicación de la

fórmula de la formula de la media de las secciones para cada dique, se pueden observar en la Tabla 10.12.

Tabla 10.12. Volumen total obtenido por dique aplicando la metodología de Bellín *et al.* (2011).

| <u>Dique</u> | <u>Volumen retenido (m³)</u> |
|--------------|---|
| 22 | 122,279 |
| 23 | 1237,033 |
| 24 | 223,543 |
| 25 | 360,025 |
| 26 | 99,956 |
| 27 | 119,653 |
| 28 | 360,097 |
| 29 | 143,376 |
| 30 | 71,291 |
| 31 | 111,092 |
| 32 | 82,271 |
| 33 | 130,727 |
| 34 | 15,384 |
| 35 | 79,704 |
| 36 | 240,735 |
| 37 | 113,676 |
| 38 | 258,666 |
| 39 | 8,744 |
| 40 | 20,470 |
| 41 | 12,731 |
| 42 | 244,281 |
| 43 | 207,882 |
| 44 | 221,318 |
| 45 | 61,310 |
| 46 | 89,787 |
| Total | 4636,028 |

El volumen total de sedimentos retenidos para la muestra medida de 25 diques empleando la metodología propuesta por Bellín *et al.* (2011) asciende a un total de 4636,028 m³ retenidos.

10.2.5. Metodología de Díaz (2011)

Esta metodología surge de un proyecto colaborativo desarrollado por la U. D. de Hidráulica e Hidrología de la E.T.S.I.I.A.A. de Palencia y el Grupo de Hidrología y Conservación de la Universidad Católica de Ávila para tratar de obtener un modelo metodológico para estimar con garantías el proceso sedimentario en diques.

El modelo analizado y desarrollado extensamente en el apartado de metodología, se basa en la generación de secciones a través del cálculo con el software AUTOCAD para los puntos del levantamiento topográfico, obteniendo para cada uno de los diques de la zona de estudio, el área de cada sección transversal de

la cuña de sedimentos estimada. Los resultados del área obtenida por sección para cada dique se presentan en las Tablas 10.13 a 10.17.

Tabla 10.13. Área de cada sección (m²) estimada por dique (C: sección centro, I: cauce izquierda y D: cauce derecha) aplicando los principios establecidos en la metodología de Díaz (2011).

| Sección | Área de la sección para cada dique (m ²) | | | | | | | | |
|---------|--|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| | D 22 | D 23C | D 23I | D 23D | D 24C | D 24I | D 24D | D 25 | D 26 |
| 1 | 18,528 | 44,869 | - | - | 14,810 | - | - | 26,256 | 8,800 |
| 2 | 16,957 | 46,547 | - | - | 14,090 | - | - | 24,802 | 11,755 |
| 3 | 14,717 | 42,861 | 16,760 | 26,101 | 12,819 | - | - | 26,611 | 10,159 |
| 4 | 13,373 | - | 12,701 | 23,375 | 13,558 | - | - | 15,808 | 6,645 |
| 5 | 15,979 | - | 6,224 | 16,889 | 9,486 | - | - | 16,112 | 4,446 |
| 6 | 25,719 | - | 1,521 | 12,028 | 8,698 | - | - | 11,176 | 2,026 |
| 7 | 8,314 | - | 0,130 | 7,827 | 5,657 | - | - | 8,604 | 0,956 |
| 8 | 6,934 | - | 0,000 | 4,447 | 2,646 | - | - | 6,215 | 0,213 |
| 9 | 0,471 | - | - | 2,227 | 0,051 | 0,109 | 0,039 | 4,231 | 0,000 |
| 10 | 0,453 | - | - | 1,036 | 0,013 | 0,031 | 0,113 | 2,561 | - |
| 11 | - | - | - | 0,567 | 0,000 | 0,045 | 0,000 | 1,551 | - |
| 12 | - | - | - | 0,452 | - | 0,000 | - | 0,851 | - |
| 13 | - | - | - | 0,725 | - | - | - | 0,540 | - |
| 14 | - | - | - | 0,546 | - | - | - | 0,000 | - |
| 15 | - | - | - | 0,246 | - | - | - | - | - |
| 16 | - | - | - | 0,030 | - | - | - | - | - |
| 17 | - | - | - | 0,000 | - | - | - | - | - |

Tabla 10.14. Área de cada sección (m²) estimada por dique (C: sección centro, I: cauce izquierda y D: cauce derecha) aplicando los principios establecidos en la metodología de Díaz (2011).

| Sección | Área de la sección para cada dique (m ²) | | | | | | | | |
|---------|--|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | D 27 | D 28C | D 28I | D 28D | D 29C | D 29I | D 29D | D 30 | D 31 |
| 1 | 7,742 | 23,765 | - | - | - | 5,211 | 5,737 | 8,709 | 14,795 |
| 2 | 6,143 | 18,407 | - | - | - | 3,252 | 9,279 | 7,185 | 12,336 |
| 3 | 5,309 | 9,228 | - | - | - | 0,981 | 6,808 | 5,235 | 9,465 |
| 4 | 4,821 | 6,105 | - | - | 5,533 | 0,000 | - | 3,645 | 6,686 |
| 5 | 5,211 | 0,633 | 2,308 | 2,724 | 3,692 | - | - | 2,707 | 4,649 |
| 6 | 4,955 | 0,000 | 0,675 | 1,229 | 1,879 | - | - | 1,708 | 2,834 |
| 7 | 2,351 | - | 0,064 | 0,631 | 0,806 | - | - | 1,181 | 1,452 |
| 8 | 2,928 | - | 0,000 | 0,373 | 0,301 | - | - | 0,345 | 0,984 |
| 9 | 2,522 | - | - | 0,210 | 0,479 | - | - | 0,181 | 0,405 |
| 10 | - | - | - | 0,000 | 0,190 | 0,440 | 0,118 | 0,000 | 0,000 |
| 11 | - | - | - | - | 0,000 | 0,183 | 0,056 | - | - |
| 12 | - | - | - | - | - | 0,000 | 0,062 | - | - |
| 13 | - | - | - | - | - | - | 0,000 | - | - |

Tabla 10.15. Área de cada sección (m²) estimada por dique (C: sección centro, I: cauce izquierda y D: cauce derecha) aplicando los principios establecidos en la metodología de Díaz (2011).

| Sección | Área de la sección para cada dique (m ²) | | | | | | | | |
|---------|--|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|
| | D 32 | D 33C | D 33I | D 33D | D 34 | D 35 | D 36C | D 36I | D 36D |
| 1 | 12,342 | 10,557 | - | - | 3,326 | 11,035 | 20,232 | - | - |
| 2 | 10,490 | 12,894 | 5,952 | 6,942 | 2,446 | 6,647 | 1,140 | 5,722 | 12,692 |
| 3 | 9,356 | 1,292 | 3,825 | 4,470 | 1,513 | 3,341 | 0,107 | 2,099 | 10,028 |
| 4 | 7,963 | 0,091 | 1,525 | 2,377 | 1,104 | 1,743 | 0,000 | 0,401 | 7,147 |
| 5 | 4,171 | 0,000 | 0,134 | 0,768 | 0,619 | 0,644 | - | 0,022 | 5,666 |
| 6 | 3,524 | - | 0,038 | 0,103 | 0,065 | 0,171 | - | 0,000 | 5,411 |
| 7 | 2,528 | - | 0,000 | 0,016 | 0,000 | 0,000 | - | - | 1,785 |
| 8 | 1,216 | - | - | 0,000 | - | - | - | - | 0,828 |
| 9 | 0,393 | - | - | - | - | - | - | - | 0,104 |
| 10 | 0,010 | - | - | - | - | - | - | - | 0,000 |
| 11 | 0,000 | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabla 10.16. Área de cada sección (m²) estimada por dique (C: sección centro, I: cauce izquierda y D: cauce derecha) aplicando los principios establecidos en la metodología de Díaz (2011).

| Sección | Área de la sección para cada dique (m ²) | | | | | | | | |
|---------|--|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | D 37 | D 38C | D 38I | D 38D | D 39 | D 40 | D 41 | D 43 | D 45 |
| 1 | 10,126 | 14,789 | - | - | 3,721 | 4,016 | 3,935 | 12,554 | 12,595 |
| 2 | 7,389 | 12,122 | - | - | 2,475 | 2,073 | 2,539 | 12,479 | 15,390 |
| 3 | 5,191 | 10,362 | - | - | 0,918 | 1,499 | 1,460 | 11,809 | 14,423 |
| 4 | 3,706 | 6,841 | - | - | 0,496 | 0,565 | 0,910 | 7,913 | 8,048 |
| 5 | 2,951 | 2,451 | 1,735 | 1,683 | 0,253 | 0,277 | 0,660 | 6,517 | 5,511 |
| 6 | 1,494 | 2,163 | 3,010 | 4,221 | 0,000 | 0,000 | 0,229 | 4,641 | 2,307 |
| 7 | 1,082 | 0,000 | 1,919 | 4,619 | - | - | 0,054 | 4,078 | 1,272 |
| 8 | 0,451 | - | 0,000 | 3,722 | - | - | 0,001 | 3,177 | 0,193 |
| 9 | 0,000 | - | - | 3,432 | - | - | 0,000 | 1,428 | - |
| 10 | - | - | - | 2,338 | - | - | - | 0,753 | - |
| 11 | - | - | - | 1,816 | - | - | - | 0,300 | - |
| 12 | - | - | - | 0,000 | - | - | - | 0,105 | - |

Tabla 10.17. Área de cada sección (m²) estimada por dique (C: sección centro, I: cauce izquierda y D: cauce derecha) aplicando los principios establecidos en la metodología de Díaz (2011).

| Sección | Área de la sección para cada dique (m ²) | | | | | | |
|---------|--|-------|-------|--------|-------|-------|--------|
| | D 42C | D 42I | D 42D | D 44C | D 44I | D 44D | D 46 |
| 1 | 11,339 | - | - | 12,556 | - | - | 11,856 |
| 2 | 9,949 | - | - | 2,664 | 3,855 | 7,575 | 8,463 |
| 3 | 8,589 | - | - | 0,504 | 2,781 | 9,099 | 5,650 |
| 4 | 7,075 | - | - | 0,000 | 1,898 | 8,538 | 3,466 |
| 5 | 5,584 | - | - | - | 0,961 | 6,288 | 2,581 |
| 6 | 7,816 | - | - | - | 0,000 | 4,778 | 1,506 |

Tabla 10.17 (Cont). Área de cada sección (m²) estimada por dique (C: sección centro, I: cauce izquierda y D: cauce derecha) aplicando los principios establecidos en la metodología de Díaz (2011).

| Sección | Área de la sección para cada dique (m ²) | | | | | | |
|---------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | D 42C | D 42I | D 42D | D 44C | D 44I | D 44D | D 46 |
| 7 | 3,189 | - | - | - | - | 3,730 | 0,742 |
| 8 | 2,309 | - | - | - | - | 2,598 | 0,308 |
| 9 | 1,511 | - | - | - | - | 1,447 | 0,404 |
| 10 | 0,814 | - | - | - | - | 1,078 | 0,000 |
| 11 | 0,397 | 0,495 | 0,748 | - | - | 0,420 | - |
| 12 | 0,011 | 0,250 | 0,562 | - | - | 0,000 | - |
| 13 | 0,000 | 0,364 | 0,204 | - | - | - | - |
| 14 | - | 0,000 | 0,186 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | 0,000 | - | - | - | - |

Una vez determinado el área de cada sección, se ha aplicado la fórmula del prismoide para determinar el volumen total de sedimentos retenidos para cada dique. La fórmula del prismoide es la siguiente:

$$V = \frac{d}{6}(B_1 + B_2 + 4B_m)$$

- Donde: - d: distancia entre secciones extremas.
 - B₁ y B₂: área de las secciones extremas.
 - B_m: área de la sección intermedia.

Este volumen calculado empleando la fórmula del prismoide se ha realizado con la utilización de una sección intermedia (por ejemplo, entre la sección 1 y 3 empleando la 2 como sección intermedia) y variando la distancia entre la última sección y el final de la cuña ya que esta distancia no se mantiene equidistante. Además para aquellos diques en los que la cuña se divide en dos cauces o más, se han realizado los ajustes necesarios que permitieran calcular el volumen, descomponiendo las áreas en función de la variación de la forma de la cuña de sedimentos. En la determinación del volumen de sedimentos, debe tenerse en cuenta la forma y dimensiones del dique, para en el caso de que sea necesario descontar el volumen del dique. En el caso de la zona de estudio, no será necesario descontar volumen ocupado por los gaviones ya que al tratarse de dique escalonados aguas abajo, los sedimentos comenzarán a depositarse sobre el paramento vertical. Los resultados de volumen obtenidos con la aplicación de la fórmula del prismoide se pueden observar en la Tabla 10.18.

Tabla 10.18. Volumen total obtenido por dique aplicando la metodología de Díaz (2011).

| Dique | Volumen retenido (m ³) |
|-------|------------------------------------|
| 22 | 234,459 |
| 23 | 610,718 |
| 24 | 228,399 |
| 25 | 386,966 |
| 26 | 102,347 |
| 27 | 109,479 |

Tabla 10.18 (Cont). Volumen total obtenido por dique aplicando la metodología de Díaz (2011).

| Dique | Volumen retenido (m³) |
|--------------|---|
| 28 | 222,595 |
| 29 | 121,855 |
| 30 | 65,980 |
| 31 | 115,108 |
| 32 | 114,987 |
| 33 | 93,262 |
| 34 | 10,989 |
| 35 | 44,286 |
| 36 | 164,904 |
| 37 | 66,949 |
| 38 | 202,728 |
| 39 | 6,139 |
| 40 | 9,337 |
| 41 | 7,665 |
| 42 | 169,506 |
| 43 | 177,016 |
| 44 | 192,767 |
| 45 | 79,380 |
| 46 | 70,922 |
| Total | 3608,740 |

El volumen total de sedimentos retenidos para la muestra medida de 25 diques empleando la metodología propuesta por Díaz (2011) asciende a un total de 3608,740 m³ retenidos.

10.2.6. Correcciones en las metodologías de Castillo et al. (2007) y Romero et al. (2007)

La utilización de estas dos metodologías de forma directa en campo, provoca que se produzcan una serie de simplificaciones, que podrían interpretarse como desajustes cuando hablamos de geometría y de la utilización figuras geométricas como plantean estos dos modelos prismáticos. Además habría que plantearse la veracidad de los supuestos que plantean estos modelos.

La primera de estas simplificaciones, es asumir que la medición de la longitud de la cuña de sedimentos se realiza sobre la superficie de esta, lo cual conlleva medir una distancia que no es la horizontal, sino que esta mayorada por la pendiente de compensación generada por la cuña de sedimentos. La segunda de las simplificaciones detectadas, es relativa a que la cuña de sedimentos no es perpendicular al dique, sino que esta trascurre de forma oblicua al paramento del dique, lo que supone una nueva mayoración. Por ultimo, la tercera simplificación detectada, es relativa a la medición de la altura de los sedimentos retenidos. Esta medición es propuesta como una medida directa sobre el paramento del dique, sin tener en cuenta la influencia de la pendiente del cauce en la reducción de esta altura de sedimentos, ya que no es lo mismo medir esta variable aguas abajo que aguas arriba del dique.

Por lo tanto, teniendo en cuenta esta serie de simplificaciones o desajustes geométricos en estas metodologías, se han recalculado nuevamente los volúmenes de sedimentos retenidos por ambos métodos, utilizando las variables corregidas en cada caso. En la Tabla 10.19, se pueden observar los volúmenes de sedimentos retenidos empleando la metodología propuesta por Castillo *et al.* (2007) con las correcciones planteadas. De forma similar, la Tabla 10.20 recoge los resultados de volumen obtenidos con el empleo de la metodología de Romero *et al.* (2007) tras el empleo de las variables corregidas.

Tabla 10.19. Parámetros para el cálculo del volumen por la metodología de Castillo *et al.* (2007) y volumen total obtenido por dique aplicando dicha metodología, con las correcciones establecidas.

| Dique | S (m ²) | ls (m) | ws (m) | wb (m) | w (m) | Altura (m) | V (m ³) | VT (m ³) |
|-------|---------------------|---------|--------|--------|-------|------------|---------------------|----------------------|
| 22 | 151,946 | 20,822 | 7,297 | 0,460 | 3,649 | 2,292 | 92,545 | 92,545 |
| 23 | 640,799 | 52,581 | 12,187 | 0,000 | 6,093 | 4,219 | 675,819 | 685,759 |
| | 28,086 | 6,702 | 4,191 | 0,000 | 2,095 | 1,416 | 9,940 | |
| 24 | 261,543 | 27,929 | 9,364 | 0,000 | 4,682 | 1,919 | 125,462 | 125,462 |
| 25 | 381,242 | 39,367 | 9,684 | 0,000 | 4,842 | 2,988 | 284,826 | 284,826 |
| 26 | 122,950 | 20,622 | 5,962 | 0,000 | 2,981 | 1,548 | 47,591 | 47,591 |
| 27 | 175,131 | 23,251 | 7,532 | 0,000 | 3,766 | 1,591 | 69,650 | 74,869 |
| 28 | 302,411 | 40,410 | 7,484 | 0,000 | 3,742 | 2,870 | 216,995 | 230,900 |
| | 51,456 | 10,439 | 4,929 | 0,000 | 2,465 | 1,081 | 13,905 | |
| 29 | 238,984 | 35,781 | 6,679 | 0,000 | 3,340 | 1,423 | 85,001 | 86,010 |
| | 15,617 | 3,741 | 4,174 | 0,000 | 2,087 | 0,259 | 1,009 | |
| 30 | 129,975 | 21,790 | 5,965 | 0,000 | 2,982 | 2,346 | 76,234 | 76,234 |
| 31 | 148,412 | 21,136 | 7,022 | 0,000 | 3,511 | 2,496 | 92,624 | 92,624 |
| 32 | 138,422 | 20,470 | 6,762 | 0,000 | 3,381 | 2,566 | 88,801 | 88,801 |
| 33 | 130,680 | 19,464 | 6,714 | 1,970 | 4,342 | 1,573 | 66,481 | 105,826 |
| | 102,031 | 10,915 | 9,348 | 1,540 | 5,444 | 1,324 | 39,345 | |
| 34 | 42,160 | 8,780 | 4,802 | 1,880 | 3,341 | 0,947 | 13,891 | 13,891 |
| 35 | 120,996 | 13,802 | 8,767 | 1,080 | 4,923 | 1,664 | 56,539 | 56,539 |
| 36 | 176,178 | 27,703 | 6,360 | 0,910 | 3,635 | 3,227 | 162,485 | 176,956 |
| | 27,223 | 7,033 | 3,871 | 0,550 | 2,210 | 1,862 | 14,471 | |
| 37 | 120,668 | 18,793 | 6,421 | 1,930 | 3,685 | 2,204 | 86,458 | 86,458 |
| 38 | 216,520 | 30,933 | 7,000 | 2,960 | 4,980 | 2,821 | 217,267 | 223,257 |
| | 27,254 | 4,278 | 6,371 | 2,340 | 4,356 | 0,643 | 5,990 | |
| 39 | 16,973 | 4,692 | 3,617 | 0,000 | 1,809 | 1,460 | 6,197 | 6,197 |
| 40 | 32,523 | 7,343 | 4,429 | 0,000 | 2,215 | 1,640 | 13,338 | 13,338 |
| 41 | 28,464 | 7,519 | 3,786 | 0,000 | 1,893 | 1,384 | 9,845 | 9,845 |
| 42 | 306,853 | 41,112 | 7,464 | 0,000 | 3,732 | 2,426 | 186,129 | 192,857 |
| | 43,251 | 9,759 | 4,432 | 0,000 | 2,216 | 0,622 | 6,728 | |
| 43 | 235,144 | 34,159 | 6,884 | 0,000 | 3,442 | 2,317 | 136,184 | 136,184 |
| 44 | 188,554 | 25,548 | 7,380 | 0,000 | 3,690 | 2,233 | 105,256 | 126,734 |
| | 46,839 | 10,774 | 4,347 | 0,000 | 2,174 | 1,834 | 21,478 | |
| 45 | 63,533 | 11,684 | 5,438 | 1,339 | 3,388 | 2,023 | 40,036 | 40,036 |
| 46 | 108,760 | 22,399 | 4,856 | 0,000 | 2,428 | 2,179 | 59,239 | 59,239 |
| Total | 4821,577 | 661,730 | - | - | - | 63,396 | - | 3132,974 |

Tabla 10.20. Parámetros para el cálculo del volumen por la metodología de Romero *et al.* (2007) y volumen total obtenido por dique aplicando dicha metodología, con las correcciones establecidas (L: longitud; H: Altura; A: Ancho; Ac: Ancho cauce; Ab: Área base; V: volumen).

| Dique | L (m) | H (m) | A (m) | Ac (m) | Ab (m ²) | V (m ³) | VT (m ³) |
|-------|---------|--------|--------|--------|----------------------|---------------------|----------------------|
| 22 | 20,822 | 2,292 | 13,665 | 0,460 | 17,081 | 112,337 | 112,337 |
| 23 | 52,581 | 4,219 | 17,594 | 0,000 | 40,906 | 650,451 | 659,751 |
| | 6,702 | 1,416 | 5,881 | 0,000 | 4,163 | 9,300 | |
| 24 | 27,929 | 1,919 | 10,543 | 0,000 | 11,017 | 94,168 | 94,168 |
| 25 | 39,367 | 2,988 | 11,920 | 0,000 | 19,787 | 233,721 | 233,721 |
| 26 | 20,622 | 1,548 | 7,363 | 0,000 | 6,553 | 39,184 | 39,184 |
| 27 | 23,251 | 1,591 | 8,650 | 0,000 | 7,396 | 53,327 | 53,327 |
| 28 | 40,410 | 2,870 | 12,960 | 0,000 | 20,412 | 250,524 | 261,683 |
| | 10,439 | 1,081 | 5,934 | 0,000 | 3,207 | 11,159 | |
| 29 | 35,781 | 1,423 | 8,500 | 0,000 | 7,183 | 72,116 | 72,816 |
| | 3,741 | 0,259 | 4,341 | 0,000 | 0,561 | 0,700 | |
| 30 | 21,790 | 2,346 | 9,684 | 0,000 | 12,299 | 82,511 | 82,511 |
| 31 | 21,136 | 2,496 | 9,401 | 0,000 | 13,115 | 82,677 | 82,677 |
| 32 | 20,470 | 2,566 | 7,602 | 0,000 | 11,175 | 66,553 | 66,553 |
| 33 | 19,464 | 1,573 | 9,830 | 1,970 | 8,405 | 60,223 | 81,965 |
| | 10,915 | 1,324 | 7,485 | 1,540 | 5,976 | 21,742 | |
| 34 | 8,780 | 0,947 | 4,938 | 1,880 | 4,295 | 9,449 | 9,449 |
| 35 | 13,802 | 1,664 | 11,117 | 1,080 | 13,904 | 46,687 | 46,687 |
| 36 | 27,703 | 3,227 | 9,800 | 0,910 | 18,903 | 159,588 | 174,177 |
| | 7,033 | 1,862 | 6,136 | 0,550 | 6,224 | 14,590 | |
| 37 | 18,793 | 2,204 | 8,773 | 1,930 | 11,910 | 73,872 | 73,872 |
| 38 | 30,933 | 2,821 | 11,513 | 2,960 | 22,216 | 210,481 | 212,729 |
| | 4,278 | 0,643 | 2,565 | 2,340 | 1,577 | 2,249 | |
| 39 | 4,692 | 1,460 | 5,901 | 0,000 | 5,830 | 6,739 | 6,739 |
| 40 | 7,343 | 1,640 | 5,672 | 0,000 | 5,899 | 11,386 | 11,386 |
| 41 | 7,519 | 1,384 | 6,723 | 0,000 | 6,945 | 11,656 | 11,656 |
| 42 | 41,112 | 2,426 | 8,905 | 0,000 | 11,309 | 148,045 | 151,413 |
| | 9,759 | 0,622 | 3,329 | 0,000 | 1,036 | 3,369 | |
| 43 | 34,159 | 2,317 | 8,628 | 0,000 | 10,871 | 113,788 | 113,788 |
| 44 | 25,548 | 2,233 | 7,321 | 0,000 | 9,078 | 69,609 | 90,442 |
| | 10,774 | 1,834 | 6,325 | 0,000 | 5,801 | 20,833 | |
| 45 | 11,684 | 2,023 | 10,038 | 1,339 | 14,563 | 44,809 | 44,809 |
| 46 | 22,399 | 2,179 | 7,738 | 0,000 | 9,711 | 62,933 | 62,933 |
| Total | 661,730 | 63,396 | - | - | - | - | 2850,774 |

El volumen total de sedimentos retenidos para la muestra medida de 25 diques empleando la metodología corregida propuesta por Castillo *et al.* (2007) asciende a un total de 3132,974 m³ retenidos, mientras que empleando la metodología corregida propuesta por Romero *et al.* (2007) para la misma muestra de diques, asciende a un total de 2850,774 m³ retenidos. Estos volúmenes suponen una disminución del total retenido respecto de la aplicación directa de ambas metodologías, de 470,199 m³ en la utilización de la metodología de Castillo *et al.* (2007) y de 339,388 m³ en la aplicación de la metodología de Romero *et al.* (2007).

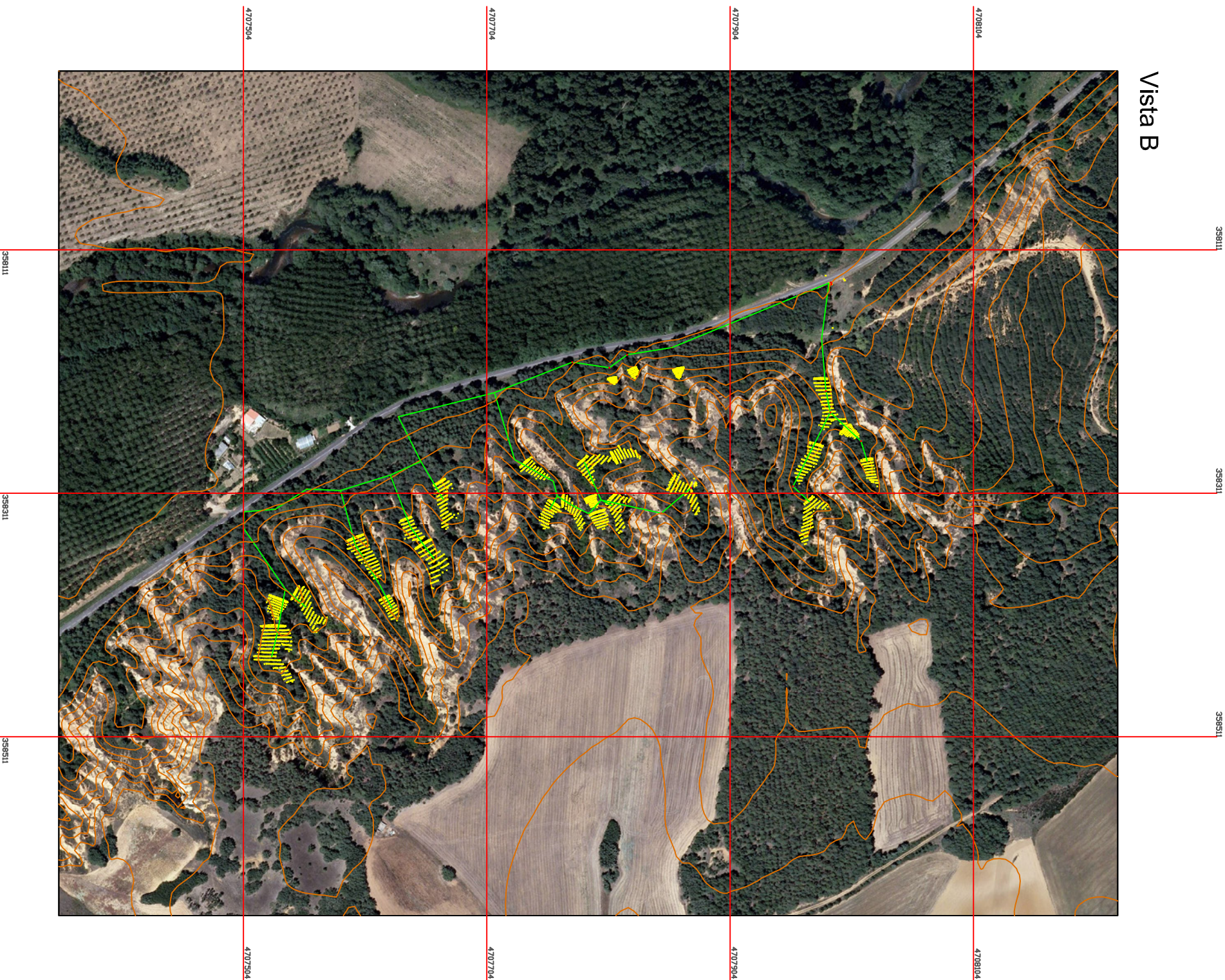
ANEJO (II)

ÍNDICE ANEJO (II)

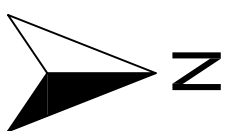
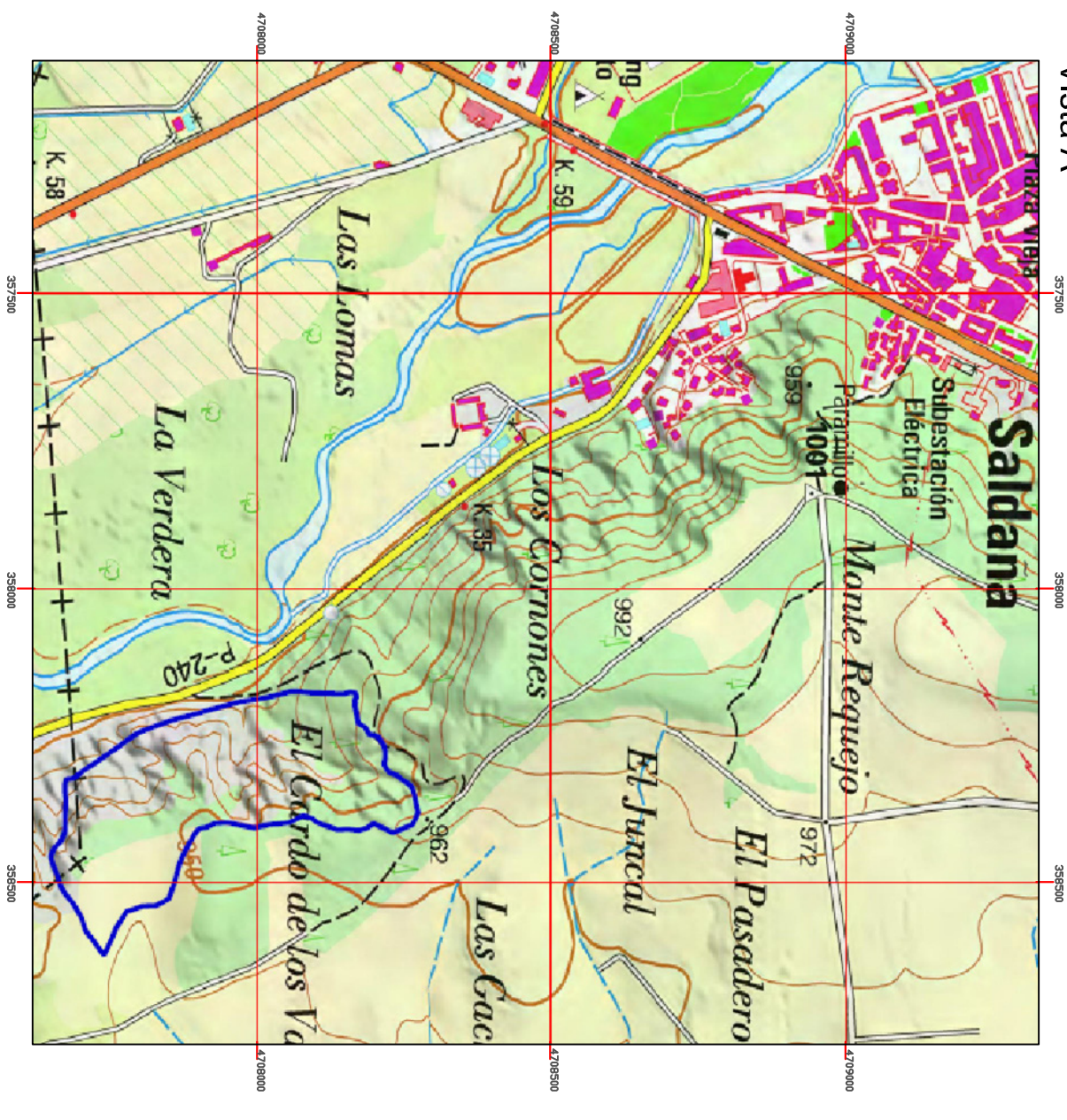
| | |
|--|------------|
| 10.3. ANEJO III: PLANOS..... | 199 |
| <u>1. Situación levantamiento topográfico</u> | 201 |
| <u>2. Secciones cuñas diques 22 a 29</u> | 202 |
| <u>3. Secciones cuñas diques 30 a 41</u> | 203 |
| <u>4. Secciones cuñas diques 42 a 46</u> | 204 |
| <u>5. Secciones dique 22 (MD).....</u> | 205 |
| <u>6. Secciones dique 23 (MD).....</u> | 206 |
| <u>7. Secciones dique 23 (MD).....</u> | 207 |
| <u>8. Secciones dique 24 (MD).....</u> | 208 |
| <u>9. Secciones dique 25 (MD).....</u> | 209 |
| <u>10. Secciones dique 26 y 27 (MD).....</u> | 210 |
| <u>11. Secciones dique 27 y 28 (MD).....</u> | 211 |
| <u>12. Secciones dique 28 y 29 (MD).....</u> | 212 |
| <u>13. Secciones dique 29 y 30 (MD).....</u> | 213 |
| <u>14. Secciones dique 31 y 32 (MD).....</u> | 214 |
| <u>15. Secciones dique 32 y 33 (MD).....</u> | 215 |
| <u>16. Secciones dique 33, 34 y 35 (MD).....</u> | 216 |
| <u>17. Secciones dique 35 y 36 (MD).....</u> | 216 |
| <u>18. Secciones dique 37 y 38 (MD).....</u> | 218 |
| <u>19. Secciones dique 38 y 39 (MD).....</u> | 219 |
| <u>20. Secciones dique 40 y 41 (MD).....</u> | 220 |
| <u>21. Secciones dique 42 (MD).....</u> | 221 |
| <u>22. Secciones dique 42 y 43 (MD).....</u> | 222 |
| <u>23. Secciones dique 44 (MD).....</u> | 223 |
| <u>24. Secciones dique 45 y 46 (MD).....</u> | 224 |
| <u>25. Secciones dique 22 y 23 (MB).....</u> | 225 |
| <u>26. Secciones dique 23 (MB).....</u> | 226 |
| <u>27. Secciones dique 23 y 24 (MB).....</u> | 227 |
| <u>28. Secciones dique 25 y 26 (MB).....</u> | 228 |
| <u>29. Secciones dique 26 y 27 (MB).....</u> | 229 |
| <u>30. Secciones dique 28 y 29 (MB).....</u> | 230 |
| <u>31. Secciones dique 29 y 30 (MB).....</u> | 231 |
| <u>32. Secciones dique 30, 31 y 32 (MB).....</u> | 232 |
| <u>33. Secciones dique 32 y 33 (MB).....</u> | 233 |

| | |
|--|-----|
| <u>34. Secciones dique 33, 34 y 35 (MB)</u> | 234 |
| <u>35. Secciones dique 36 y 37 (MB)</u> | 235 |
| <u>36. Secciones dique 37 y 38 (MB)</u> | 236 |
| <u>37. Secciones dique 39 y 40 (MB)</u> | 237 |
| <u>38. Secciones dique 41 y 42 (MB)</u> | 238 |
| <u>39. Secciones dique 42 y 43 (MB)</u> | 239 |
| <u>40. Secciones dique 43 y 44 (MB)</u> | 240 |
| <u>41. Secciones dique 45 y 46 (MB)</u> | 241 |

Vista B



Vista A



LEYENDA

| | |
|--|---------------------------|
| | SITUACIÓN ZONA DE ESTUDIO |
| | PUNTOS LEVANTAMIENTO |
| | PUNTOS ESTACION |
| | ENLACES ESTACIONES |
| | CURVAS DE NIVEL |



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
 MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:

EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SITUACIÓN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA:

B: 1/4000

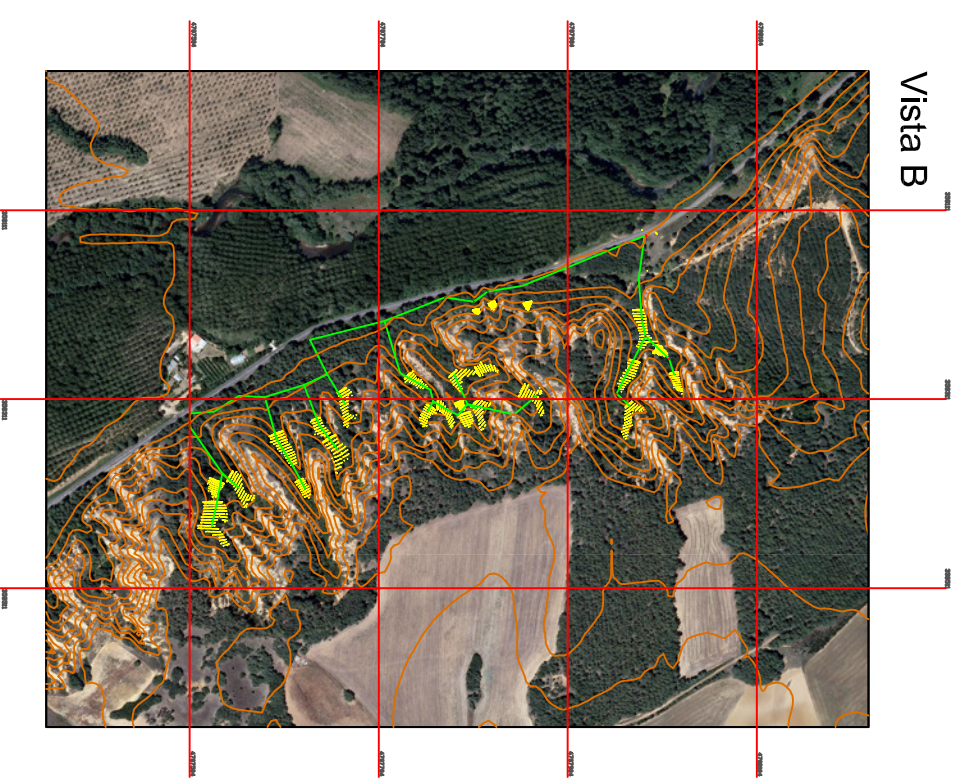
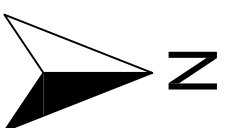
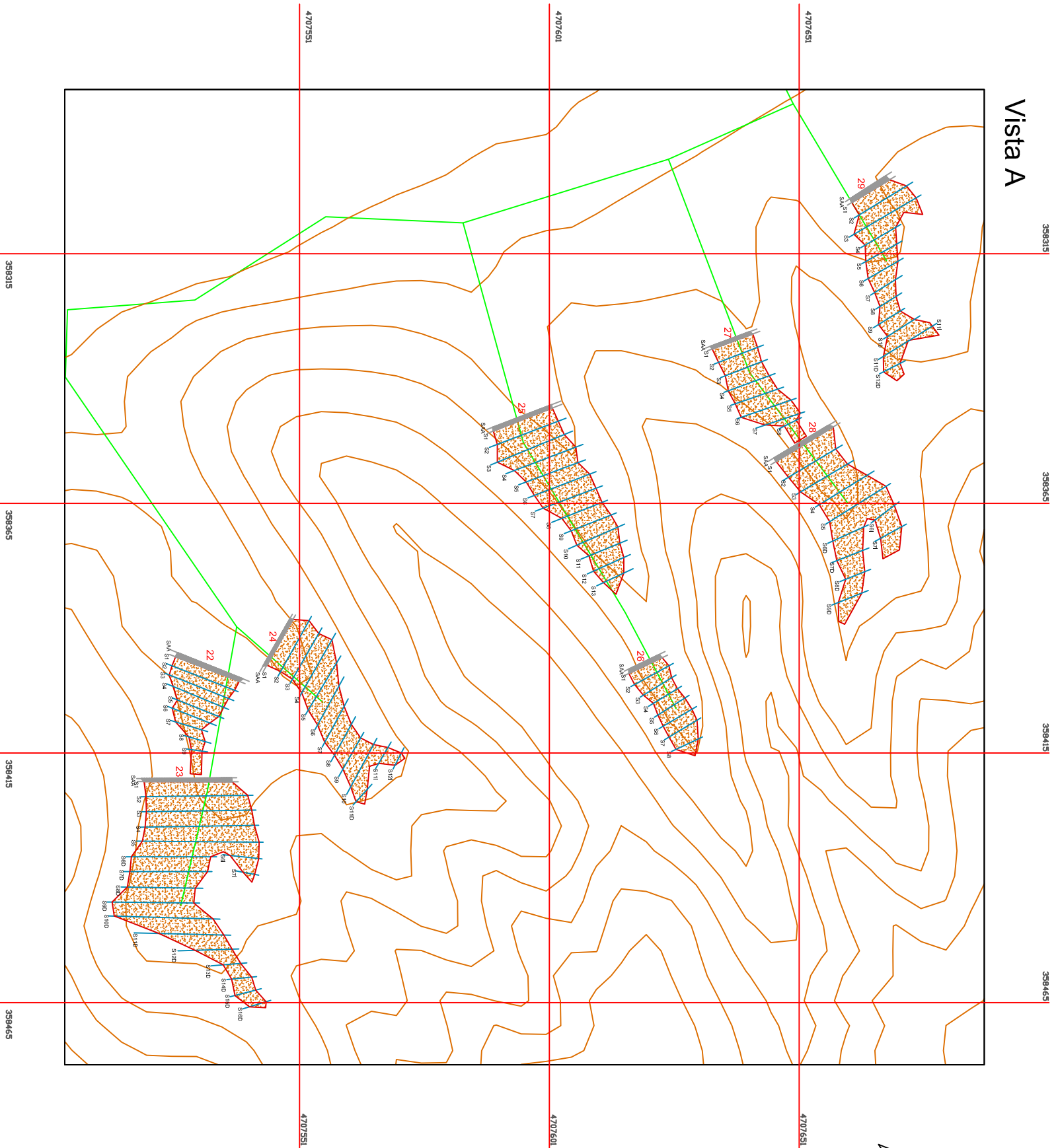
A: 1/12000

PLANO Nº:

1

(PROYECCIÓN: UTM ETRS89 30N)

Fdo: Iván Ramos Díez
 I.T. Forestal



LEYENDA

| | |
|--|------------------------------|
| | PUNTOS LEVANTAMIENTO |
| | PUNTOS ESTACION |
| | ENLACES ESTACIONES |
| | CONTORNO CUÑA DE SEDIMENTOS |
| | SECCIONES CUÑA DE SEDIMENTOS |
| | CUÑA DE SEDIMENTOS |
| | CONTORNO DIQUES |
| | DIQUE |
| | CURVAS DE NIVEL |



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
 MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
 EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS
 RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES CUÑAS DIQUES 22 A 29

EL AUTOR:

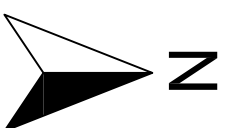
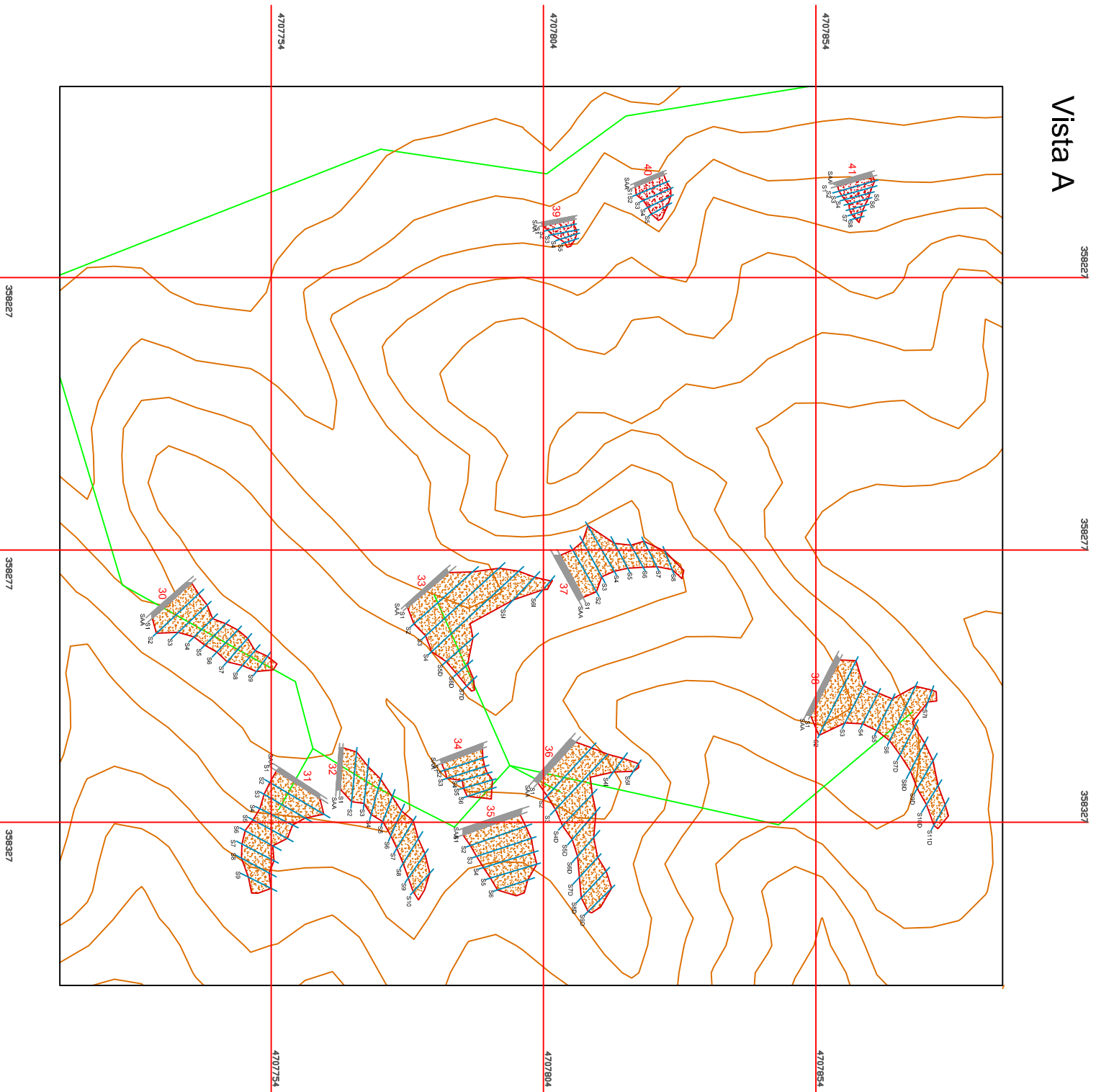
FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA:
 A: 1/1000
 B: 1/8000

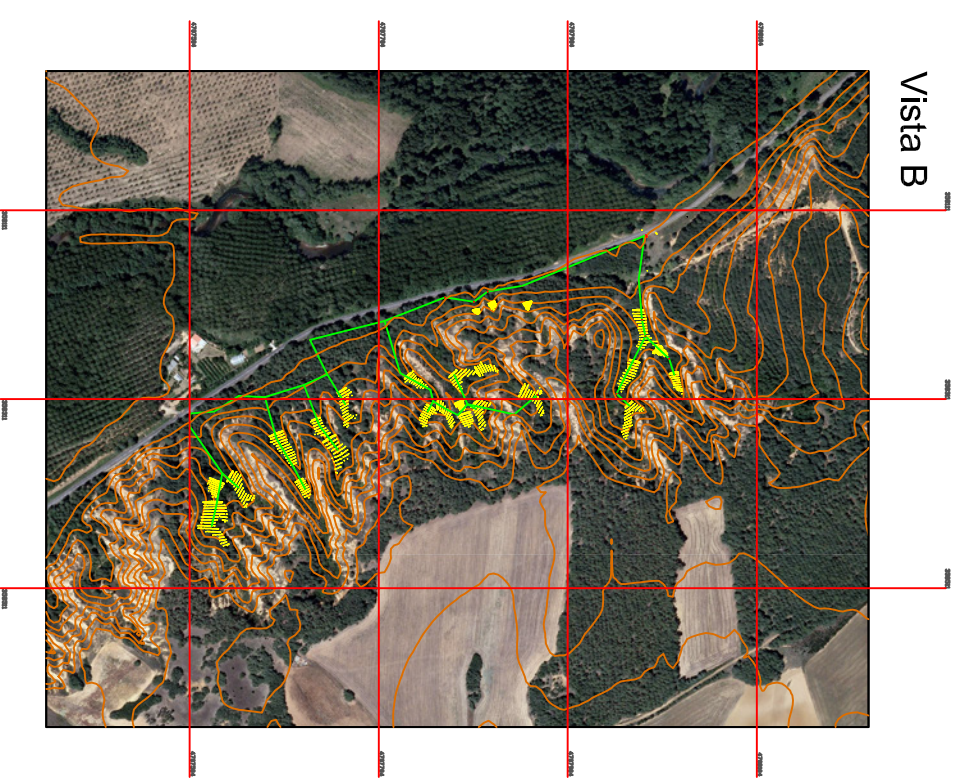
PLANO Nº:
 2
 (PROYECCIÓN: UTM ETRS89 30N)

Fdo: Iván Ramos Diez
 I.T. Forestal

Vista A



Vista B



LEYENDA

| | |
|--|------------------------------|
| | PUNTOS LEVANTAMIENTO |
| | PUNTOS ESTACION |
| | ENLACES ESTACIONES |
| | CONTORNO CUÑA DE SEDIMENTOS |
| | SECCIONES CUÑA DE SEDIMENTOS |
| | CUÑA DE SEDIMENTOS |
| | CONTORNO DIQUES |
| | DIQUE |
| | CURVAS DE NIVEL |



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
 MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
 EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES CUÑAS DIQUES 30 A 41

FECHA: JUNIO DE 2014

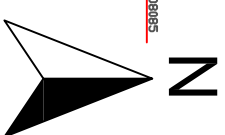
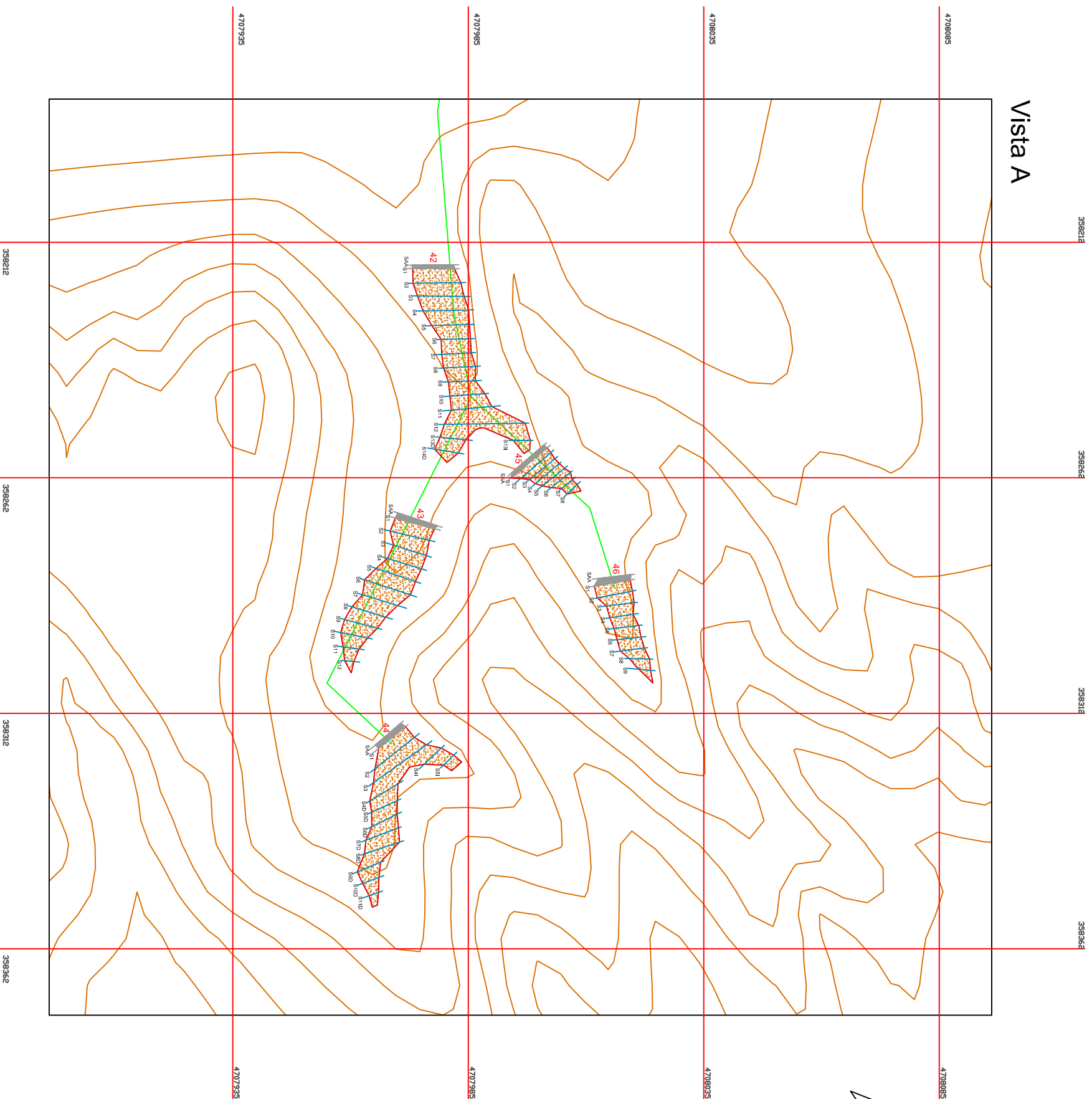
ESCALA:
 A: 1/1000
 B: 1/8000

EL AUTOR:

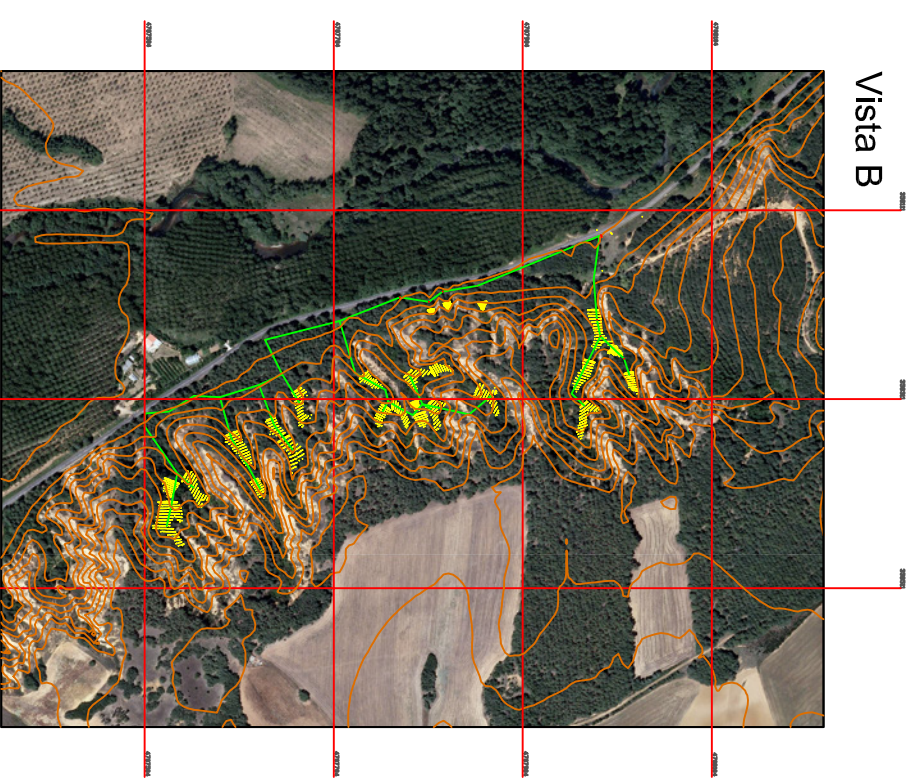
PLANO Nº:
 3
(PROYECCIÓN: UTM ETRS89 30N)

Fdo: Iván Ramos Díez
 I.T. Forestal

Vista A

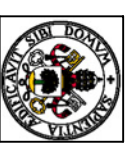


Vista B



LEYENDA

| | |
|--|------------------------------|
| | PUNTOS LEVANTAMIENTO |
| | PUNTOS ESTACION |
| | ENLACES ESTACIONES |
| | CONTORNO CUÑA DE SEDIMENTOS |
| | SECCIONES CUÑA DE SEDIMENTOS |
| | CUÑA DE SEDIMENTOS |
| | CONTORNO DIQUES |
| | DIQUE |
| | CURVAS DE NIVEL |



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES CUÑAS DIQUES 42 A 46

FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA:
A: 1/1000
B: 1/8000

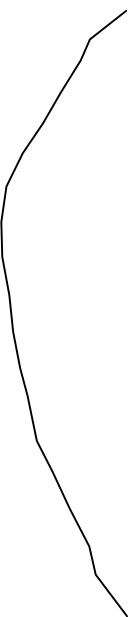
EL AUTOR:

Iván Ramos

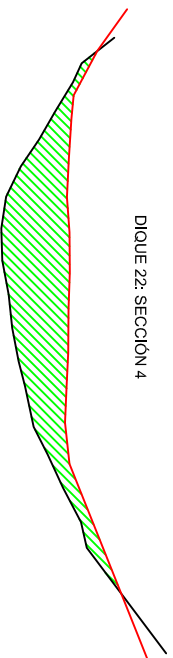
Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal

PLANO Nº:
4
(PROYECCIÓN: UTM ETRS89 30N)

DIQUE 22: SECCION AGUAS ABAJO



DIQUE 22: SECCION 4



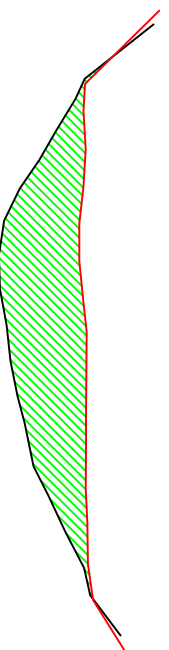
$A_4 = 13,373 \text{ m}^2$

DIQUE 22: SECCION 8



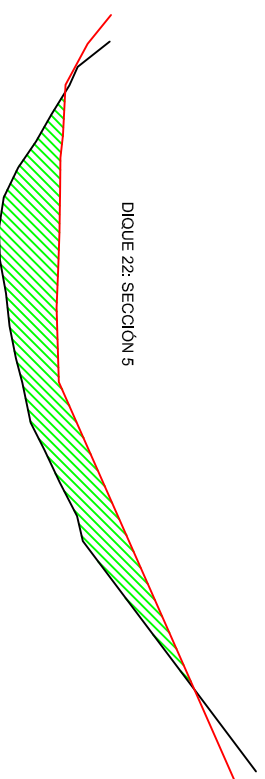
$A_8 = 6,934 \text{ m}^2$

DIQUE 22: SECCION 1



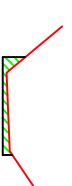
$A_1 = 18,528 \text{ m}^2$

DIQUE 22: SECCION 5



$A_5 = 15,979 \text{ m}^2$

DIQUE 22: SECCION 9



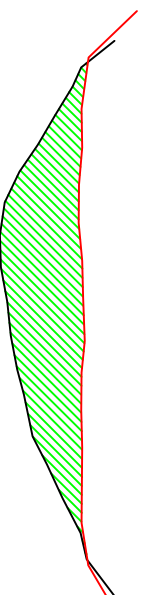
$A_9 = 0,471 \text{ m}^2$

DIQUE 22: SECCION 10



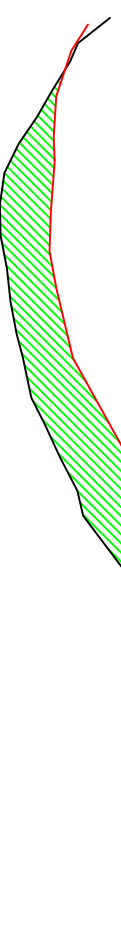
$A_{10} = 0,453 \text{ m}^2$

DIQUE 22: SECCION 2



$A_2 = 16,957 \text{ m}^2$

DIQUE 22: SECCION 6



$A_6 = 25,719 \text{ m}^2$

DIQUE 22: SECCION 3






$A_3 = 14,717 \text{ m}^2$

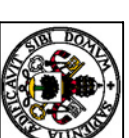
DIQUE 22: SECCION 7



$A_7 = 8,314 \text{ m}^2$

LEYENDA

-  SECCION CUÑA DE SEDIMENTOS
-  SECCION AGUAS ABAJO
-  AREA DE CADA SECCION



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS
RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 22 (MD)

EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA:

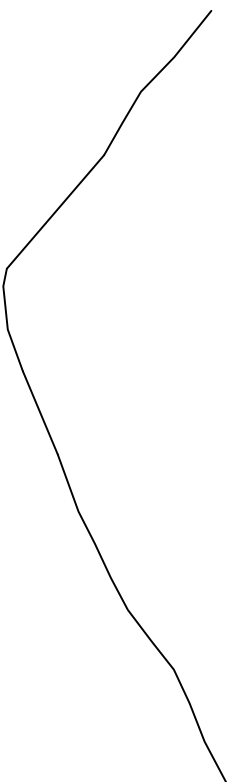
1/200

PLANO Nº:

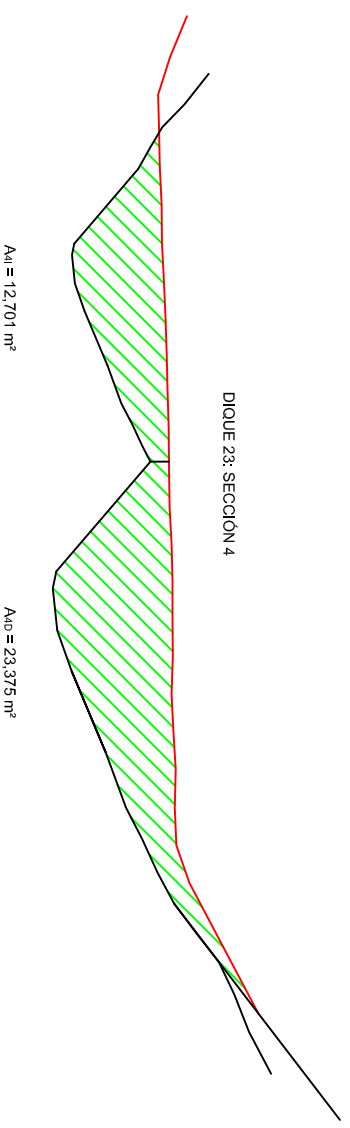
5

Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal

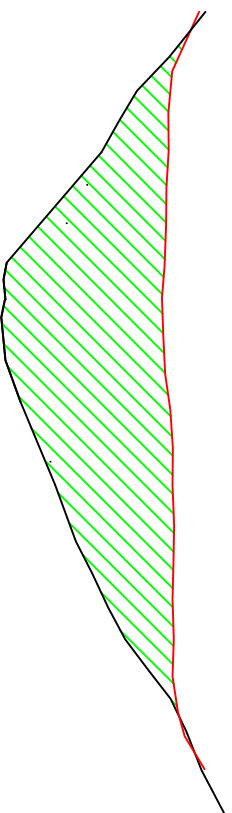
DIQUE 23: SECCION AGUAS ABAJO



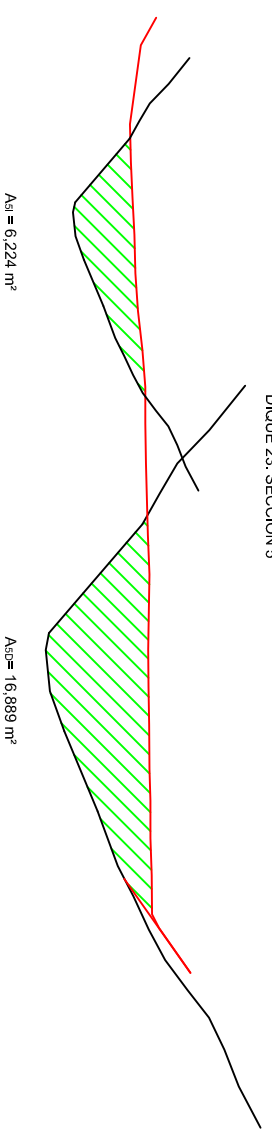
DIQUE 23: SECCION 4



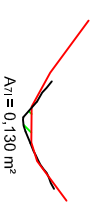
DIQUE 23: SECCION 1



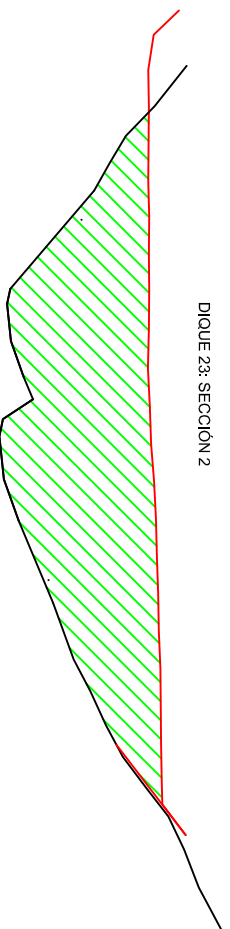
DIQUE 23: SECCION 5



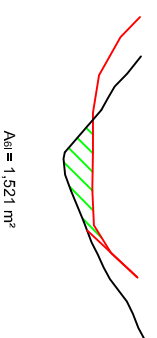
DIQUE 23: SECCION 7I






DIQUE 23: SECCION 2



DIQUE 23: SECCION 6I



LEYENDA

-  SECCION CUÑA DE SEDIMENTOS
-  SECCION AGUAS ABAJO
-  AREA DE CADA SECCION

$A_2 = 46,547 \text{ m}^2$

$A_1 = 44,889 \text{ m}^2$

$A_{4I} = 12,701 \text{ m}^2$

$A_{4B} = 23,375 \text{ m}^2$

$A_{5I} = 6,224 \text{ m}^2$

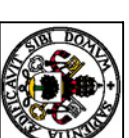
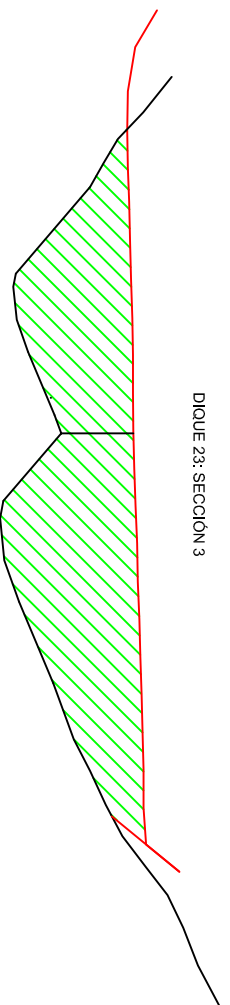
$A_{5B} = 16,889 \text{ m}^2$

$A_{7I} = 0,130 \text{ m}^2$

$A_{3I} = 16,760 \text{ m}^2$

$A_{3B} = 26,101 \text{ m}^2$

DIQUE 23: SECCION 3



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 23 (MD)

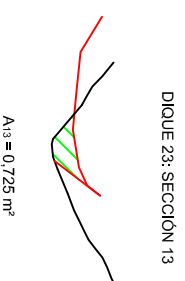
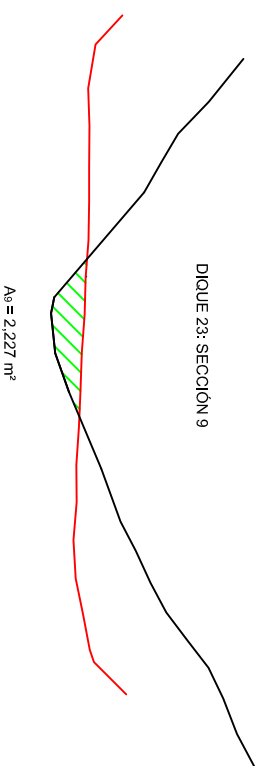
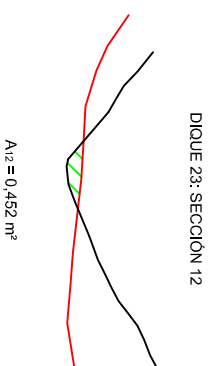
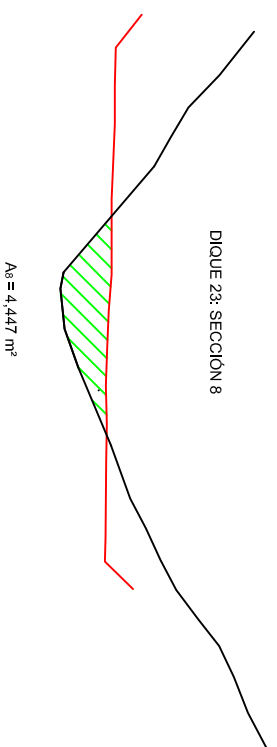
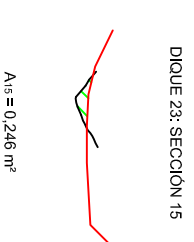
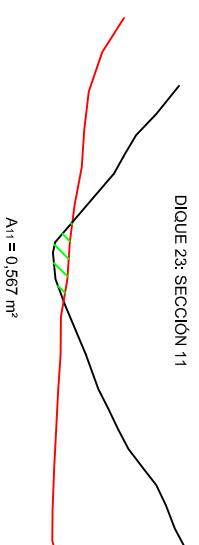
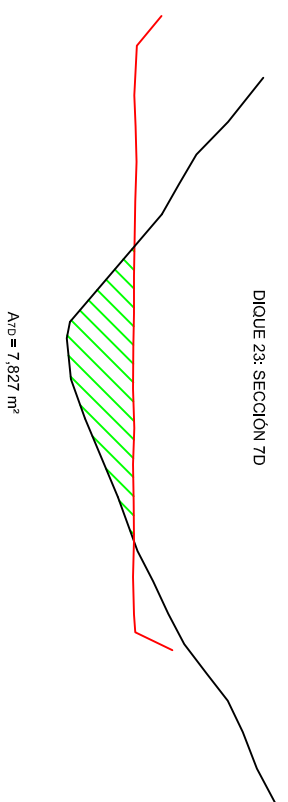
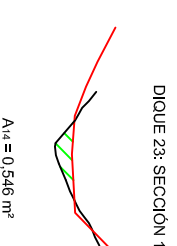
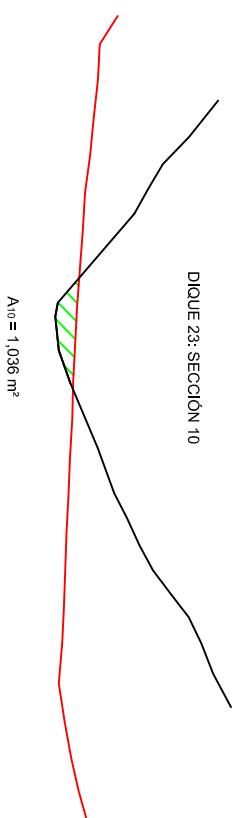
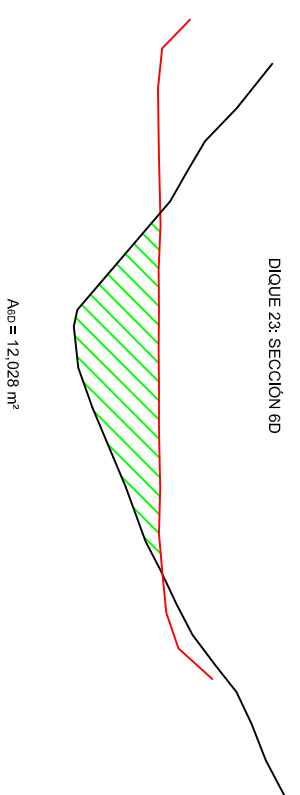
EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA: 1/200

PLANO Nº: 6

Fdo: Iván Ramos Diez
I.T. Forestal



LEYENDA

| | |
|--|----------------------------|
| | SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS |
| | SECCIÓN AGUAS ABAJO |
| | ÁREA DE CADA SECCIÓN |



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO:
SECCIONES DIQUE 23 (MD)

EL AUTOR:

FECHA:
JUNIO DE 2014

ESCALA:

1/200

PLANO Nº:

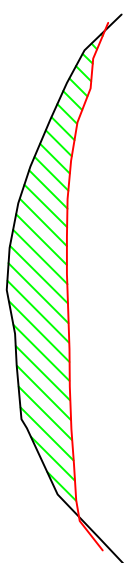
7

Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal

DIQUE 24: SECCION AGUAS ABAJO



DIQUE 24: SECCION 4



$A_4 = 13,558 \text{ m}^2$

DIQUE 24: SECCION 8



$A_8 = 2,646 \text{ m}^2$

DIQUE 24: SECCION 111



$A_{111} = 0,031 \text{ m}^2$

DIQUE 24: SECCION 1



$A_1 = 14,810 \text{ m}^2$

DIQUE 24: SECCION 5



$A_5 = 9,486 \text{ m}^2$

DIQUE 24: SECCION 9



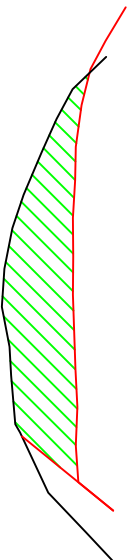
$A_9 = 0,384 \text{ m}^2$

DIQUE 24: SECCION 121



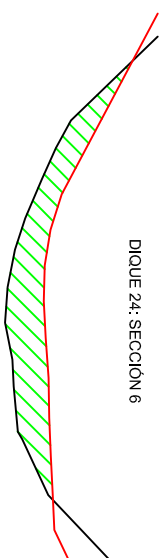
$A_{121} = 0,045 \text{ m}^2$

DIQUE 24: SECCION 2



$A_2 = 14,090 \text{ m}^2$

DIQUE 24: SECCION 6



$A_6 = 8,698 \text{ m}^2$

DIQUE 24: SECCION 10






$A_{101} = 0,109 \text{ m}^2$ $A_{102} = 0,013 \text{ m}^2$ $A_{103} = 0,039 \text{ m}^2$

DIQUE 24: SECCION 11D



$A_{11D} = 0,113 \text{ m}^2$

LEYENDA

-  SECCION CUÑA DE SEDIMENTOS
-  SECCION AGUAS ABAJO
-  AREA DE CADA SECCION



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 24 (MD)

EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA:

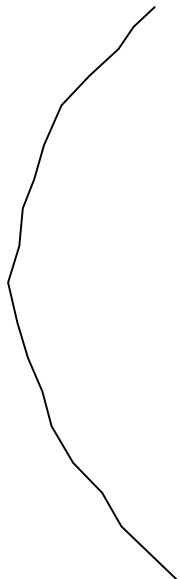
1/200

PLANO Nº:

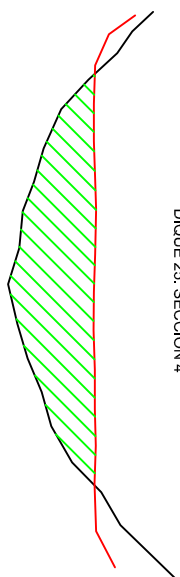
8

Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal

DIQUE 25: SECCION AGUAS ABAJO

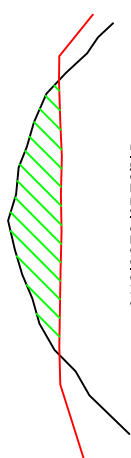


DIQUE 25: SECCION 4



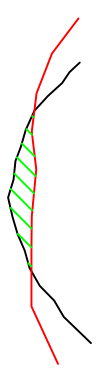
$A_4 = 15,808 \text{ m}^2$

DIQUE 25: SECCION 8



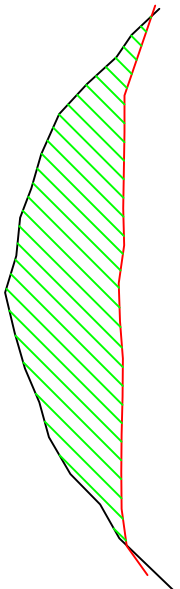
$A_8 = 6,215 \text{ m}^2$

DIQUE 25: SECCION 11



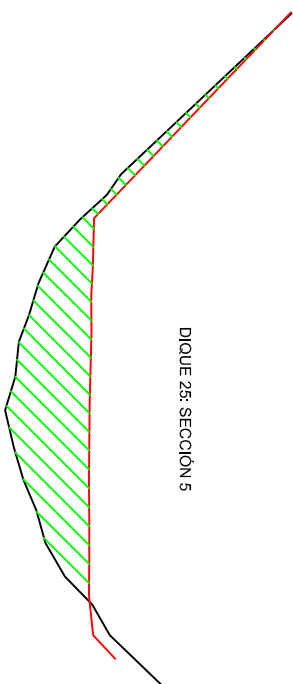
$A_{11} = 1,551 \text{ m}^2$

DIQUE 25: SECCION 1



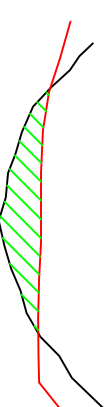
$A_1 = 26,256 \text{ m}^2$

DIQUE 25: SECCION 5



$A_5 = 16,112 \text{ m}^2$

DIQUE 25: SECCION 9



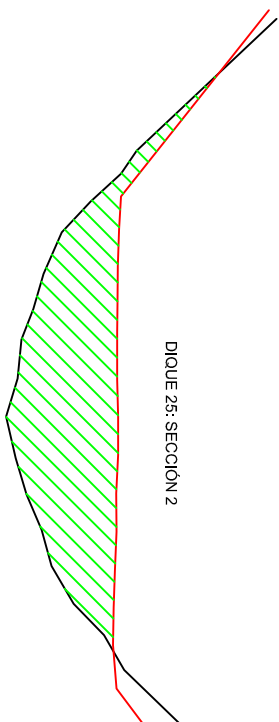
$A_9 = 4,231 \text{ m}^2$

DIQUE 25: SECCION 12



$A_{12} = 0,851 \text{ m}^2$

DIQUE 25: SECCION 2



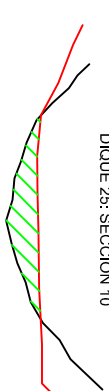
$A_2 = 24,802 \text{ m}^2$

DIQUE 25: SECCION 6



$A_6 = 11,176 \text{ m}^2$

DIQUE 25: SECCION 10



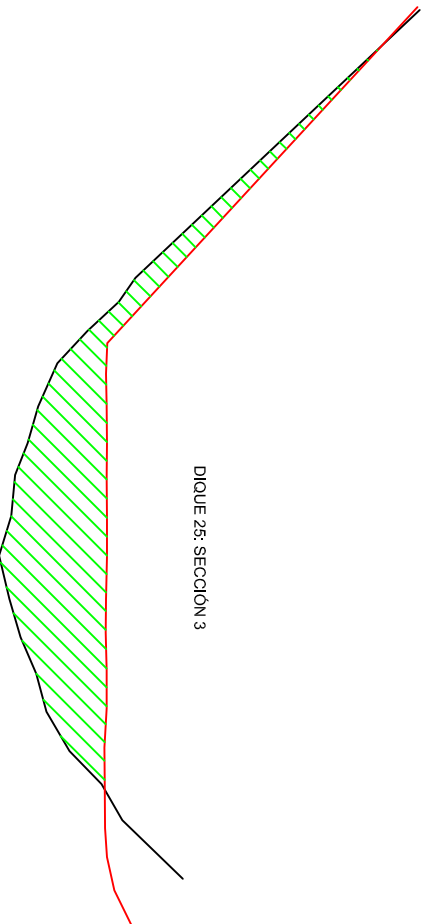
$A_{10} = 2,561 \text{ m}^2$

DIQUE 25: SECCION 13



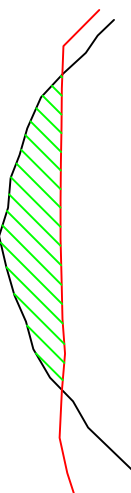
$A_{13} = 0,540 \text{ m}^2$

DIQUE 25: SECCION 3



$A_3 = 26,611 \text{ m}^2$

DIQUE 25: SECCION 7



$A_7 = 8,604 \text{ m}^2$

LEYENDA

-  SECCION CUÑA DE SEDIMENTOS
-  SECCION AGUAS ABAJO
-  AREA DE CADA SECCION



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 25 (MD)

EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

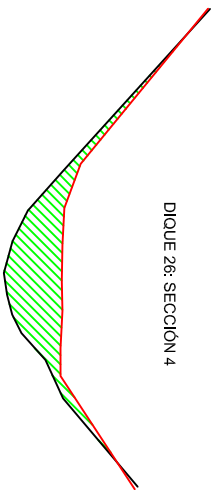
ESCALA:

1/200

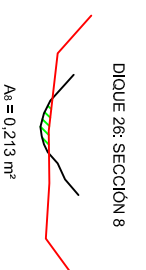
PLANO Nº:

9

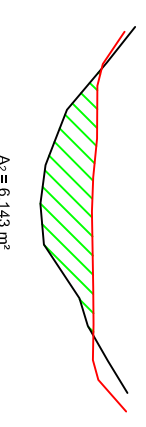
Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal



$A_1 = 6.645 \text{ m}^2$

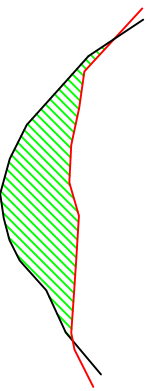


$A_2 = 0.213 \text{ m}^2$



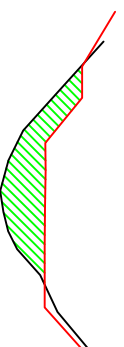
$A_2 = 6.143 \text{ m}^2$

DIQUE 26: SECCION 1



$A_1 = 8.800 \text{ m}^2$

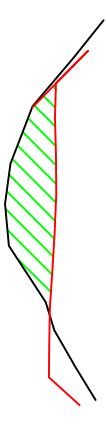
DIQUE 26: SECCION 5



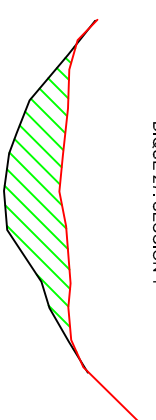
$A_5 = 4.446 \text{ m}^2$



DIQUE 27: SECCION AGUAS ABAJO



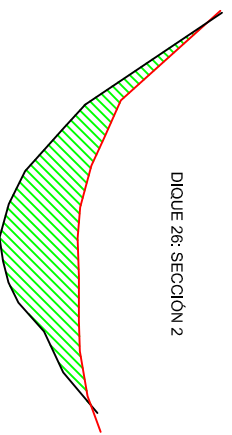
$A_3 = 5.309 \text{ m}^2$



$A_1 = 7.742 \text{ m}^2$



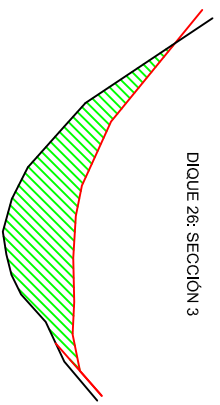
$A_1 = 4.821 \text{ m}^2$



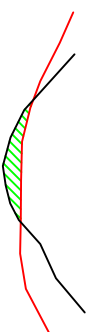
$A_2 = 11.755 \text{ m}^2$



$A_6 = 2.026 \text{ m}^2$



$A_3 = 10.159 \text{ m}^2$



$A_7 = 0.956 \text{ m}^2$

LEYENDA

- SECCION CUÑA DE SEDIMENTOS
- SECCION AGUAS ABAJO
- AREA DE CADA SECCION



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 26 Y 27 (MD)

EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA:

1/200

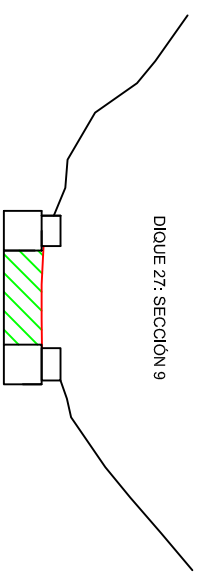
PLANO Nº:

10

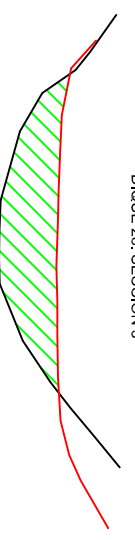
Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal



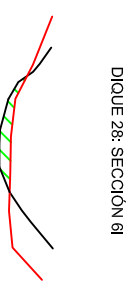
DIQUE 27: SECCIÓN 5
 $A_5 = 5,211 \text{ m}^2$



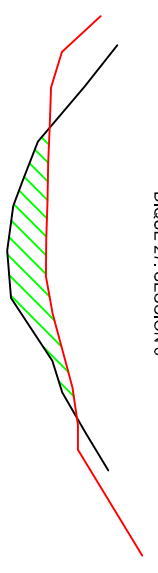
DIQUE 27: SECCIÓN 9
 $A_9 = 2,522 \text{ m}^2$



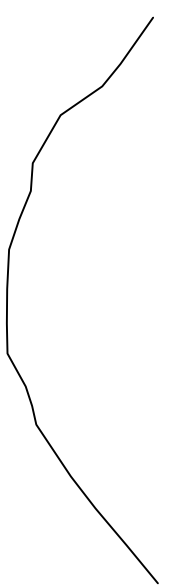
DIQUE 28: SECCIÓN 3
 $A_3 = 9,228 \text{ m}^2$



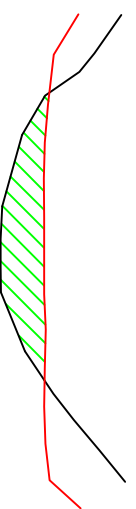
DIQUE 28: SECCIÓN 6I
 $A_{6I} = 0,675 \text{ m}^2$



DIQUE 27: SECCIÓN 6
 $A_6 = 4,985 \text{ m}^2$



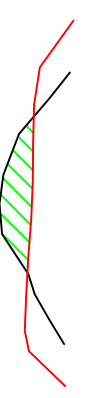
DIQUE 28: SECCIÓN AGUAS ABAJO
 $A_1 = 6,105 \text{ m}^2$



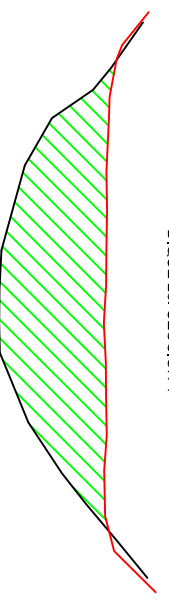
DIQUE 28: SECCIÓN 4
 $A_4 = 6,105 \text{ m}^2$



DIQUE 28: SECCIÓN 7I
 $A_{7I} = 0,064 \text{ m}^2$



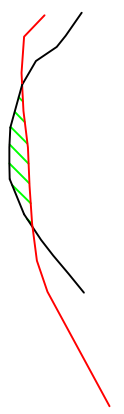
DIQUE 27: SECCIÓN 7
 $A_7 = 2,351 \text{ m}^2$



DIQUE 28: SECCIÓN 1
 $A_1 = 23,765 \text{ m}^2$



DIQUE 28: SECCIÓN 5
 $A_{5I} = 2,308 \text{ m}^2$ $A_{5C} = 0,633 \text{ m}^2$ $A_{5C} = 2,724 \text{ m}^2$



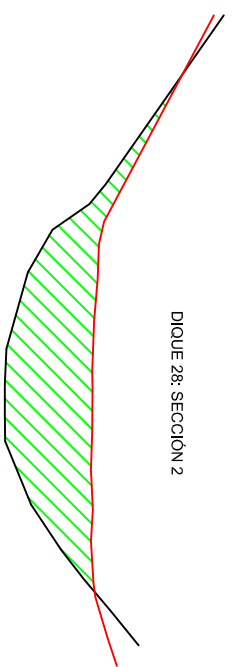
DIQUE 28: SECCIÓN 6D
 $A_{6D} = 1,229 \text{ m}^2$

LEYENDA

- SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
- SECCIÓN AGUAS ABAJO
- ÁREA DE CADA SECCIÓN



DIQUE 27: SECCIÓN 8
 $A_8 = 2,928 \text{ m}^2$



DIQUE 28: SECCIÓN 2
 $A_2 = 18,407 \text{ m}^2$



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 27 Y 28 (MD)

EL AUTOR:

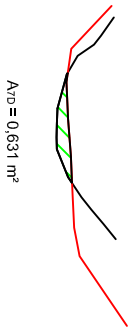
FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA: 1/200

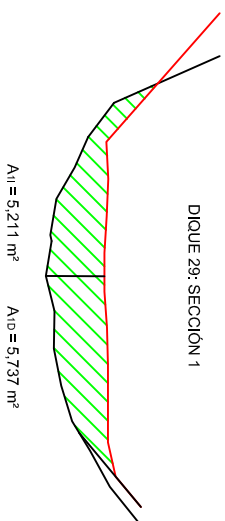
PLANO Nº: 11

Fdo: Iván Ramos Diez
I.T. Forestal

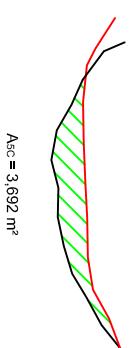
DIQUE 28: SECCION 7D



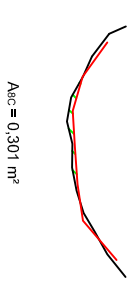
DIQUE 29: SECCION 1



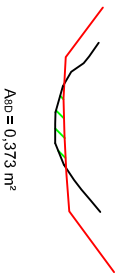
DIQUE 29: SECCION 5C



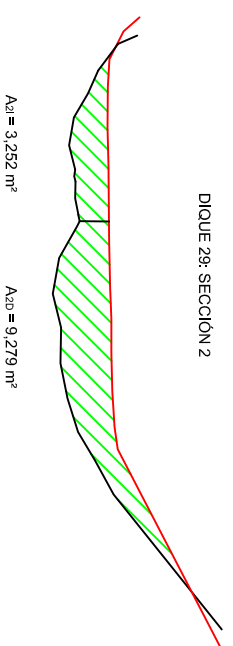
DIQUE 29: SECCION 8C



DIQUE 28: SECCION 8D



DIQUE 29: SECCION 2



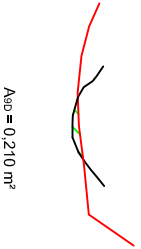
DIQUE 29: SECCION 6C



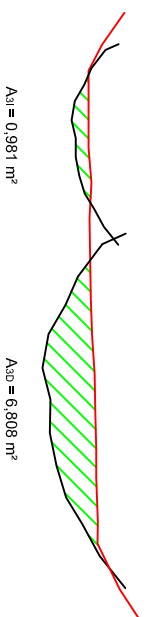
DIQUE 29: SECCION 9C



DIQUE 28: SECCION 9D



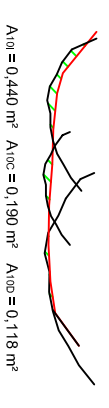
DIQUE 29: SECCION 3






DIQUE 29: SECCION 7C



DIQUE 29: SECCION 10



LEYENDA

-  SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
-  SECCIÓN AGUAS ABAJO
-  ÁREA DE CADA SECCIÓN



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 28 Y 29 (MD)

EL AUTOR:

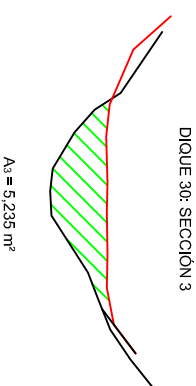
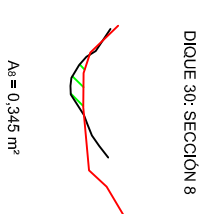
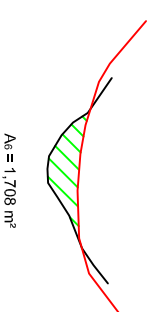
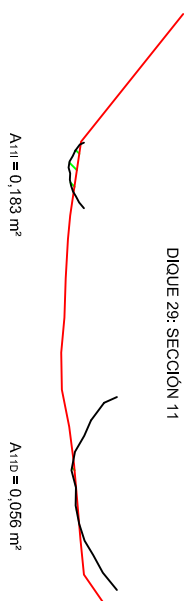
FECHA: JUNIO DE 2014



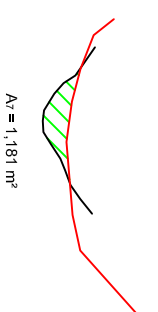
ESCALA: 1/200

PLANO Nº: 12

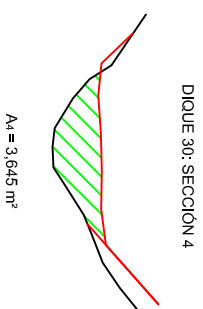
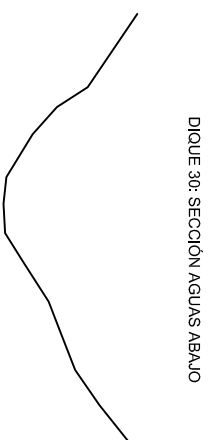
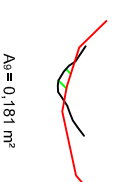
Fdo: Iván Ramos Diez
I.T. Forestal



DIQUE 30: SECCION 7

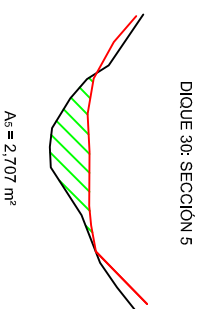


DIQUE 30: SECCION 9



LEYENDA

| | |
|--|----------------------------|
| | SECCION CUÑA DE SEDIMENTOS |
| | SECCION AGUAS ABAJO |
| | AREA DE CADA SECCION |



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO:
SECCIONES DIQUE 29 Y 30 (MD)

EL AUTOR:

FECHA:
JUNIO DE 2014

PLANO Nº:
13

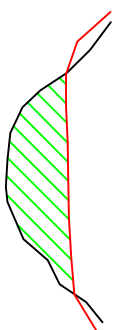
ESCALA:
1/200

Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal

DIQUE 31: SECCION AGUAS ABAJO

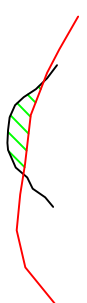


DIQUE 31: SECCION 4



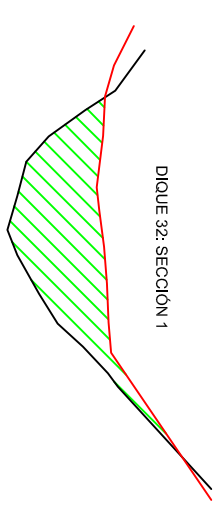
$A_s = 6,696 \text{ m}^2$

DIQUE 31: SECCION 8



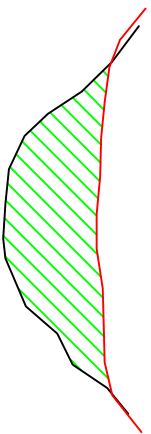
$A_s = 0,984 \text{ m}^2$

DIQUE 32: SECCION 1



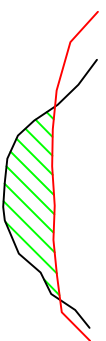
$A_1 = 12,342 \text{ m}^2$

DIQUE 31: SECCION 1



$A_1 = 14,795 \text{ m}^2$

DIQUE 31: SECCION 5



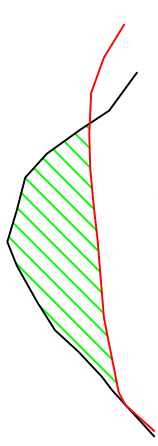
$A_s = 4,649 \text{ m}^2$

DIQUE 31: SECCION 9



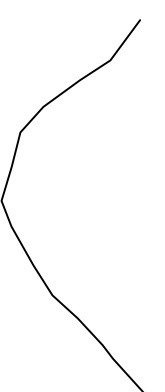
$A_s = 0,405 \text{ m}^2$

DIQUE 32: SECCION 2

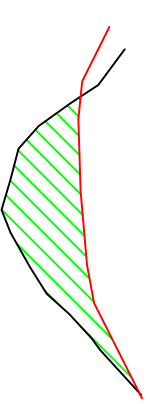


$A_2 = 10,490 \text{ m}^2$

DIQUE 32: SECCION AGUAS ABAJO

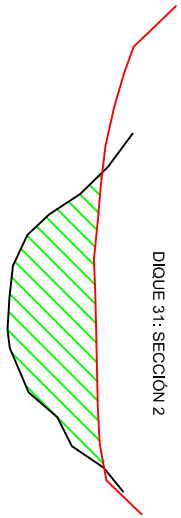


DIQUE 32: SECCION 3



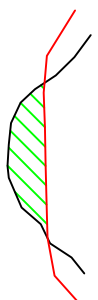
$A_3 = 9,356 \text{ m}^2$

DIQUE 31: SECCION 2






$A_2 = 12,336 \text{ m}^2$

DIQUE 31: SECCION 6



$A_s = 2,334 \text{ m}^2$

LEYENDA

| | |
|---|----------------------------|
|  | SECCION CUÑA DE SEDIMENTOS |
|  | SECCION AGUAS ABAJO |
|  | AREA DE CADA SECCION |



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 31 Y 32 (MD)

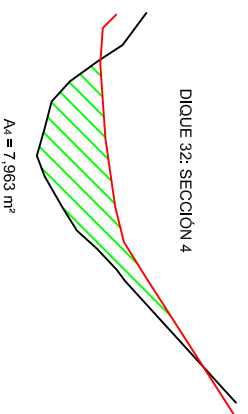
EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

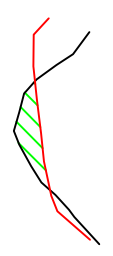
ESCALA: 1/200

PLANO Nº: 14

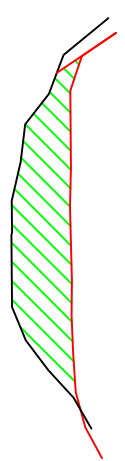
Fdo: Iván Ramos Diez
I.T. Forestal



DIQUE 32: SECCIÓN 4
 $A_s = 7,963 \text{ m}^2$



DIQUE 32: SECCIÓN 8
 $A_s = 1,216 \text{ m}^2$



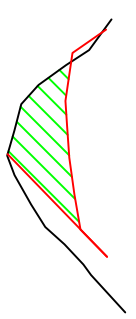
DIQUE 33: SECCIÓN 1
 $A_s = 10,557 \text{ m}^2$



DIQUE 33: SECCIÓN 4
 $A_s = 1,525 \text{ m}^2$

$A_{sc} = 0,091 \text{ m}^2$

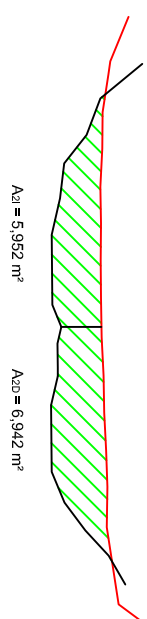
$A_{so} = 2,377 \text{ m}^2$



DIQUE 32: SECCIÓN 5
 $A_s = 4,171 \text{ m}^2$



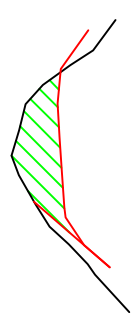
DIQUE 32: SECCIÓN 9
 $A_s = 0,393 \text{ m}^2$



DIQUE 33: SECCIÓN 2
 $A_s = 5,952 \text{ m}^2$

$A_{so} = 6,942 \text{ m}^2$

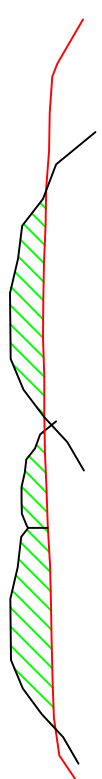
DIQUE 33: SECCIÓN 5I
 $A_s = 0,134 \text{ m}^2$



DIQUE 32: SECCIÓN 6
 $A_s = 3,524 \text{ m}^2$



DIQUE 32: SECCIÓN 10
 $A_{so} = 0,010 \text{ m}^2$



DIQUE 33: SECCIÓN 3
 $A_{s1} = 3,825 \text{ m}^2$

$A_{s2} = 1,292 \text{ m}^2$

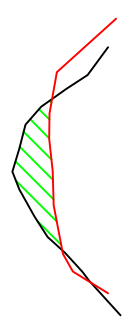
$A_{s3} = 4,470 \text{ m}^2$



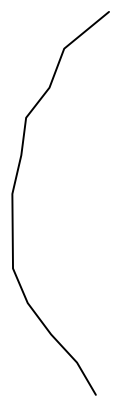
DIQUE 33: SECCIÓN 6I
 $A_s = 0,038 \text{ m}^2$

LEYENDA

- SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
- SECCIÓN AGUAS ABAJO
- ÁREA DE CADA SECCIÓN



DIQUE 32: SECCIÓN 7
 $A_s = 2,528 \text{ m}^2$



DIQUE 33: SECCIÓN AGUAS ABAJO

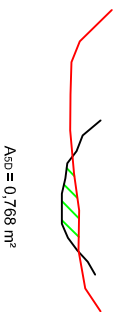


UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
 MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

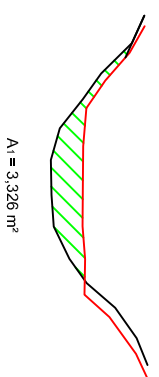
TÍTULO DEL TRABAJO:
 EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

| | | | |
|---------|------------------------------|---------------------------------------|----|
| PLANO: | SECCIONES DIQUE 32 Y 33 (MD) | EL AUTOR: | |
| FECHA: | JUNIO DE 2014 | | |
| ESCALA: | 1/200 | PLANO Nº: | 15 |
| | | Fdo: Iván Ramos Diez I.T. Forestal | |

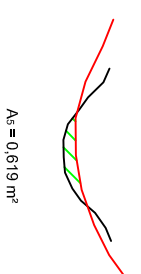
DIQUE 33: SECCIÓN 5D



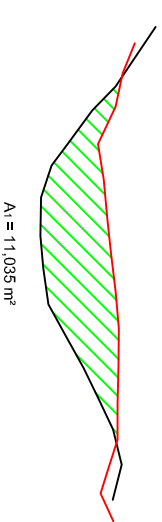
DIQUE 34: SECCIÓN 1



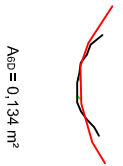
DIQUE 34: SECCIÓN 5



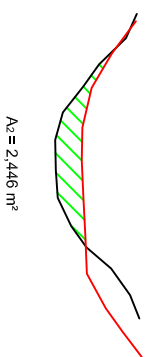
DIQUE 35: SECCIÓN 1



DIQUE 33: SECCIÓN 6D



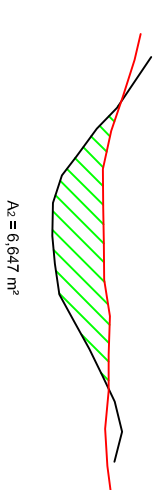
DIQUE 34: SECCIÓN 2



DIQUE 34: SECCIÓN 6



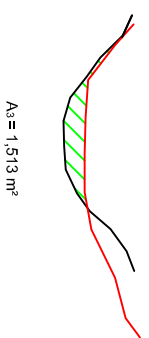
DIQUE 35: SECCIÓN 2



DIQUE 33: SECCIÓN 7D



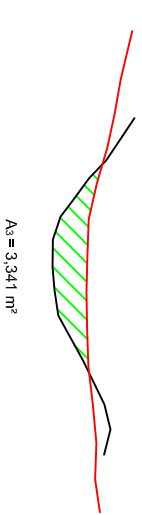
DIQUE 34: SECCIÓN 3






DIQUE 35: SECCIÓN AGUAS ABAJO



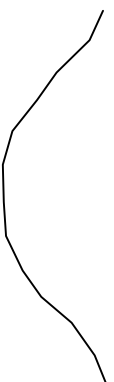
DIQUE 35: SECCIÓN 3



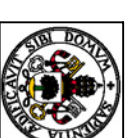
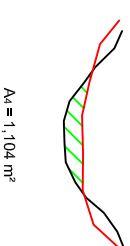
LEYENDA

-  SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
-  SECCIÓN AGUAS ABAJO
-  ÁREA DE CADA SECCIÓN

DIQUE 34: SECCIÓN AGUAS ABAJO



DIQUE 34: SECCIÓN 4



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
 MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
 EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 33, 34 Y 35 (MD)

EL AUTOR:

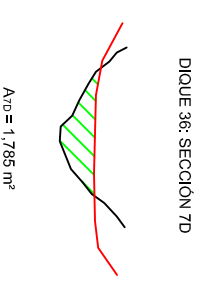
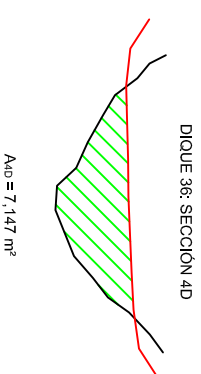
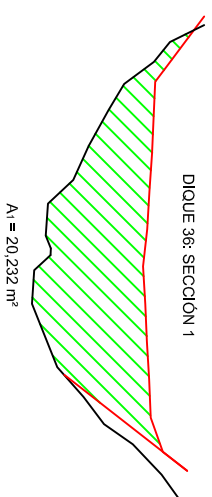
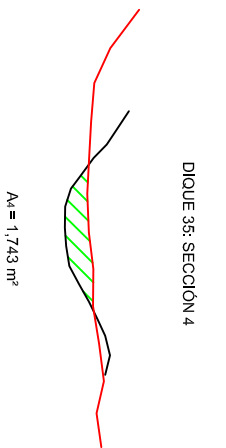
FECHA: JUNIO DE 2014



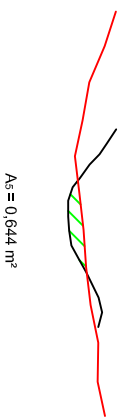
ESCALA: 1/200

PLANO Nº: 16

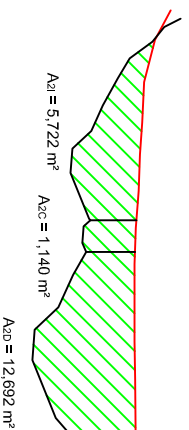
Fdo: Iván Ramos Diez
 I.T. Forestal



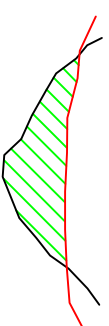
DIQUE 35: SECCIÓN 5



DIQUE 36: SECCIÓN 2



DIQUE 36: SECCIÓN 5D



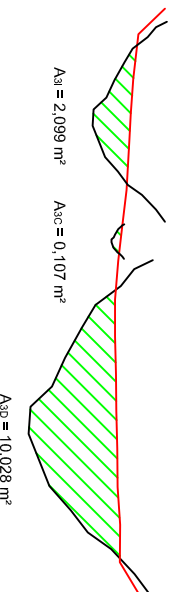
DIQUE 36: SECCIÓN 8D



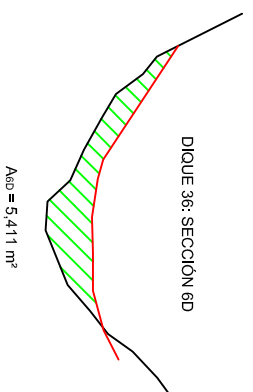
DIQUE 35: SECCIÓN 6



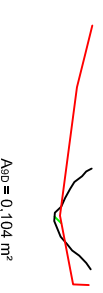
DIQUE 36: SECCIÓN 3



DIQUE 36: SECCIÓN 6D



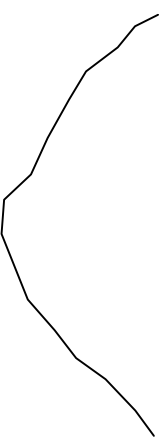
DIQUE 36: SECCIÓN 9D



LEYENDA

- SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
- SECCIÓN AGUAS ABAJO
- ÁREA DE CADA SECCIÓN

DIQUE 36: SECCIÓN AGUAS ABAJO



DIQUE 36: SECCIÓN 5I



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 35 Y 36 (MD)

EL AUTOR:

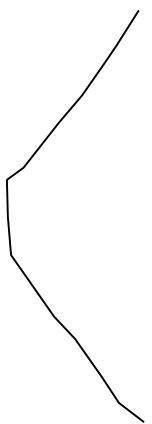
FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA: 1/200

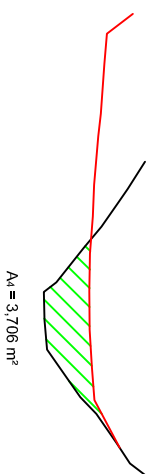
PLANO Nº: 17

Fdo: Iván Ramos Diez
I.T. Forestal

DIQUE 37: SECCIÓN AGUAS ABAJO

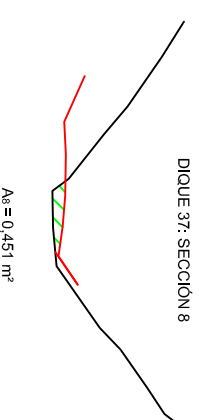


DIQUE 37: SECCIÓN 4



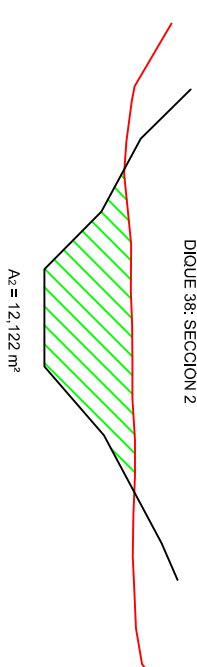
$A_1 = 3,706 \text{ m}^2$

DIQUE 37: SECCIÓN 8



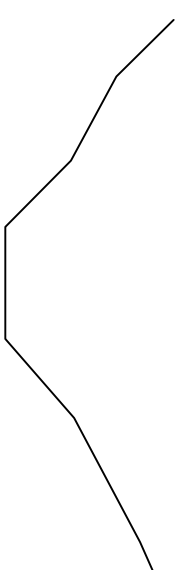
$A_8 = 0,451 \text{ m}^2$

DIQUE 38: SECCIÓN 2

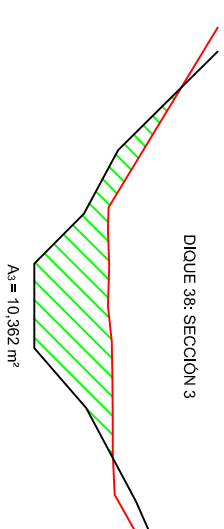


$A_2 = 12,122 \text{ m}^2$

DIQUE 38: SECCIÓN AGUAS ABAJO

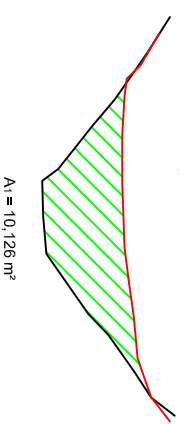


DIQUE 38: SECCIÓN 3



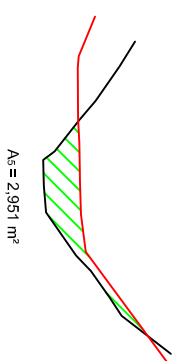
$A_3 = 10,362 \text{ m}^2$

DIQUE 37: SECCIÓN 1



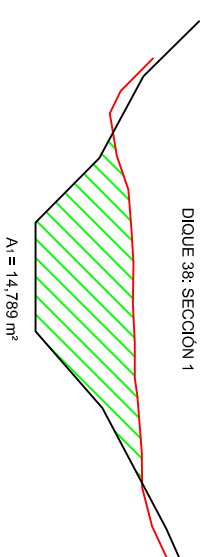
$A_1 = 10,126 \text{ m}^2$

DIQUE 37: SECCIÓN 5



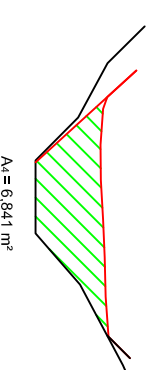
$A_5 = 2,951 \text{ m}^2$

DIQUE 38: SECCIÓN 1



$A_1 = 14,789 \text{ m}^2$

DIQUE 38: SECCIÓN 4



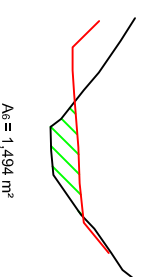
$A_4 = 6,841 \text{ m}^2$

DIQUE 37: SECCIÓN 2






$A_2 = 7,389 \text{ m}^2$

DIQUE 37: SECCIÓN 6



$A_6 = 1,494 \text{ m}^2$

LEYENDA

-  SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
-  SECCIÓN AGUAS ABAJO
-  ÁREA DE CADA SECCIÓN



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS
RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 37 Y 38 (MD)

EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA:

1/200

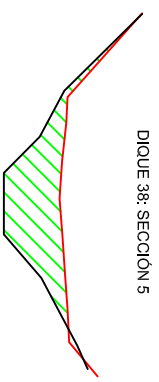
PLANO Nº:

18

Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal

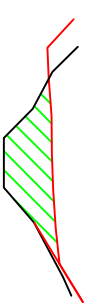
DIQUE 38: SECCION 5

$A_s = 5,869 \text{ m}^2$



DIQUE 38: SECCION 8D

$A_{8D} = 3,722 \text{ m}^2$



DIQUE 39: SECCION AGUAS ABAJO



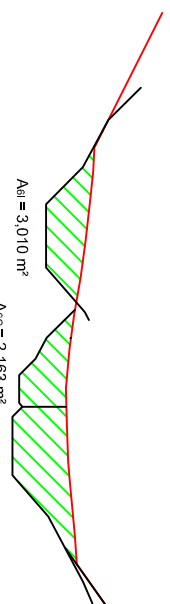
DIQUE 39: SECCION 3

$A_s = 0,918 \text{ m}^2$



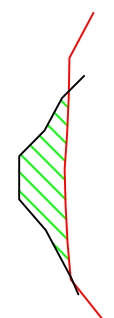
DIQUE 38: SECCION 6

$A_{6L} = 3,010 \text{ m}^2$
 $A_{6C} = 2,163 \text{ m}^2$
 $A_{6D} = 4,221 \text{ m}^2$



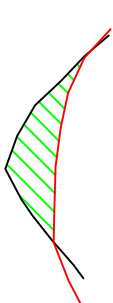
DIQUE 38: SECCION 9D

$A_{9D} = 3,432 \text{ m}^2$



DIQUE 39: SECCION 1

$A_1 = 3,721 \text{ m}^2$



DIQUE 39: SECCION 4

$A_4 = 0,496 \text{ m}^2$



DIQUE 39: SECCION 2

$A_2 = 2,475 \text{ m}^2$



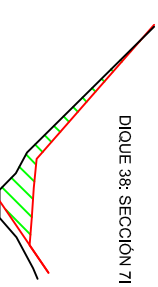
DIQUE 39: SECCION 5

$A_5 = 0,253 \text{ m}^2$



DIQUE 38: SECCION 7I

$A_{7I} = 1,919 \text{ m}^2$






DIQUE 38: SECCION 10D

$A_{10D} = 2,338 \text{ m}^2$



LEYENDA

-  SECCION CUÑA DE SEDIMENTOS
-  SECCION AGUAS ABAJO
-  AREA DE CADA SECCION



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

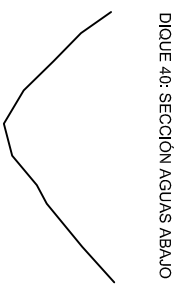
PLANO: SECCIONES DIQUE 38 Y 39 (MD)

FECHA: JUNIO DE 2014

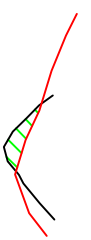
ESCALA: 1/200

EL AUTOR:

Fdo: Iván Ramos Diez
I.T. Forestal



DIQUE 40: SECCIÓN AGUAS ABAJO



DIQUE 40: SECCIÓN 4

$A_2 = 0,565 \text{ m}^2$



DIQUE 41: SECCIÓN 2

$A_2 = 2,539 \text{ m}^2$



DIQUE 41: SECCIÓN 5

$A_5 = 0,660 \text{ m}^2$



DIQUE 40: SECCIÓN 1

$A_1 = 4,016 \text{ m}^2$



DIQUE 40: SECCIÓN 5

$A_5 = 0,277 \text{ m}^2$



DIQUE 41: SECCIÓN 3

$A_3 = 1,460 \text{ m}^2$



DIQUE 41: SECCIÓN 6

$A_6 = 0,229 \text{ m}^2$

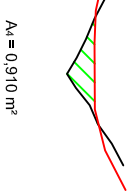


DIQUE 40: SECCIÓN 2

$A_2 = 2,073 \text{ m}^2$



DIQUE 41: SECCIÓN AGUAS ABAJO



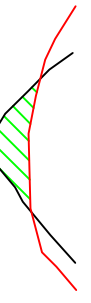
DIQUE 41: SECCIÓN 4

$A_4 = 0,910 \text{ m}^2$



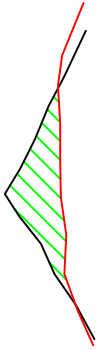
DIQUE 41: SECCIÓN 8

$A_8 = 0,001 \text{ m}^2$



DIQUE 40: SECCIÓN 3

$A_3 = 1,499 \text{ m}^2$



DIQUE 41: SECCIÓN 1

$A_1 = 3,935 \text{ m}^2$

LEYENDA

- SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
- SECCIÓN AGUAS ABAJO
- ÁREA DE CADA SECCIÓN



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 40 Y 41 (MD)

FECHA: JUNIO DE 2014

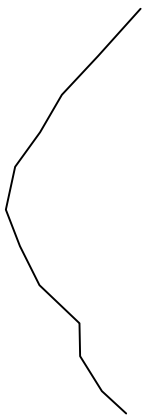
ESCALA: 1/200

PLANO Nº: 20

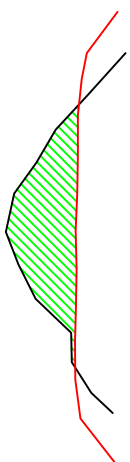
EL AUTOR:

Fdo: Iván Ramos Diez
I.T. Forestal

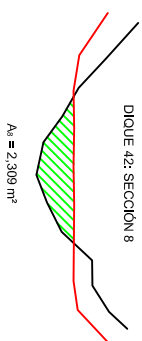
DIQUE 42: SECCION AGUAS ABAJO



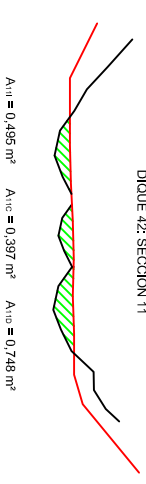
DIQUE 42: SECCION 4



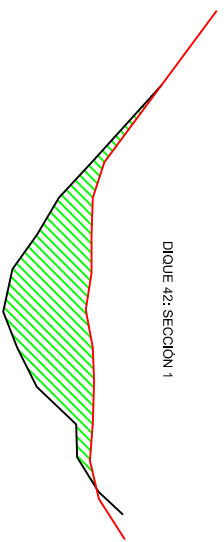
DIQUE 42: SECCION 8



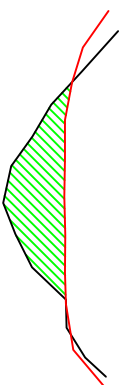
DIQUE 42: SECCION 11



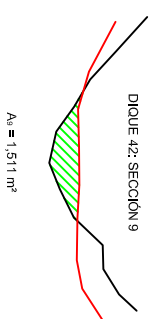
DIQUE 42: SECCION 1



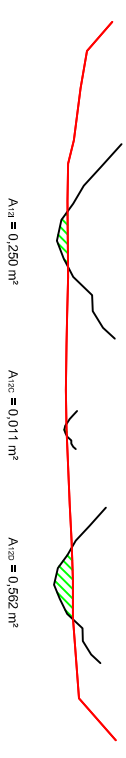
DIQUE 42: SECCION 5



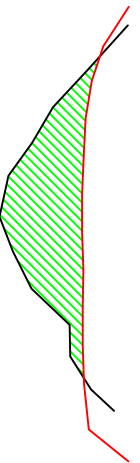
DIQUE 42: SECCION 9



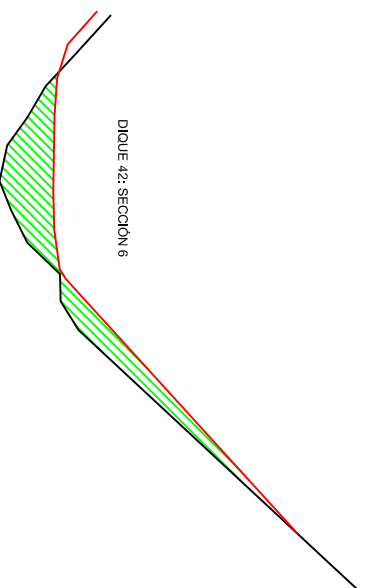
DIQUE 42: SECCION 12



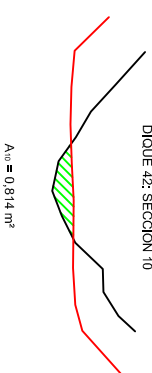
DIQUE 42: SECCION 2



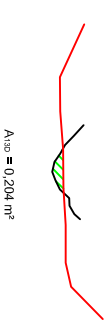
DIQUE 42: SECCION 6



DIQUE 42: SECCION 10



DIQUE 42: SECCION 13D



$A_s = 9,949 \text{ m}^2$

$A_s = 7,816 \text{ m}^2$

$A_s = 0,814 \text{ m}^2$

$A_{110} = 0,204 \text{ m}^2$

$A_s = 11,339 \text{ m}^2$

$A_s = 5,584 \text{ m}^2$

$A_s = 1,511 \text{ m}^2$

$A_{110} = 0,290 \text{ m}^2$

$A_{110} = 0,011 \text{ m}^2$

$A_{110} = 0,582 \text{ m}^2$

$A_s = 7,075 \text{ m}^2$




$A_s = 2,309 \text{ m}^2$

$A_{110} = 0,495 \text{ m}^2$ $A_{110} = 0,397 \text{ m}^2$ $A_{110} = 0,748 \text{ m}^2$

$A_s = 8,589 \text{ m}^2$

$A_s = 3,189 \text{ m}^2$

LEYENDA

-  SECCION CUÑA DE SEDIMENTOS
-  SECCION AGUAS ABAJO
-  AREA DE CADA SECCION



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 42 (MD)

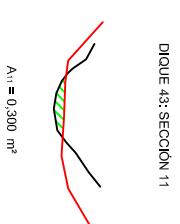
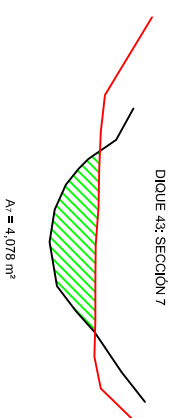
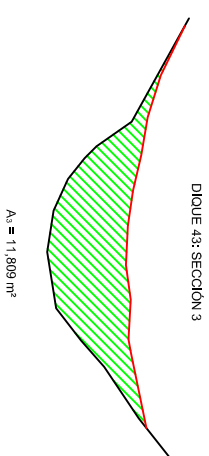
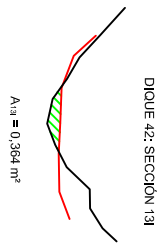
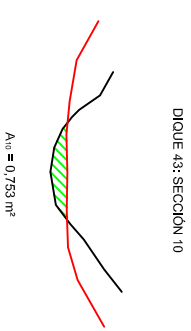
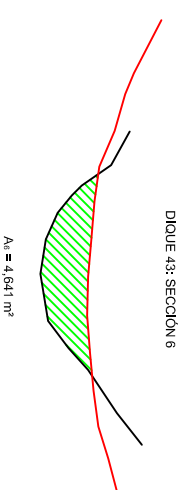
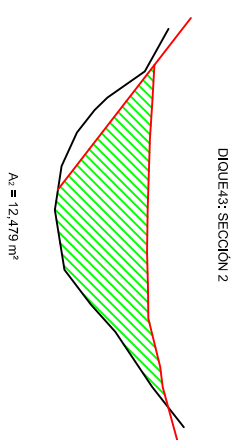
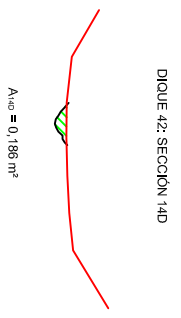
EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA: 1/200

PLANO Nº: 21

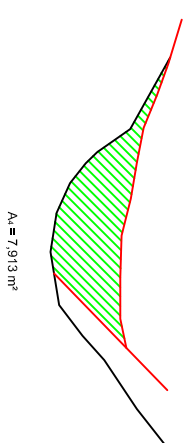
Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal



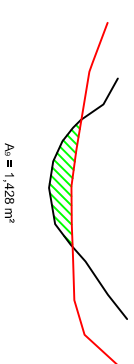
DIQUE 43: SECCION AGUAS ABAJO



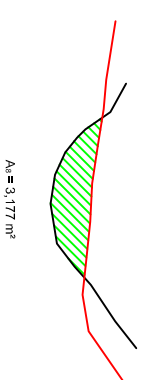
DIQUE 43: SECCION 4



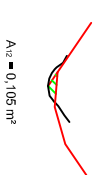
DIQUE 43: SECCION 9



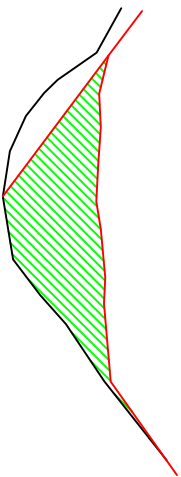
DIQUE 43: SECCION 8



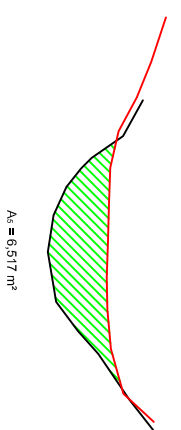
DIQUE43: SECCION 12



DIQUE 43: SECCION 1



DIQUE 43: SECCION 5



LEYENDA

- SECCION CUÑA DE SEDIMENTOS
- SECCION AGUAS ABAJO
- AREA DE CADA SECCION



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 42 Y 43 (MD)

EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA:

1/200

PLANO Nº:

22

Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal

DIQUE 44: SECCION AGUAS ABAJO

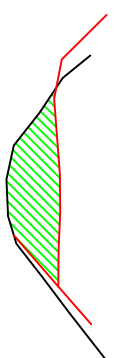


DIQUE 44: SECCION 4I



$A_u = 1,898 \text{ m}^2$

DIQUE 44: SECCION 8D



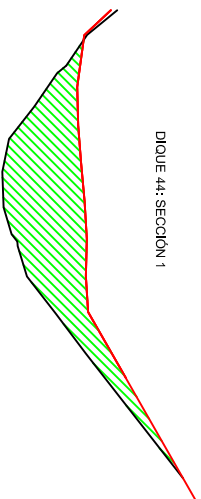
$A_w = 4,778 \text{ m}^2$

DIQUE 44: SECCION 9D



$A_w = 1,447 \text{ m}^2$

DIQUE 44: SECCION 1



$A_l = 12,566 \text{ m}^2$

DIQUE 44: SECCION 5I



$A_u = 0,961 \text{ m}^2$

DIQUE 44: SECCION 7D



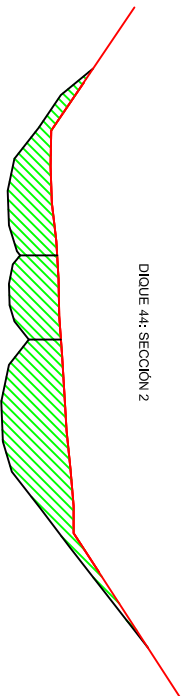
$A_w = 3,730 \text{ m}^2$

DIQUE 44: SECCION 10D



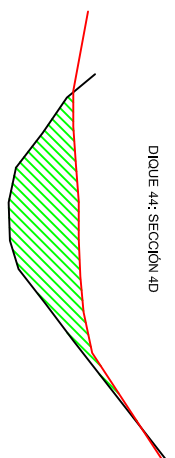
$A_w = 1,078 \text{ m}^2$

DIQUE 44: SECCION 2



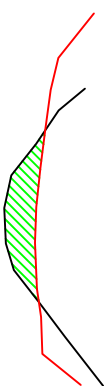
$A_w = 3,865 \text{ m}^2$ $A_w = 2,664 \text{ m}^2$ $A_w = 7,575 \text{ m}^2$

DIQUE 44: SECCION 4D



$A_w = 8,598 \text{ m}^2$

DIQUE 44: SECCION 8D






$A_w = 2,598 \text{ m}^2$

DIQUE 44: SECCION 11D



$A_w = 0,420 \text{ m}^2$

LEYENDA

-  SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
-  SECCIÓN AGUAS ABAJO
-  ÁREA DE CADA SECCIÓN



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 44 (MD)

EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA:

1/200

PLANO Nº:

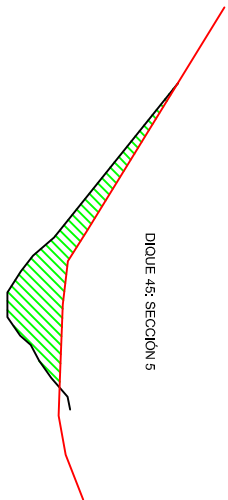
23

Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal

DIQUE 45: SECCION AGUAS ABAJO

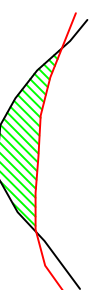


DIQUE 45: SECCION 5



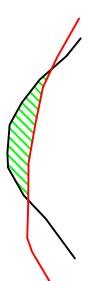
$A_s = 5,511 \text{ m}^2$

DIQUE 46: SECCION 4



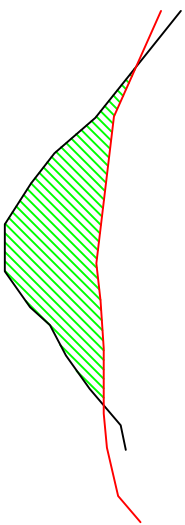
$A_s = 9,466 \text{ m}^2$

DIQUE 46: SECCION 6



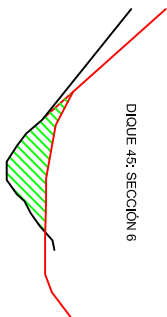
$A_s = 1,506 \text{ m}^2$

DIQUE 45: SECCION 1



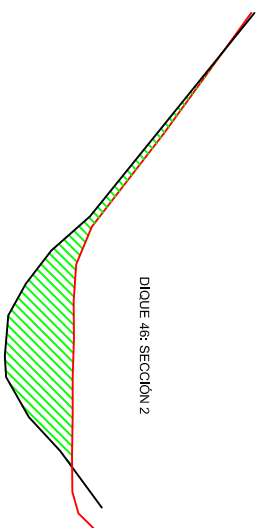
$A_s = 12,595 \text{ m}^2$

DIQUE 45: SECCION 6



$A_s = 2,307 \text{ m}^2$

DIQUE 46: SECCION 2



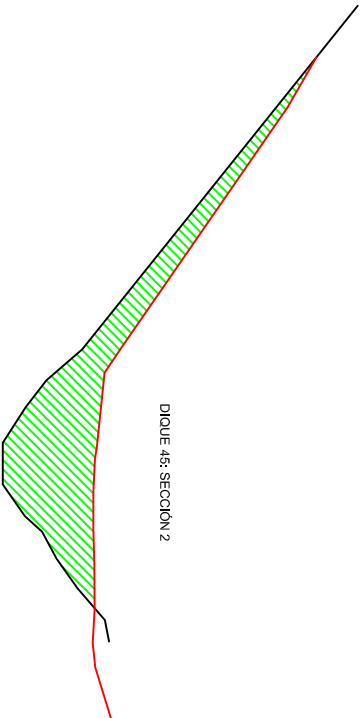
$A_s = 8,463 \text{ m}^2$

DIQUE 46: SECCION 7



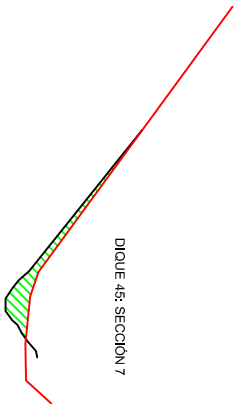
$A_s = 0,742 \text{ m}^2$

DIQUE 45: SECCION 2



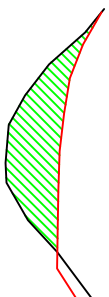
$A_s = 15,390 \text{ m}^2$

DIQUE 45: SECCION 7



$A_s = 1,272 \text{ m}^2$

DIQUE 46: SECCION 3



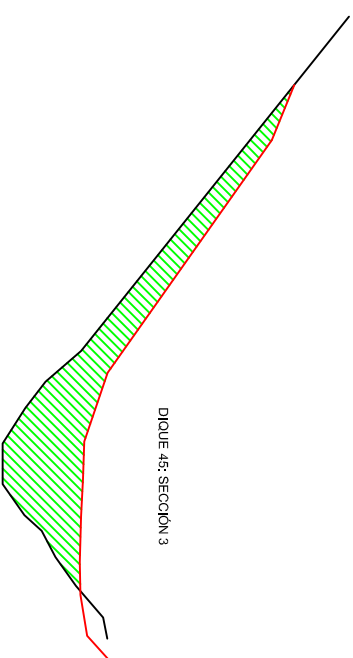
$A_s = 5,690 \text{ m}^2$

DIQUE 46: SECCION 8



$A_s = 0,308 \text{ m}^2$

DIQUE 45: SECCION 3



$A_s = 14,423 \text{ m}^2$

DIQUE 45: SECCION 8



$A_s = 0,193 \text{ m}^2$

DIQUE 46: SECCION 5



$A_s = 2,581 \text{ m}^2$

DIQUE 46: SECCION 9

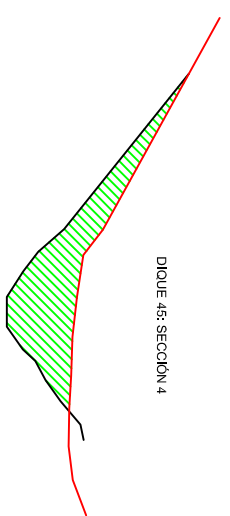


$A_s = 0,404 \text{ m}^2$

DIQUE 46: SECCION AGUAS ABAJO

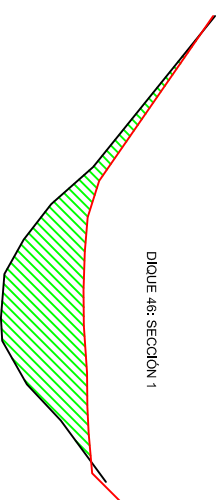


DIQUE 45: SECCION 4






$A_s = 8,048 \text{ m}^2$

DIQUE 46: SECCION 1



$A_s = 11,896 \text{ m}^2$

LEYENDA

-  SECCION CUÑA DE SEDIMENTOS
-  SECCION AGUAS ABAJO
-  AREA DE CADA SECCION



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 45 Y 46 (MD)

EL AUTOR:

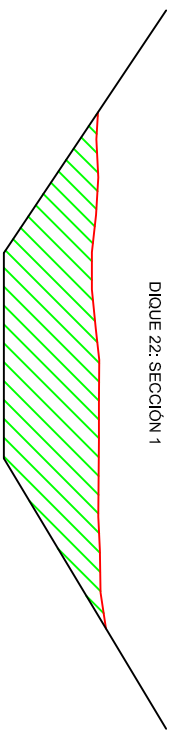
FECHA: JUNIO DE 2014

PLANO Nº: 24

ESCALA: 1/200

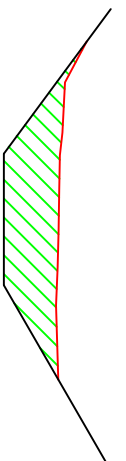
24

Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal



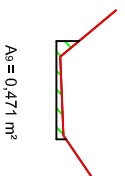
DIQUE 22: SECCIÓN 1

$A_1 = 23,227 \text{ m}^2$



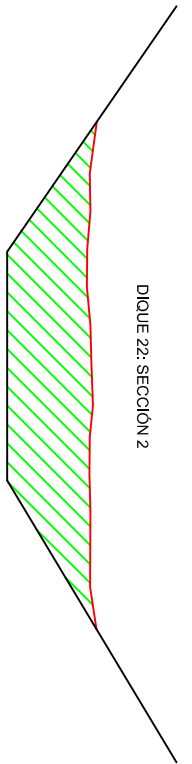
DIQUE 22: SECCIÓN 5

$A_5 = 8,537 \text{ m}^2$



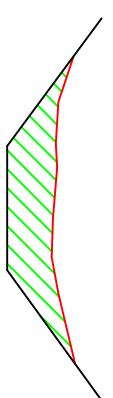
DIQUE 22: SECCIÓN 9

$A_9 = 0,471 \text{ m}^2$



DIQUE 22: SECCIÓN 2

$A_2 = 20,915 \text{ m}^2$



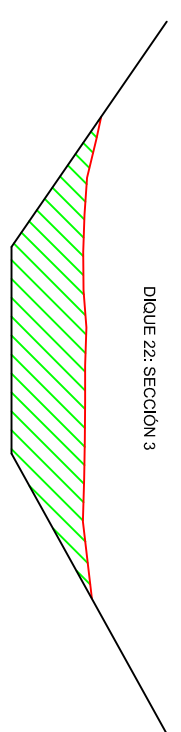
DIQUE 22: SECCIÓN 6

$A_6 = 6,926 \text{ m}^2$



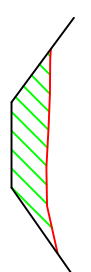
DIQUE 23: SECCIÓN 1

$A_1 = 44,352 \text{ m}^2$



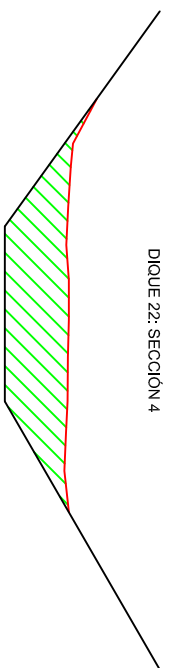
DIQUE 22: SECCIÓN 3

$A_3 = 17,043 \text{ m}^2$



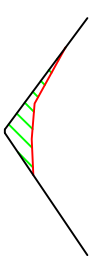
DIQUE 22: SECCIÓN 7

$A_7 = 3,624 \text{ m}^2$



DIQUE 22: SECCIÓN 4

$A_4 = 12,171 \text{ m}^2$



DIQUE 22: SECCIÓN 8

$A_8 = 1,025 \text{ m}^2$

LEYENDA

- SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
- PENDIENTE LADERA Y LECHO CAUCE
- ÁREA DE CADA SECCIÓN



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
 MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
 EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS
 RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUES 22 Y 23 (MB)

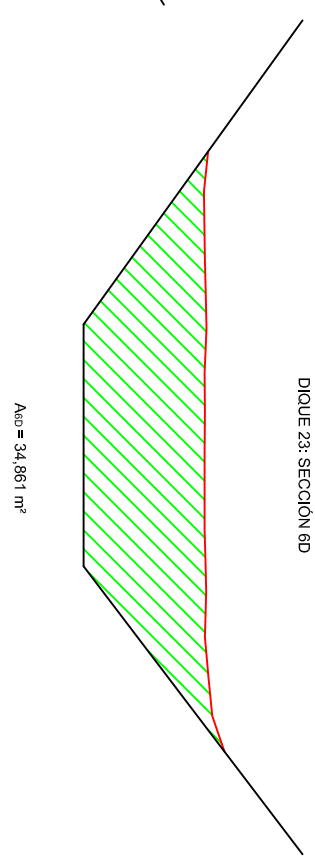
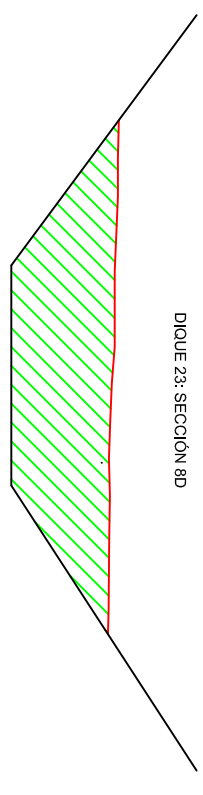
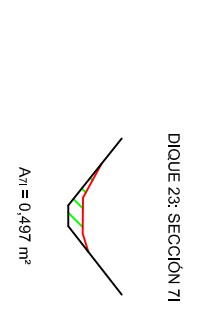
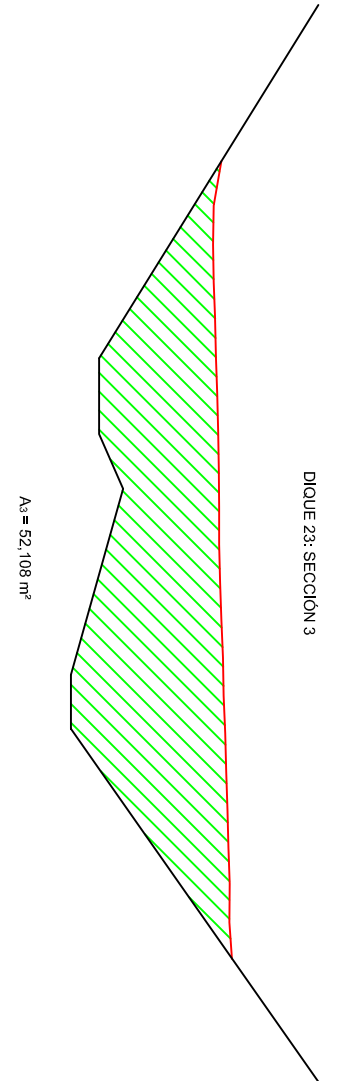
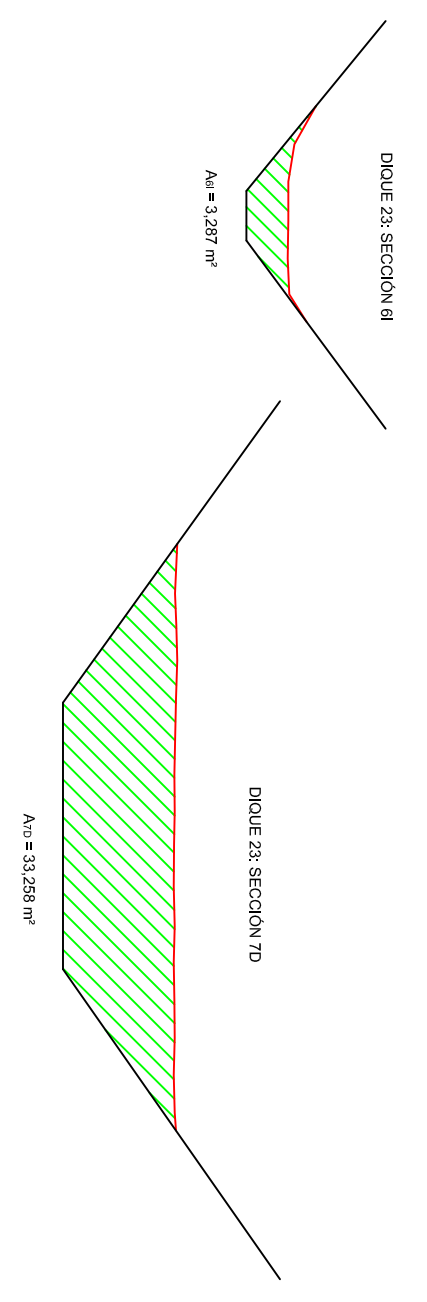
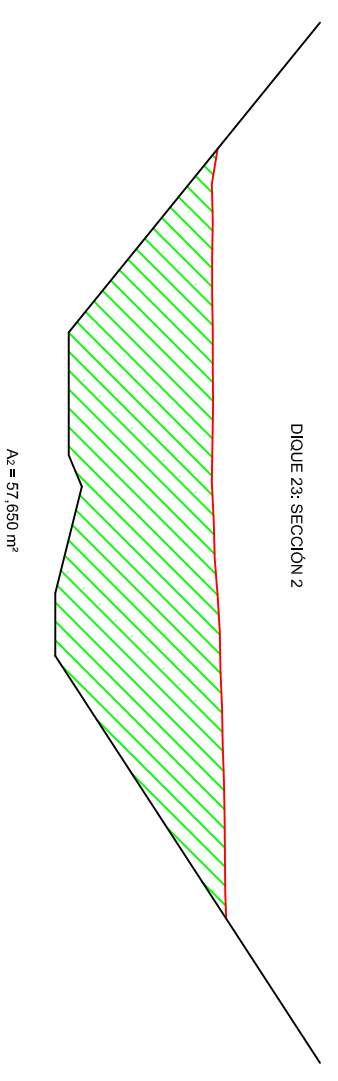
FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA: 1/200

PLANO Nº: 25

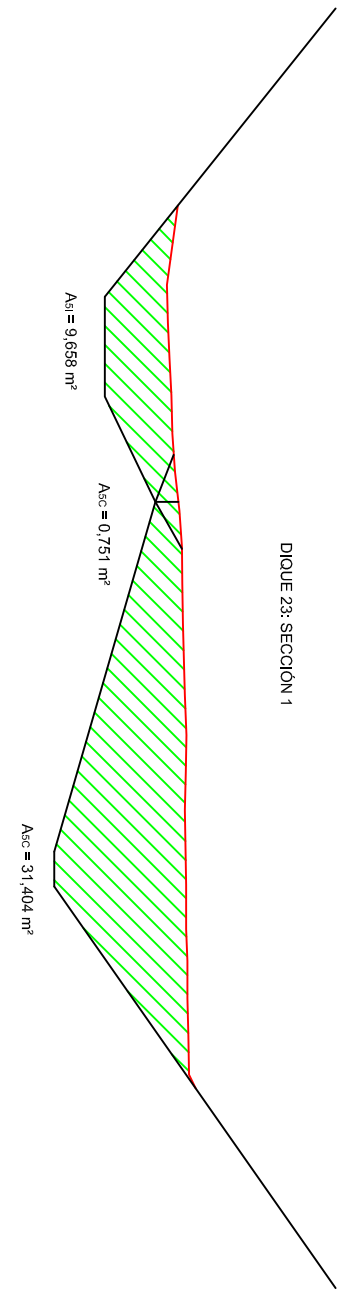
EL AUTOR:

Fdo:
 I. T. Forestal



LEYENDA

- SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
- PENDIENTE LADERA Y LECHO CAUCE
- ÁREA DE CADA SECCIÓN



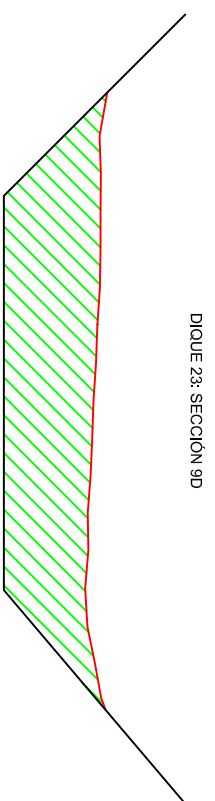
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
 MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
 EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

| | |
|-----------|-------------------------|
| PLANO: | SECCIONES DIQUE 23 (MB) |
| FECHA: | JUNIO DE 2014 |
| ESCALA: | 1/200 |
| PLANO Nº: | 26 |

EL AUTOR:

Fdo: Iván Ramos Diez
 I.T. Forestal



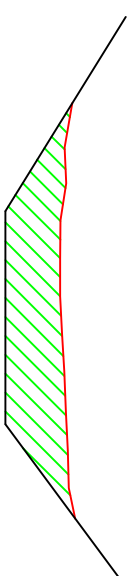
$A_{10} = 31,506 \text{ m}^2$

DIQUE 23: SECCIÓN 9D



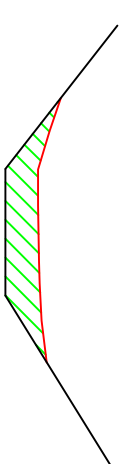
$A_1 = 17,147 \text{ m}^2$

DIQUE 24: SECCIÓN 1



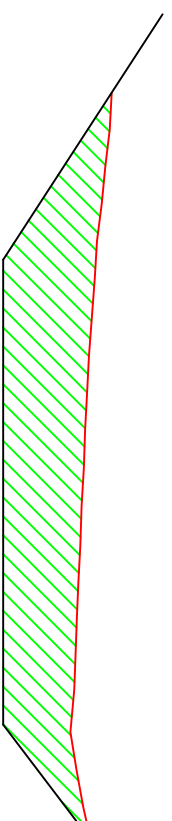
$A_5 = 12,467 \text{ m}^2$

DIQUE 24: SECCIÓN 5



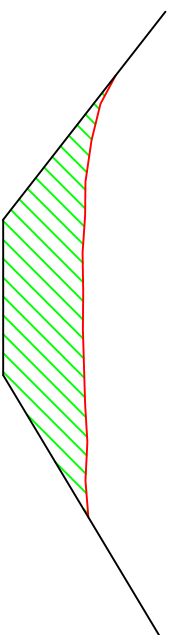
$A_8 = 4,556 \text{ m}^2$

DIQUE 24: SECCIÓN 8



$A_{10D} = 34,045 \text{ m}^2$

DIQUE 23: SECCIÓN 10D



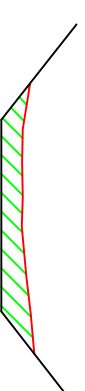
$A_2 = 16,161 \text{ m}^2$

DIQUE 24: SECCIÓN 2



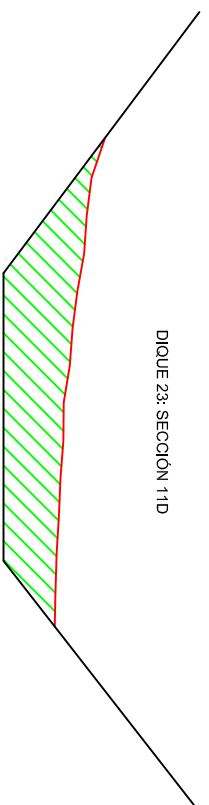
$A_6 = 7,989 \text{ m}^2$

DIQUE 24: SECCIÓN 6



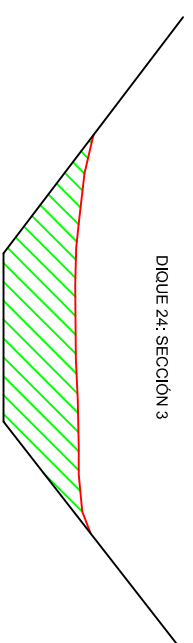
$A_9 = 3,738 \text{ m}^2$

DIQUE 24: SECCIÓN 9



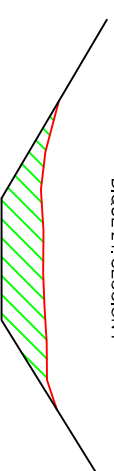
$A_{11D} = 17,111 \text{ m}^2$

DIQUE 23: SECCIÓN 11D



$A_3 = 14,044 \text{ m}^2$

DIQUE 24: SECCIÓN 3



$A_7 = 5,962 \text{ m}^2$

DIQUE 24: SECCIÓN 7



$A_{10} = 3,643 \text{ m}^2$

DIQUE 24: SECCIÓN 10

LEYENDA

| | |
|--|--------------------------------|
| | SECCIÓN CUNYA DE SEDIMENTOS |
| | PENDIENTE LADERA Y LECHO CAUCE |
| | ÁREA DE CADA SECCIÓN |



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 23 Y 24 (MB)

EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

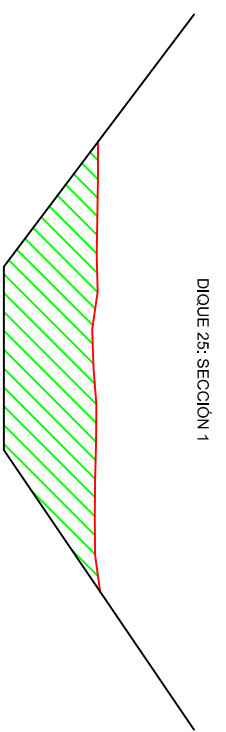
ESCALA:

1/200

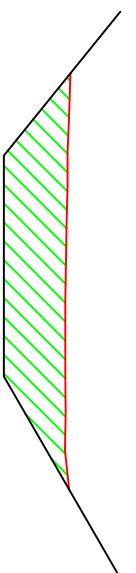
PLANO Nº:

27

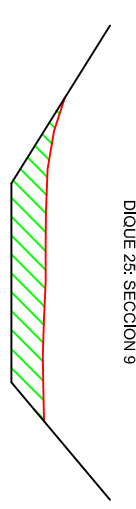
Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal



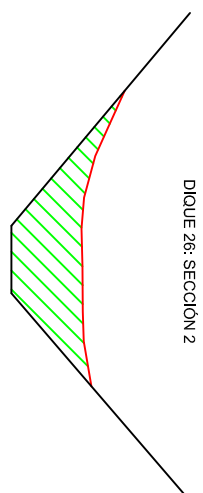
DIQUE 25: SECCIÓN 1
 $A_1 = 20.181 \text{ m}^2$



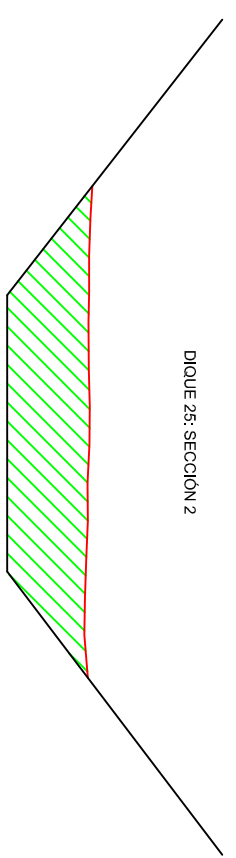
DIQUE 25: SECCIÓN 5
 $A_5 = 13.849 \text{ m}^2$



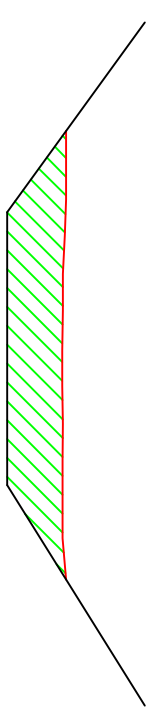
DIQUE 25: SECCIÓN 9
 $A_9 = 6.043 \text{ m}^2$



DIQUE 26: SECCIÓN 2
 $A_2 = 8.392 \text{ m}^2$



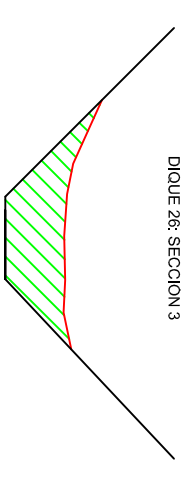
DIQUE 25: SECCIÓN 2
 $A_2 = 21.653 \text{ m}^2$



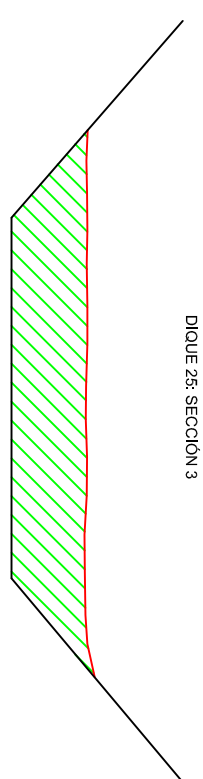
DIQUE 25: SECCIÓN 6
 $A_6 = 14.122 \text{ m}^2$



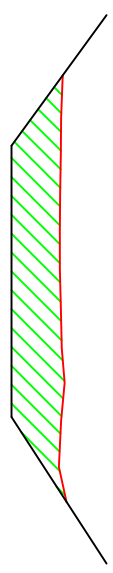
DIQUE 25: SECCIÓN 10
 $A_{10} = 5.056 \text{ m}^2$



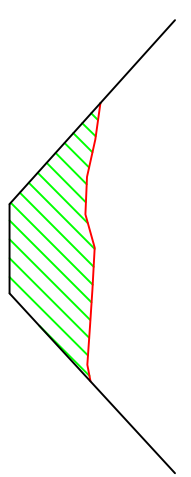
DIQUE 26: SECCIÓN 3
 $A_3 = 6.702 \text{ m}^2$



DIQUE 25: SECCIÓN 3
 $A_3 = 23.611 \text{ m}^2$



DIQUE 25: SECCIÓN 7
 $A_7 = 11.961 \text{ m}^2$



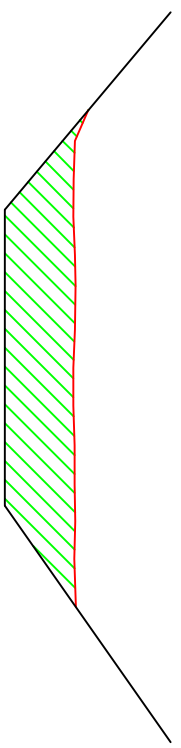
DIQUE 26: SECCIÓN 1
 $A_1 = 10.187 \text{ m}^2$



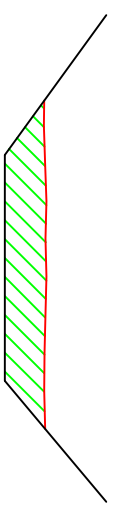
DIQUE 26: SECCIÓN 4
 $A_4 = 5.141 \text{ m}^2$

LEYENDA

- SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
- PENDIENTE LADERA Y LECHO CAUCE
- ÁREA DE CADA SECCIÓN



DIQUE 25: SECCIÓN 4
 $A_4 = 18.924 \text{ m}^2$



DIQUE 25: SECCIÓN 8
 $A_8 = 7.840 \text{ m}^2$



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
 MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
 EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 25 Y 26 (MB)

FECHA: JUNIO DE 2014

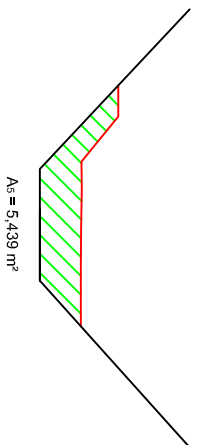
ESCALA: 1/200

PLANO Nº: 28

EL AUTOR:

Fdo: Iván Ramos Díez
 I.T. Forestal

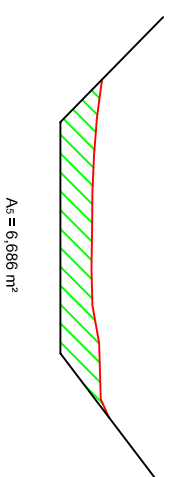
DIQUE 26: SECCIÓN 5



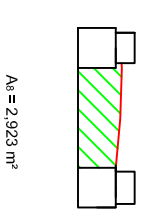
DIQUE 27: SECCIÓN 1



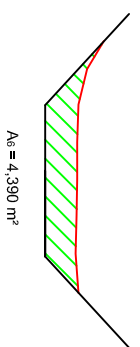
DIQUE 27: SECCIÓN 5



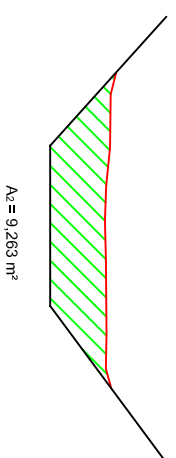
DIQUE 27: SECCIÓN 8



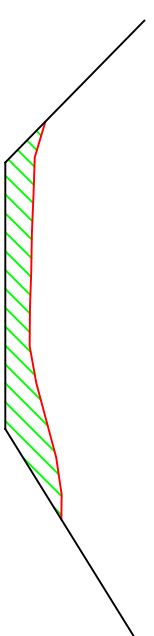
DIQUE 26: SECCIÓN 6



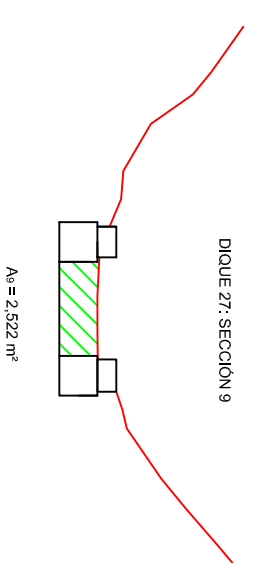
DIQUE 27: SECCIÓN 2



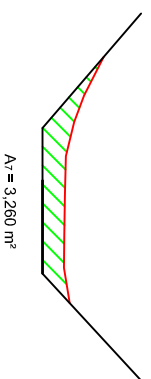
DIQUE 27: SECCIÓN 6



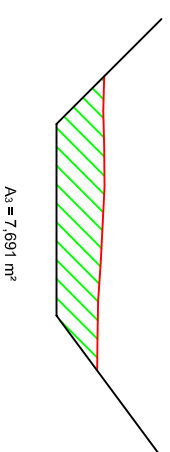
DIQUE 27: SECCIÓN 9



DIQUE 26: SECCIÓN 7



DIQUE 27: SECCIÓN 3



DIQUE 27: SECCIÓN 7



LEYENDA

| | |
|--|--------------------------------|
| | SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS |
| | PENDIENTE LADERA Y LECHO CAUCE |
| | ÁREA DE CADA SECCIÓN |



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 26 Y 27 (MB)

EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

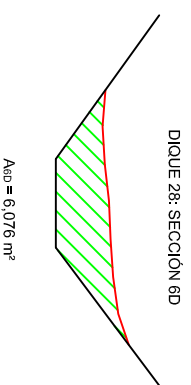
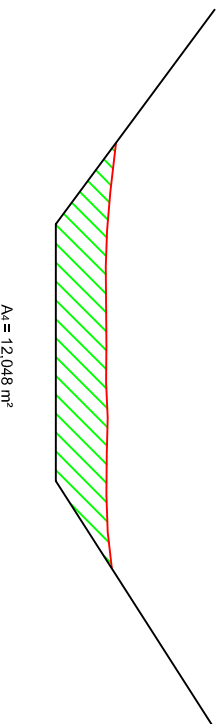
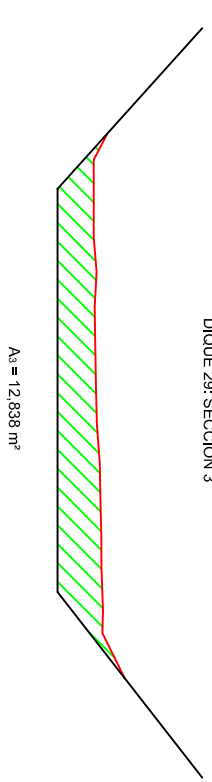
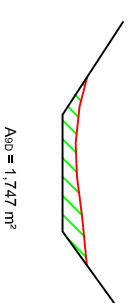
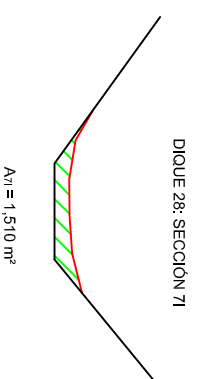
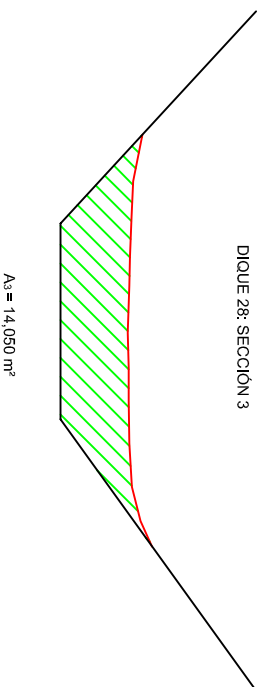
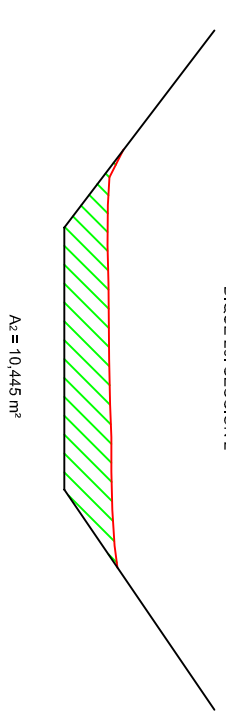
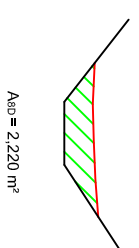
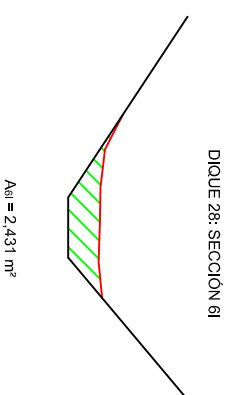
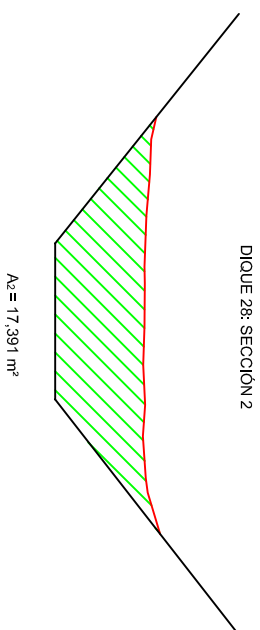
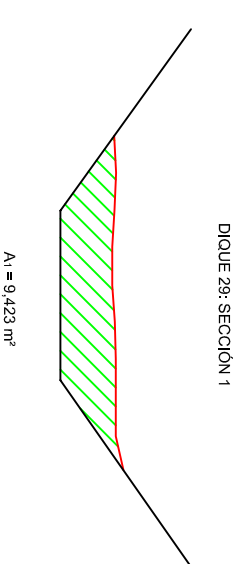
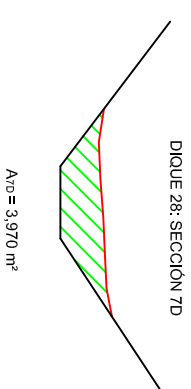
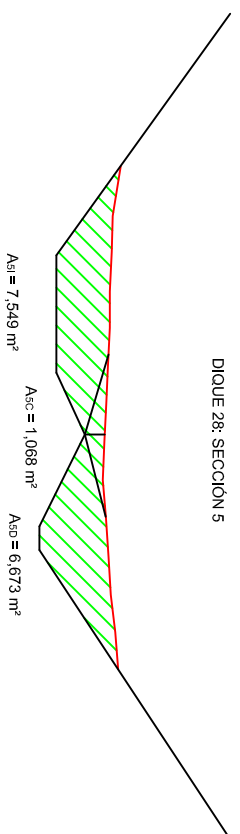
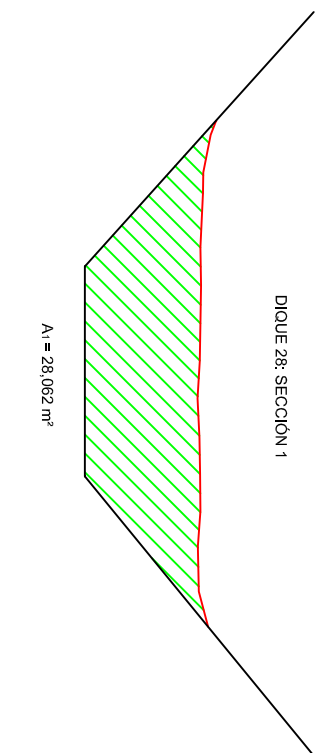
ESCALA:

1/200

PLANO Nº:

29

Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal



LEYENDA

| | |
|--|--------------------------------|
| | SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS |
| | PENDIENTE LADERA Y LECHO CAUCE |
| | ÁREA DE CADA SECCIÓN |



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 28 Y 29 (MB)

EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

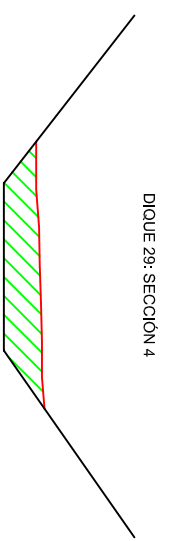
ESCALA:

1/200

PLANO Nº:

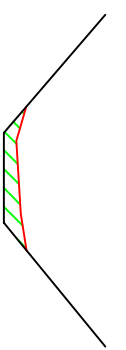
30

Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal



DIQUE 29: SECCION 4

$A_3 = 5,448 \text{ m}^2$



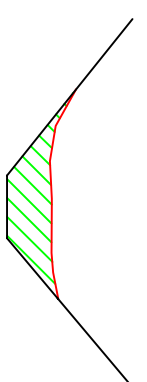
DIQUE 29: SECCION 8

$A_6 = 1,260 \text{ m}^2$



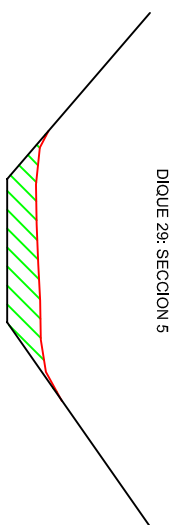
DIQUE 30: SECCION 2

$A_2 = 12,047 \text{ m}^2$



DIQUE 30: SECCION 5

$A_5 = 3,624 \text{ m}^2$



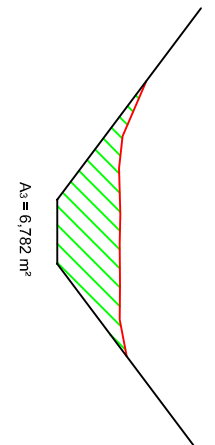
DIQUE 29: SECCION 5

$A_5 = 4,188 \text{ m}^2$



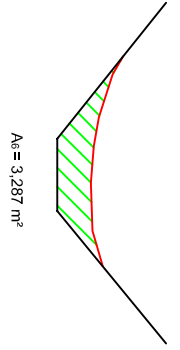
DIQUE 29: SECCION 9

$A_9 = 1,446 \text{ m}^2$



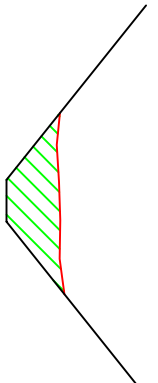
DIQUE 30: SECCION 3

$A_3 = 6,782 \text{ m}^2$



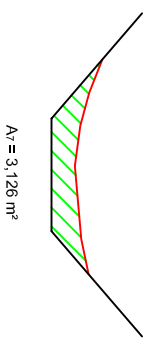
DIQUE 30: SECCION 6

$A_6 = 3,287 \text{ m}^2$



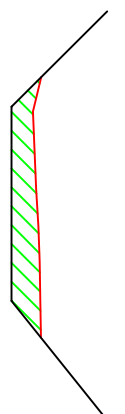
DIQUE 30: SECCION 4

$A_4 = 4,029 \text{ m}^2$



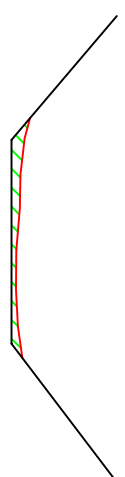
DIQUE 30: SECCION 7

$A_7 = 3,126 \text{ m}^2$



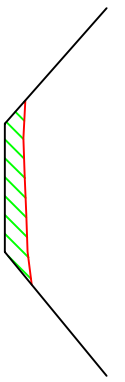
DIQUE 29: SECCION 6

$A_6 = 4,080 \text{ m}^2$



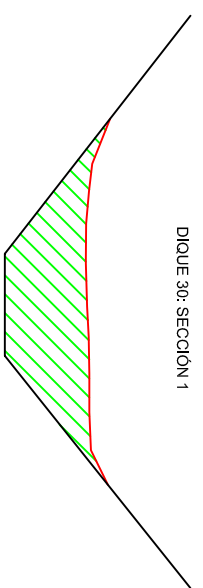
DIQUE 29: SECCION 10

$A_{10} = 1,166 \text{ m}^2$



DIQUE 29: SECCION 7

$A_7 = 2,255 \text{ m}^2$



DIQUE 30: SECCION 1

$A_1 = 12,438 \text{ m}^2$

LEYENDA

- SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
- PENDIENTE LADERA Y LECHO CAUCE
- ÁREA DE CADA SECCIÓN



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 29 Y 30 (MB)

FECHA: JUNIO DE 2014

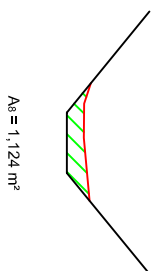
ESCALA: 1/200

PLANO Nº: 31

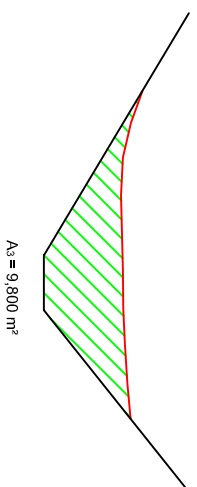
EL AUTOR:

Fdo: Iván Ramos Diez
I.T. Forestal

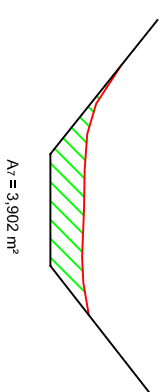
DIQUE 30: SECCION 8



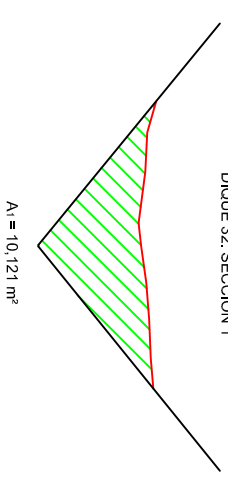
DIQUE 31: SECCION 3



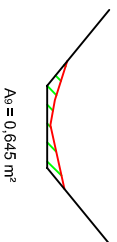
DIQUE 31: SECCION 7



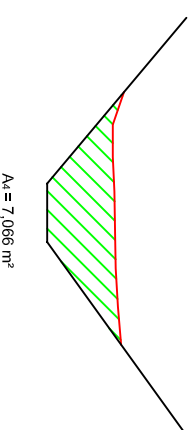
DIQUE 32: SECCION 1



DIQUE 30: SECCION 9



DIQUE 31: SECCION 4



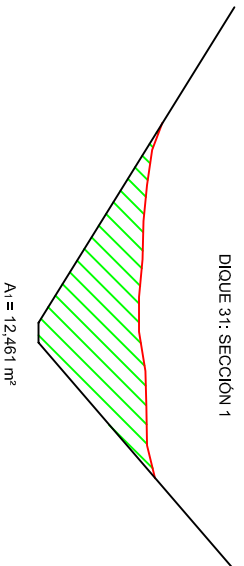
DIQUE 31: SECCION 8



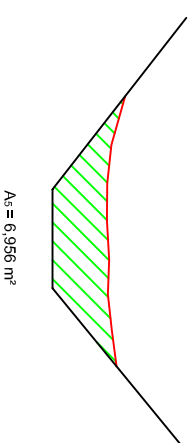
DIQUE 32: SECCION 2



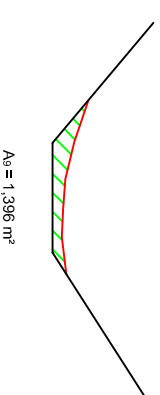
DIQUE 31: SECCION 1



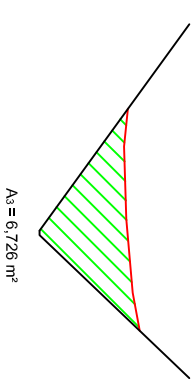
DIQUE 31: SECCION 5






DIQUE 31: SECCION 9



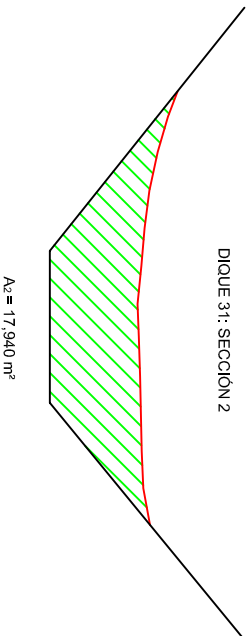
DIQUE 32: SECCION 3



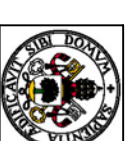
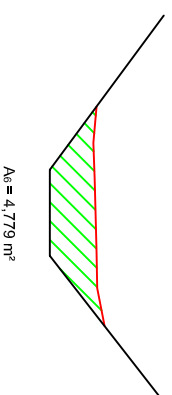
LEYENDA

-  SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
-  PENDIENTE LADERA Y LECHO CAUCE
-  ÁREA DE CADA SECCIÓN

DIQUE 31: SECCION 2



DIQUE 31: SECCION 6



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 30, 31 Y 32 (MB)

EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA:

1/200

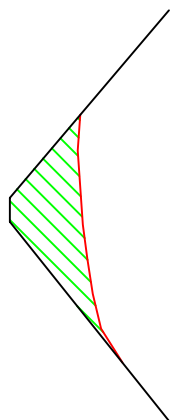
PLANO Nº:

32

Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal

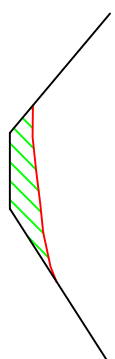
DIQUE 32: SECCIÓN 4

$A_s = 6,120 \text{ m}^2$



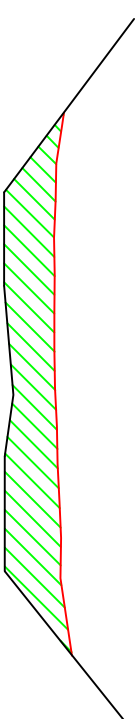
DIQUE 32: SECCIÓN 8

$A_s = 2,325 \text{ m}^2$



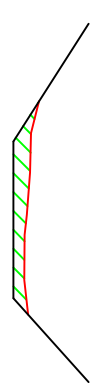
DIQUE 33: SECCIÓN 2

$A_2 = 16,299 \text{ m}^2$



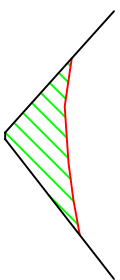
DIQUE 33: SECCIÓN 5I

$A_{5I} = 1,793 \text{ m}^2$



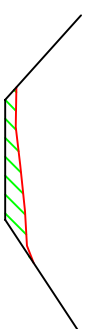
DIQUE 32: SECCIÓN 5

$A_s = 3,789 \text{ m}^2$



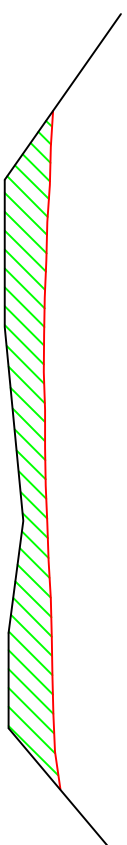
DIQUE 32: SECCIÓN 9

$A_s = 1,547 \text{ m}^2$



DIQUE 33: SECCIÓN 3

$A_3 = 16,081 \text{ m}^2$



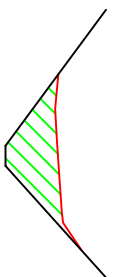
DIQUE 33: SECCIÓN 6I

$A_{6I} = 0,125 \text{ m}^2$



DIQUE 32: SECCIÓN 6

$A_s = 3,207 \text{ m}^2$



DIQUE 32: SECCIÓN 10

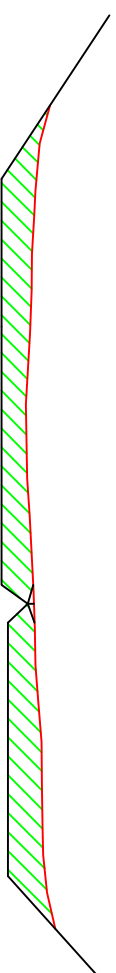
$A_{10} = 0,402 \text{ m}^2$



$A_{11} = 9,124 \text{ m}^2$

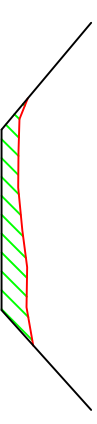
$A_{10c} = 0,083 \text{ m}^2$

$A_{10} = 6,543 \text{ m}^2$






DIQUE 33: SECCIÓN 4

$A_{5D} = 3,083 \text{ m}^2$



LEYENDA

-  SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
-  PENDIENTE LADERA Y LECHO CAUCE
-  ÁREA DE CADA SECCIÓN

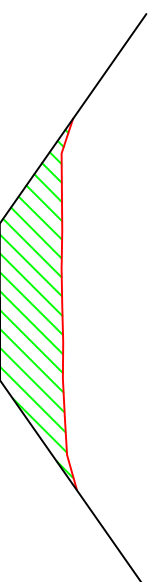
DIQUE 32: SECCIÓN 7

$A_7 = 2,899 \text{ m}^2$



DIQUE 33: SECCIÓN 1

$A_1 = 11,070 \text{ m}^2$



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 32 Y 33 (MB)

EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

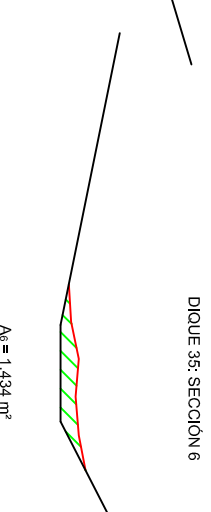
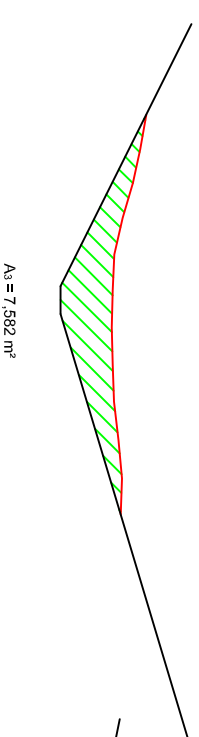
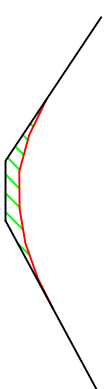
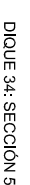
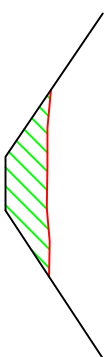
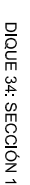
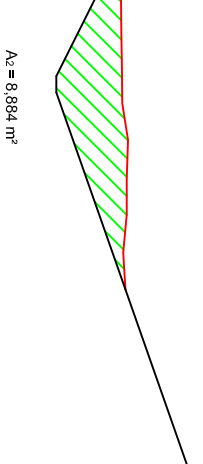
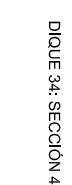
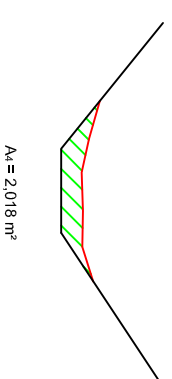
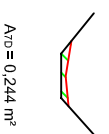
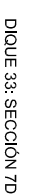
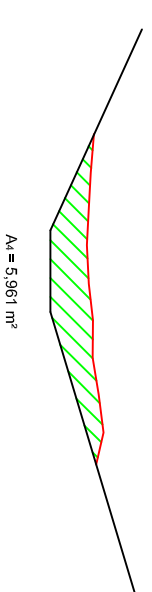
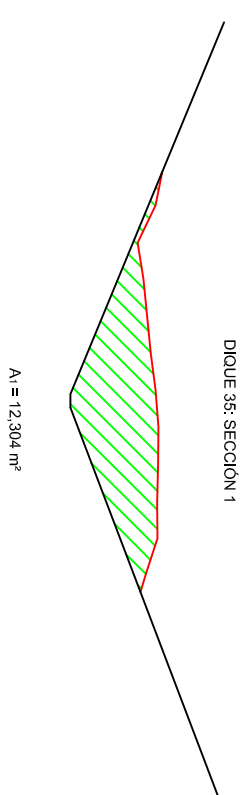
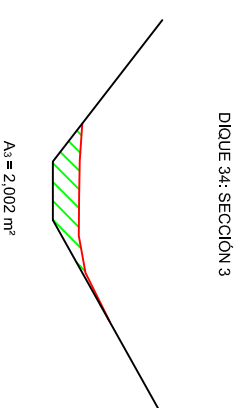
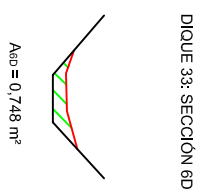
ESCALA:

1/200

PLANO Nº:

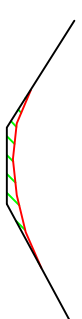
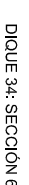
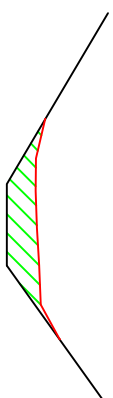
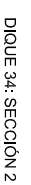
33

Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal



LEYENDA

- SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
- PENDIENTE LADERA Y LECHO CAUCE
- ÁREA DE CADA SECCIÓN



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 33, 34 Y 35 (MB)

EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

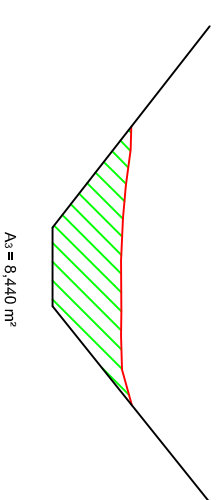
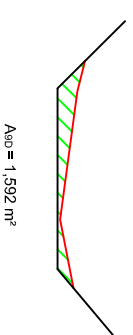
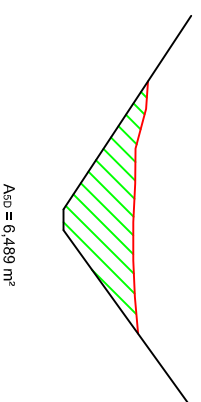
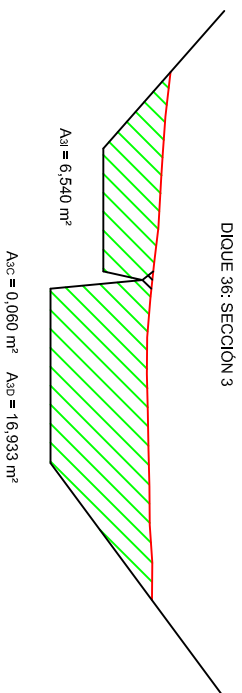
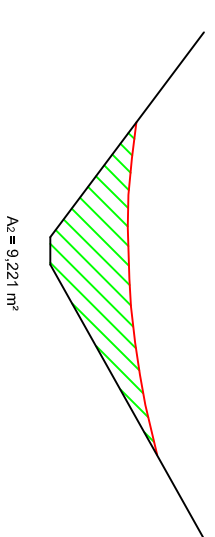
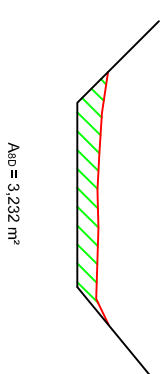
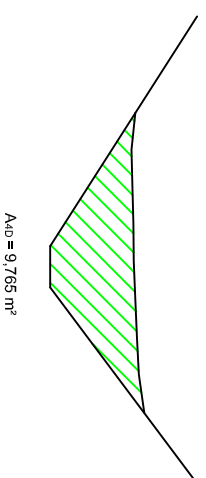
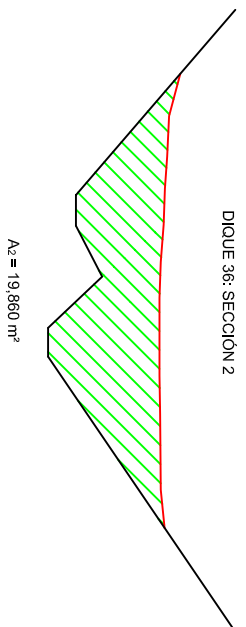
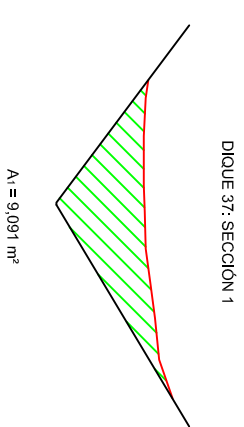
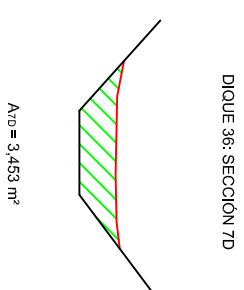
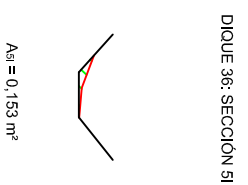
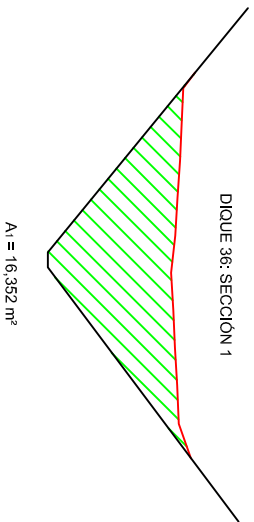
ESCALA:

1/200

PLANO Nº:

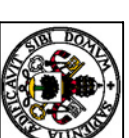
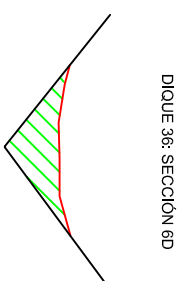
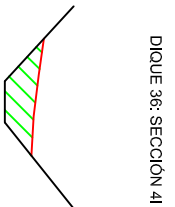
34

Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal



LEYENDA

- SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
- PENDIENTE LADERA Y LECHO CAUCE
- ÁREA DE CADA SECCIÓN



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 36 Y 37 (MB)

EL AUTOR:

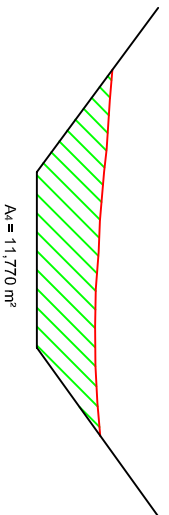
FECHA: JUNIO DE 2014

PLANO Nº: 35

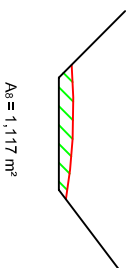
ESCALA: 1/200

Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal

DIQUE 37: SECCION 4



DIQUE 37: SECCION 8



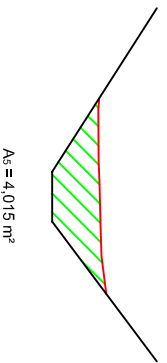
DIQUE 38: SECCION 4



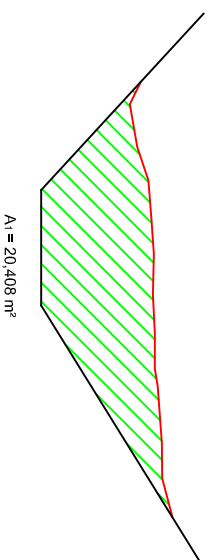
DIQUE 38: SECCION 7I



DIQUE 37: SECCION 5



DIQUE 38: SECCION 1



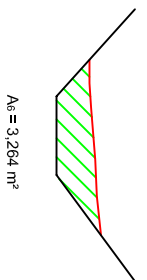
DIQUE 38: SECCION 5



DIQUE 38: SECCION 7D



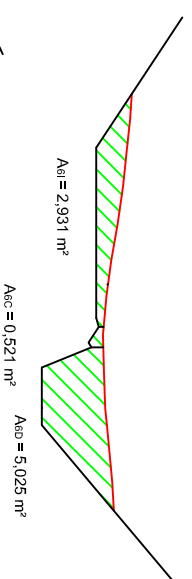
DIQUE 37: SECCION 6



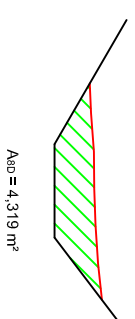
DIQUE 38: SECCION 2






DIQUE 38: SECCION 6



DIQUE 38: SECCION 8D



LEYENDA

-  SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
-  PENDIENTE LADERA Y LECHO CAUCE
-  ÁREA DE CADA SECCIÓN



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
 MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
 EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 37 Y 38 (MB)

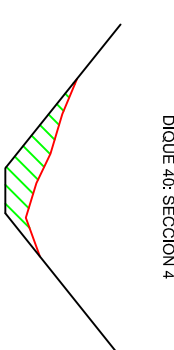
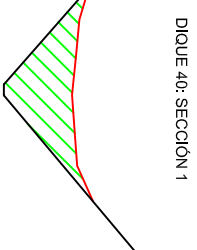
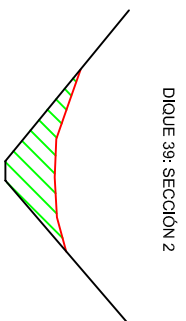
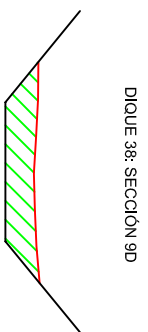
FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA: 1/200

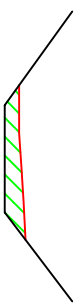
PLANO Nº: 36

EL AUTOR:

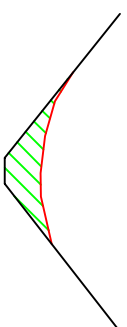
Fdo: Iván Ramos Díez
 I.T. Forestal



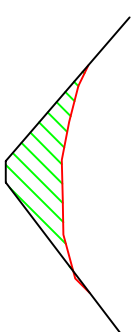
DIQUE 38: SECCIÓN 10D



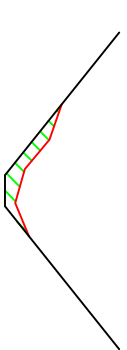
DIQUE 39: SECCIÓN 3



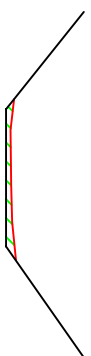
DIQUE 40: SECCIÓN 2



DIQUE 40: SECCIÓN 5



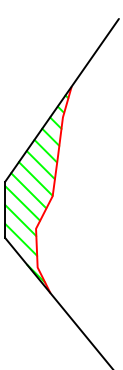
DIQUE 38: SECCIÓN 11D






DIQUE 39: SECCIÓN 4

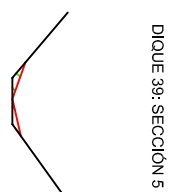
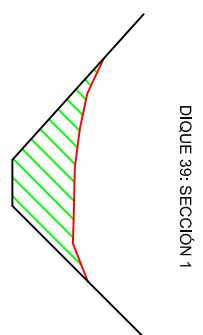


DIQUE 40: SECCIÓN 3



LEYENDA

-  SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
-  PENDIENTE LADERA Y LECHO CAUCE
-  ÁREA DE CADA SECCIÓN



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)


PLANO: SECCIONES DIQUE 39 Y 40 (MB)

FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA: 1/200

PLANO Nº: 37

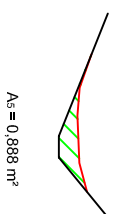
EL AUTOR:


Fdo: Iván Ramos Diez
I.T. Forestal

DIQUE 41: SECCION 1



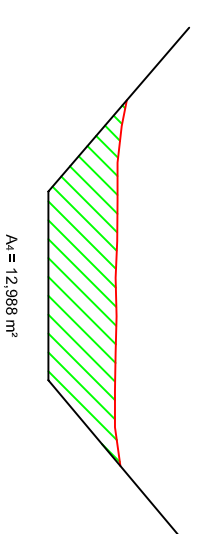
DIQUE 41: SECCION 5



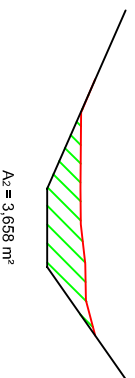
DIQUE 42: SECCION 1



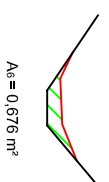
DIQUE 42: SECCION 4



DIQUE 41: SECCION 2



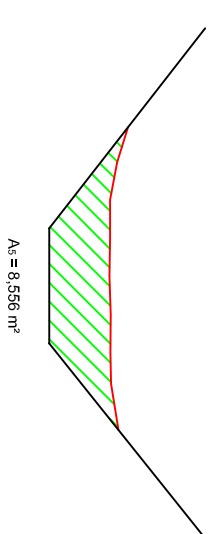
DIQUE 41: SECCION 6



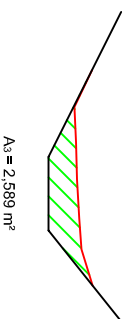
DIQUE 42: SECCION 2



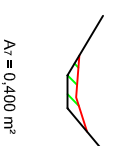
DIQUE 42: SECCION 5



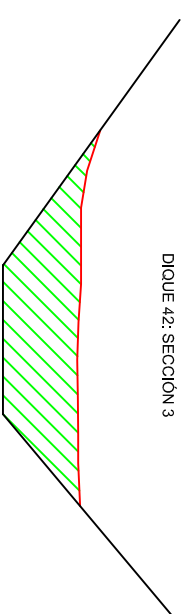
DIQUE 41: SECCION 3



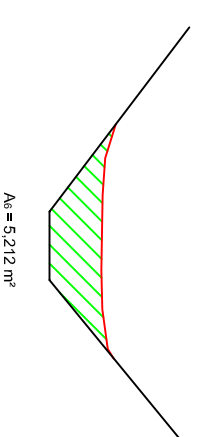
DIQUE 41: SECCION 7






DIQUE 42: SECCION 3



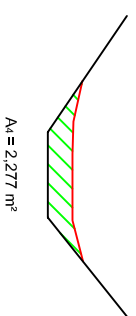
DIQUE 42: SECCION 6



LEYENDA

-  SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
-  PENDIENTE LADERA Y LECHO CAUCE
-  ÁREA DE CADA SECCIÓN

DIQUE 41: SECCION 4



DIQUE 41: SECCION 8



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 41 Y 42 (MB)

EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA:

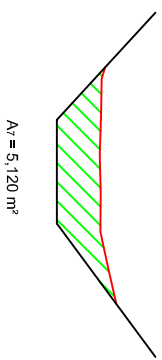
1/200

PLANO Nº:

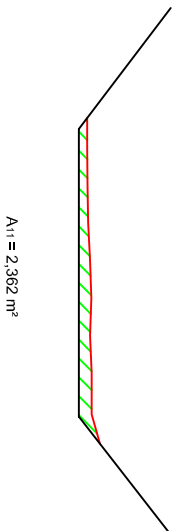
38

Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal

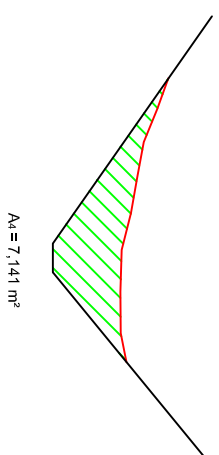
DIQUE 42: SECCIÓN 7



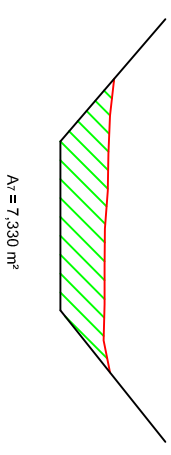
DIQUE 42: SECCIÓN 11



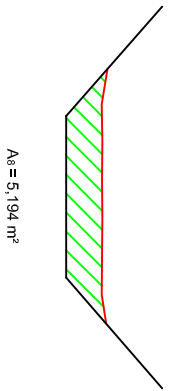
DIQUE 43: SECCIÓN 4



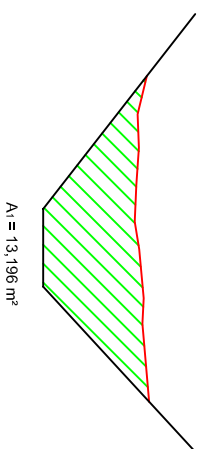
DIQUE 43: SECCIÓN 7



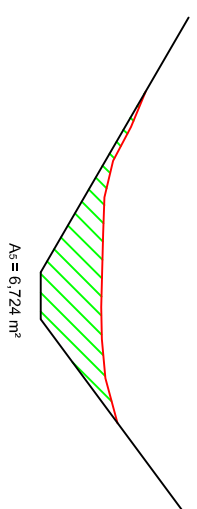
DIQUE 42: SECCIÓN 8



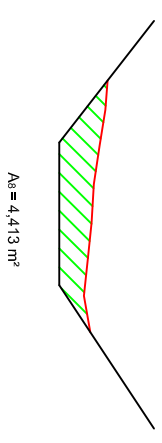
DIQUE 43: SECCIÓN 1



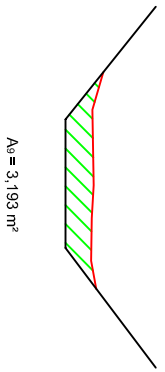
DIQUE 43: SECCIÓN 5



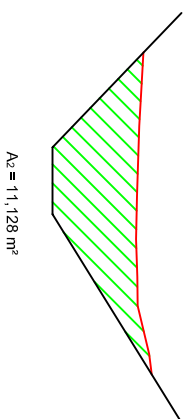
DIQUE 43: SECCIÓN 8



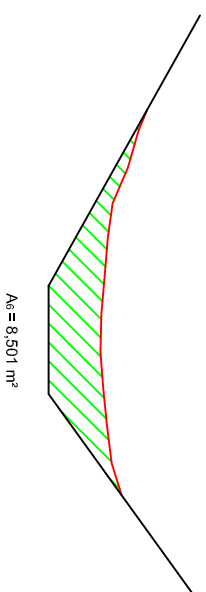
DIQUE 42: SECCIÓN 9



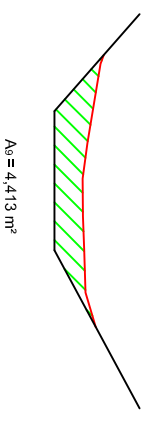
DIQUE 43: SECCIÓN 2






DIQUE 43: SECCIÓN 6



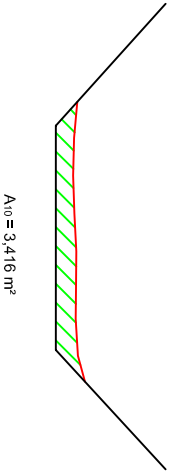
DIQUE 43: SECCIÓN 9



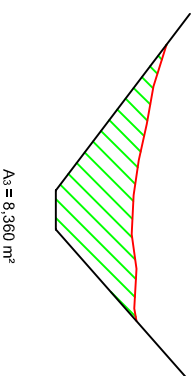
LEYENDA

-  SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
-  PENDIENTE LADERA Y LECHO CAUCE
-  ÁREA DE CADA SECCIÓN

DIQUE 42: SECCIÓN 10



DIQUE 43: SECCIÓN 3



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 42 Y 43 (MB)

EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA:

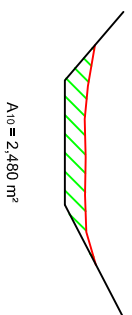
1/200

PLANO Nº:

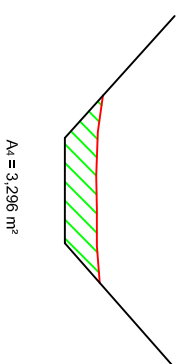
39

Fdo: Iván Ramos Diez
I.T. Forestal

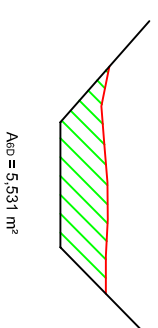
DIQUE 43: SECCION 10



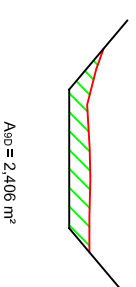
DIQUE 44: SECCION 41



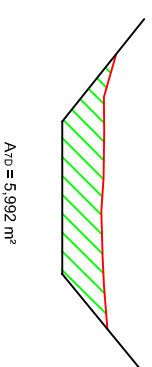
DIQUE 44: SECCION 6D



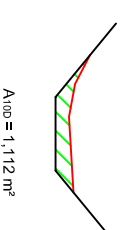
DIQUE 44: SECCION 9D



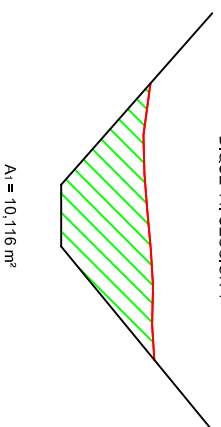
DIQUE 44: SECCION 7D



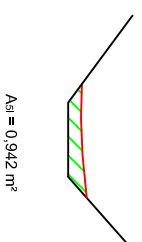
DIQUE 44: SECCION 10D



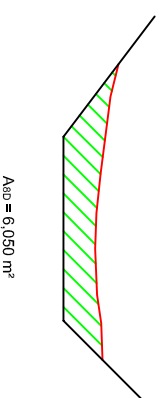
DIQUE 44: SECCION 1



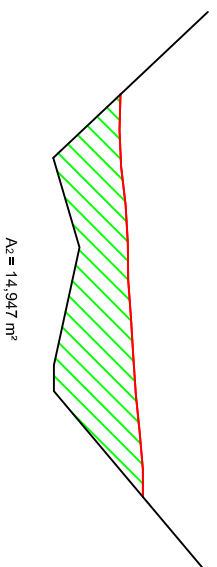
DIQUE 44: SECCION 51



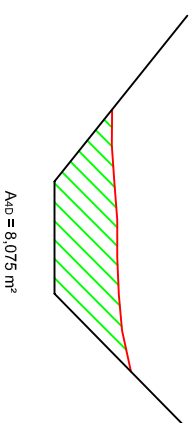
DIQUE 44: SECCION 8D






DIQUE 44: SECCION 2



DIQUE 44: SECCION 4D



LEYENDA

-  SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
-  PENDIENTE LADERA Y LECHO CAUCE
-  ÁREA DE CADA SECCIÓN



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 43 Y 44 (MB)

EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

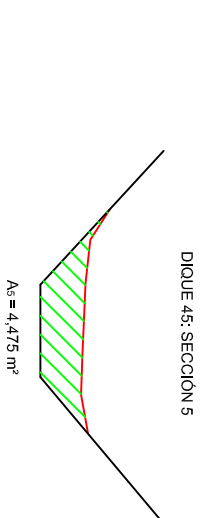
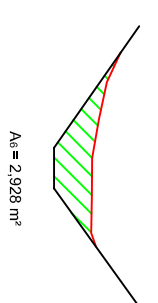
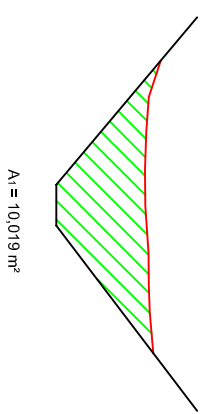
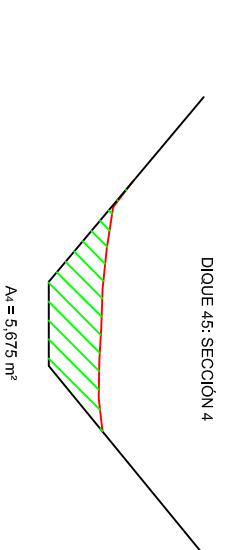
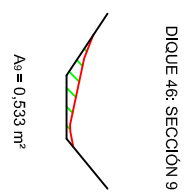
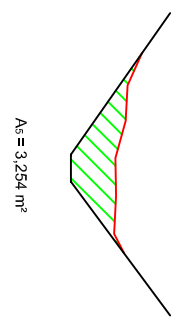
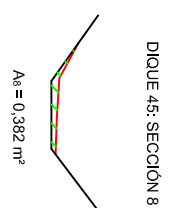
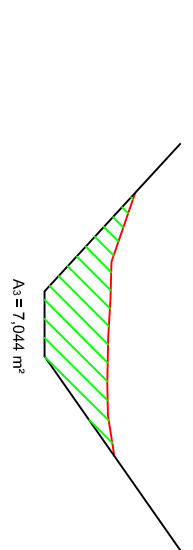
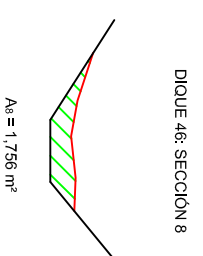
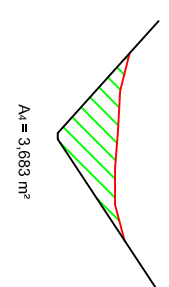
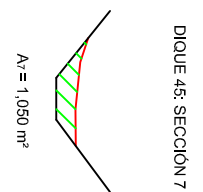
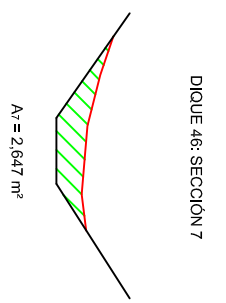
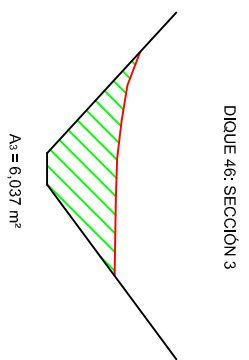
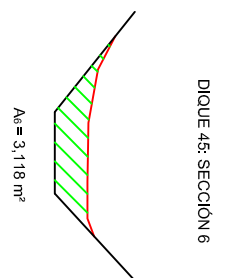
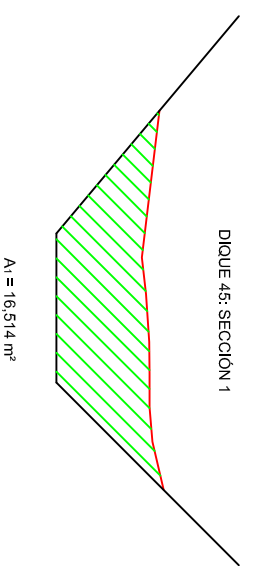
ESCALA:

1/200

PLANO Nº:

40

Fdo: Iván Ramos Díez
I.T. Forestal



LEYENDA

- SECCIÓN CUÑA DE SEDIMENTOS
- PENDIENTE LADERA Y LECHO CAUCE
- ÁREA DE CADA SECCIÓN



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

TÍTULO DEL TRABAJO:
EFICACIA DE LOS DIQUES FORESTALES EN EL CONTROL EROSIIVO EN CÁRCAVAS CORREGIDAS DURANTE LAS RESTAURACIONES DEL SIGLO XX EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE SALDAÑA Y LOBERA DE LA VEGA (PALENCIA)

PLANO: SECCIONES DIQUE 45 Y 46 (MB)

EL AUTOR:

FECHA: JUNIO DE 2014

ESCALA: 1/200

PLANO Nº: 41

Fdo: Iván Ramos Diez
I.T. Forestal