

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

**Máster en Gestión de Prevención de Riesgos
Laborales, Calidad y Medio Ambiente**



TRABAJO FIN DE MÁSTER

Ensayo de resistencia a la compresión
de cartón ondulado

AUTOR

Ana María García Bol

VALLADOLID, JULIO DE 2013

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Motivo del trabajo	4
1.2. Lugar de realización.....	4
1.3. Tutor de la empresa.....	6
1.4. Tutor de la Uva.....	6
1.5. El cartón	6
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo específico.....	13
2.2. Objetivos generales	13
3. MEDIOS UTILIZADOS	14
3.1. Medios materiales	14
3.2. Medios humanos	14
4. METODOLOGÍA EMPLEADA	14
5. RESULTADOS OBTENIDOS.....	19
6. ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	27
6.1. Sistemas de tratamiento de los resultados.....	27
6.2. Medios estadísticos empleados	27

7. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	28
8. ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA	29
9. CONCLUSIONES EXTRAIDAS	29
10. OTRO TIPO DE INFORMACIÓN	30
11. REFERENCIAS	34
12. ANEXOS	35

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivo del trabajo

El motivo por el cual he realizado mis prácticas relacionadas con la calidad del cartón ondulado es porque me ha parecido muy interesante descubrir el campo de esta fabricación, ver todo el proceso de fabricación desde el principio y poder controlar todos los procesos y la importancia de la calidad no sólo en el producto, procesos y del personal en la realización de sus actividades cotidianas, ya que la calidad invade todos los ámbitos de la empresa. Hoy en día la calidad está en pleno auge, no sólo en el producto sino en todo el proceso productivo, por lo que llevar una trazabilidad y un control de todo es esencial.

1.2. Lugar de realización

El lugar de realización del trabajo de fin de máster ha sido en International Paper SL. Es una empresa global dedicada al papel y los embalajes, opera en toda Europa, Rusia, África y Oriente Medio, concentrándose en la producción de papeles de pasta química no estucados para oficinas, embalajes industriales y de consumo, cartón para envases y cartón estucado y no estucado.

Cartonajes International, SL. afiliada en España a International Paper, tiene fábricas en Bilbao, Las Palmas, Barcelona, Valladolid, Alcalá, Gandía y Tenerife. La realización de las prácticas es en Valladolid, concretamente en Arroyo de la Encomienda.

En la foto 1 podemos ver lo comentado anteriormente sobre las fábricas en España.



Foto 1. Fábricas de Cartisa en España

En el mapa podemos ver dónde se ubica en concreto la fábrica en Valladolid.



Foto 2. Mapa de localización de la fábrica

En la foto 3 vemos la fábrica que tiene la empresa en Valladolid.

Foto 3. Cartisa en Valladolid



1.3. Tutor de la empresa

Ángel Tomillo

1.4. Tutor de la Uva

José María García Terán

1.5. El cartón

El cartón ondulado es un material utilizado habitualmente para la fabricación de envases y embalajes. Se suele componer de 3 o 5 capas equidistantes de papel siendo las dos exteriores lisas y la interior o interiores onduladas, lo que le da una gran resistencia.

El cartón ondulado es el resultado de la aplicación de la teoría de la resistencia de los materiales al campo del papel. Está formado por las siguientes caras u hojas:

- Las hojas exteriores se llaman caras o cubiertas.
- Las hojas intermedias se llaman caras lisas.
- Las hojas onduladas que forman los canales se llaman ondulado, tripa o médium.

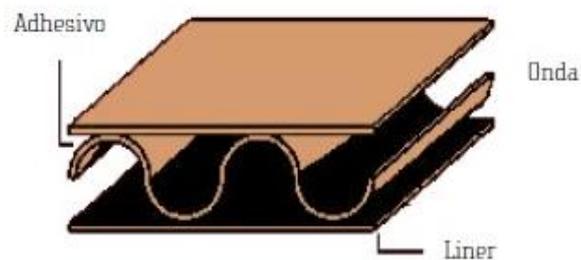


Foto 4. Corte transversal cartón

Clasificación de los papeles según sus características:

- Caras o cubiertas:

Son los papeles lisos exteriores e intermedios del cartón. Tipos:

- Krafliner (capacidad de protección y apilamiento, protección contra el agua, alta calidad de impresión, buen aspecto visual).
- Testliner (capacidad de protección y apilamiento, protección contra el agua, alta calidad de impresión, buen aspecto visual).
- Biclasses (buena relación calidad-precio).
- Estucados.

Pueden ser de color blanco o crudo, excepto los estucados que son siempre blancos.

En la empresa se utiliza: Kraft blanco o crudo, Test blanco o crudo, Bicolor blanco o crudo y Duosaica crudo.

- Ondulados o tripas:

Son los papeles usados por la formación de las ondas, Fluting normalmente. Tipos:

- Fabricados con fibra virgen (buen comportamiento en ambientes húmedos).
- Fabricados con fibra reciclada y otros aditivos (buena relación calidad-precio).

En la empresa se usa Fluting, Semiquímico y Duosaica.

Clasificación del cartón según su composición:

- Simple cara: 1 cara + 1 ondulado.
- Doble cara: 2 caras + 1 ondulado (en la empresa lo llaman canal B o C).
- Doble doble cara: 2 caras + 1 liso interior + 2 ondulados (en la empresa lo llaman canal BC).
- Triple cara: 2 caras + 2 lisos interior + 3 ondulados.

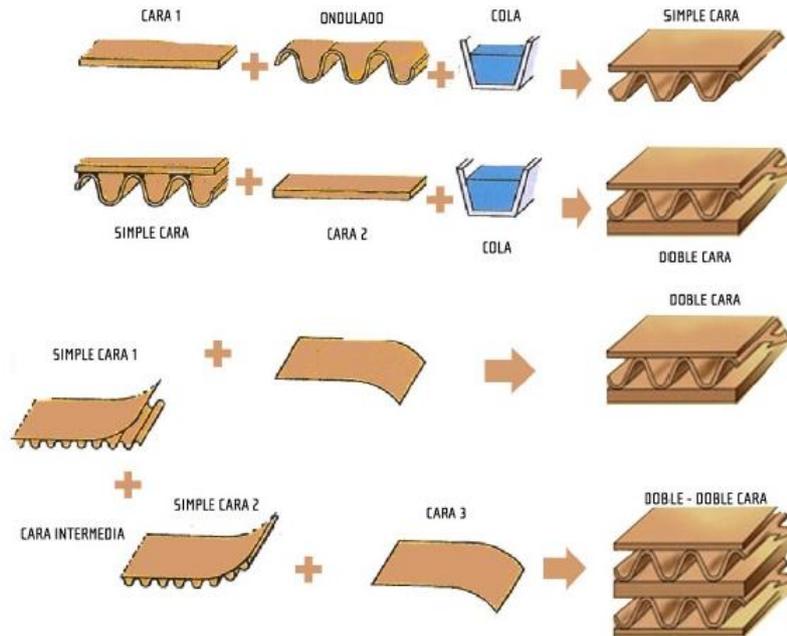


Foto 5. Unión de las diferentes caras de cartón

Tipos de onda

Se definen de manera orientativa los diferentes perfiles del ondulado, en función del espesor del cartón.

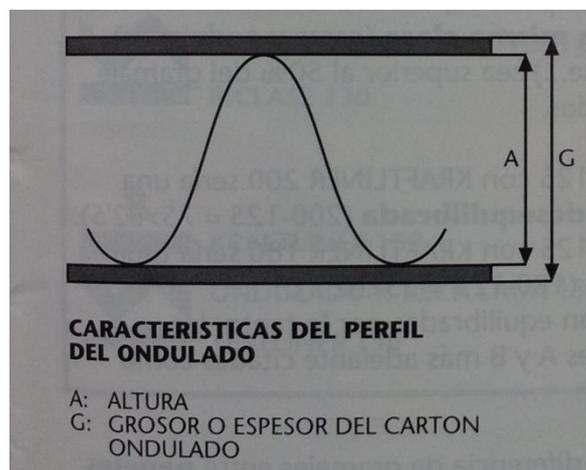


Foto 6. Explicación de una onda

Como se puede ver en la gráfica y al compararlo con la tabla vemos que la altura corresponde con la amplitud de onda mientras que el grosor es el espesor del cartón.

Perfil del ondulado	Espesor del cartón mm
Onda muy grande	>5 mm
Onda grande (canal A)	5 mm
Onda mediana (canal C)	4 mm
Onda pequeña (canal B)	3 mm
Micro canal (canal E)	2 mm
Mini micro canal (canal F)	1mm

Tabla 1. Tipos de ondas

En Cartisa Valladolid se fabrica canal B, canal C (3 papeles) y canal BC (5 papeles).

Funciones del ondulado

- Dar un espesor inicial al cartón que se mantenga durante toda la vida del embalaje.
- Formar unos hendidos (son unas huellas lineales más o menos profundas para poder doblar el cartón) para que aumente la rigidez ante la flexión.
- Le confiere la característica de amortiguación.
- Aporta resistencia a la compresión sobre el canto del cartón (cada canal es como un pilar).

Funciones de las caras

- Las caras confieren también parte de la resistencia del embalaje.
- La cara exterior sirve como base informativa y para revestirla de manera atractiva.

Funciones de la cola

- Unir de manera rápida y eficaz los papeles a un ritmo rápido.
- Resistencia a la humedad y agua.

Partes de una caja

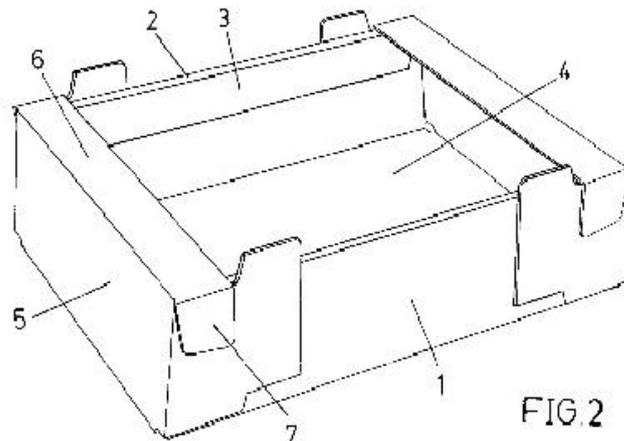


Foto 7. Partes de una caja de agricultura

- | | |
|-------------------------|--------------|
| 1. Guardera | 5. Testero |
| 2. Tramo corto de apoyo | 6. Tejadillo |
| 3. Refuerzo | 7. Solapa |
| 4. Fondo | |

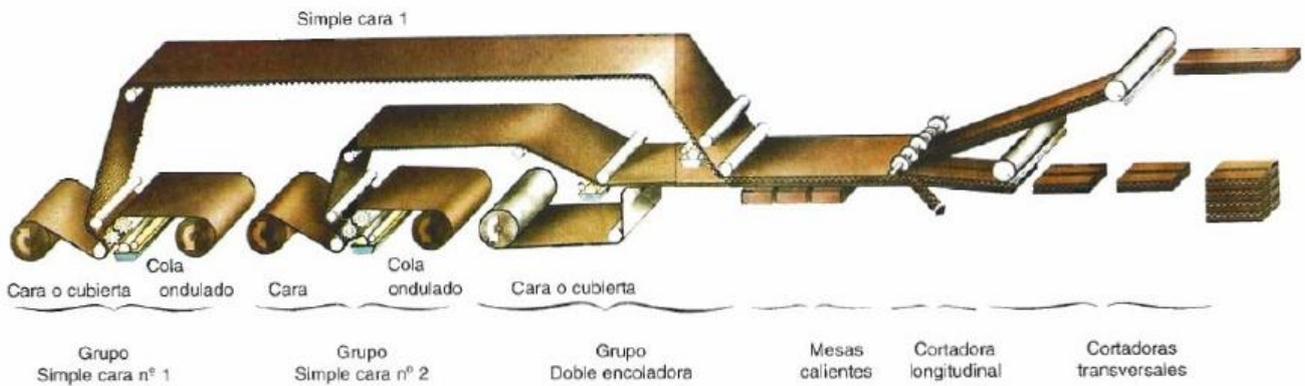
Proceso de elaboración para la fabricación del cartón

1. Ondulado: Se realiza con una onduladora, máquina con la que se fabrica cartón a partir de las bobinas de papel. Esta operación que se realiza de manera continua tiene las siguientes fases:

- Formación de la onda de papel y encolado con una cara (cara simple).
- Encolado de la cara simple con la segunda cara con la doble encoladora.
- Solidificación de la unión de la segunda cara y secado con las mesas calientes.

Transformación de una banda continua en planchas, a través de:

- Cortes longitudinales con hendidos y cortes transversales (Asimag, 2013).



VISTA GENERAL ESQUEMÁTICA DE UN TREN ONDULATORIO

Foto 8. Esquema de ondulatoria



Foto 9. Ondulatoria de la fábrica

2. Apilado en palés. Dependiendo del proceso las planchas irán a troqueladoras o a case makers (dobladora-encoladora).

3. Troquelado de las marcas: Se realiza con troqueladoras, Gandossi (que imprime con 3 colores) y Gopfert (4 colores).

4. Doblado-encolado de las marcas: Apstar (3 colores) y Midline (4 colores).

Los restos van a la zona de recuperación donde se hacen pacas con los recortes que se utilizarán para papel reciclado. Las planchas que por algún motivo sean de partidas defectuosas pasarán por una mesa de selección, salvando las planchas que puedan ser reutilizadas.



Foto 10. Recorte

En la foto se puede apreciar el recorte del cartón apilado para su posterior reciclaje.

Cabe destacar que el cartón es el embalaje más utilizado y a que es el único que cumple una serie de características de manera simultánea:

- Permite la agrupación de productos.
- Facilita la identificación al ser un buen soporte de impresión.
- Protege de los productos contra impactos, luz, vibraciones, polvo, y robo, durante la manipulación, almacenamiento y entrega.
- Permite una buena presentación y promoción, mediante la utilización de las curvas exteriores como soporte de información y publicidad.
- Es inocuo y no altera las características del elemento embalado.

Es un embalaje hecho a medida, de gran adaptabilidad que responde a las necesidades de los clientes al menor coste, excelente soporte de impresión y cumple con las exigencias de transporte y distribución por sus cualidades (Cartisa, 2013).

En España los sectores donde más se demanda cartón son: productos agrícolas, productos alimentarios, bebidas, audio, electrónica, automoción, productos químicos, limpieza, perfumería, cerámica, vidrio, caucho, papelería, tabaco, otros variados.

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

2.1. Objetivo específico

Durante las prácticas se realizaron, entre otras diversas tareas, una serie de ensayos en el laboratorio. Como objetivo específico nos centramos en uno de ellos que resulta muy interesante, es el ECT: un índice que sirve para medir la resistencia a la compresión del cartón ondulado.

2.2. Objetivos generales

Comprender la complejidad del departamento de calidad de la empresa y ver todas las tareas realizadas: trazabilidades, control de proveedores, planes muestrales, ensayos diversos de laboratorio, certificados de calidad, fichas técnicas, informe de recorte gestionable, control de palés, etc.

3. MEDIOS UTILIZADOS

3.1. Medios materiales

Las máquinas que se han utilizado para la obtención de las planchas son: la ondulatora y después para las cajas las troqueladoras. Para cortar la plancha se usa la cizalla y la cortadora Billerud. Para la compresión se usa una prensa, con platinas para la sujeción. Para los cálculos numéricos y análisis de resultados se han utilizado calculadora y ordenador con el programa Office.

3.2. Medios humanos

Mi tutor de empresa y Jefe del departamento de Calidad: Ángel Tomillo.

4. METODOLOGÍA EMPLEADA

Determinación de la resistencia a compresión (ECT Edgewise Crush Test).

Objetivo: Cuantificar la resistencia del embalaje a la compresión a partir de la aplicación de una fuerza paralela a las ondulaciones.

Procedimiento: Se toman la plancha, de calidad BC 5014 (cuya composición es 140 SB / 130 SI / 135 S / 130 SI / 170 KT: Semiquímicos y Kraft; la composición y nomenclatura corresponden a criterio de la empresa), de la que se quieren obtener las muestras para realizar el ensayo y a partir de ahí se toman unas medidas para reducir su tamaño (cuyo ancho será de 100 mm y de largo lo que corresponda para poder sacar las diez muestras) y se corta con la cizalla. Después se toma la plancha intermedia, se usa la cortadora Billerud y se obtienen las muestras con el tamaño adecuado de 100 x 25 mm ISO-FEFCO.

A continuación, metemos cada una de las muestras entre las dos platinas que sujetarán la prensa y procedemos a su compresión a velocidad 10 mm/min.

Los datos que se obtienen los apuntamos y al finalizar hacemos la media de los mismos, después se procede a pasar todos los datos a un Excel y así poder comparar todos los ensayos realizados.

Los valores de la tensión de compresión se expresan en KN/m. Las condiciones climáticas no afectan a los resultados de los ensayos (Cartisa, 2013).

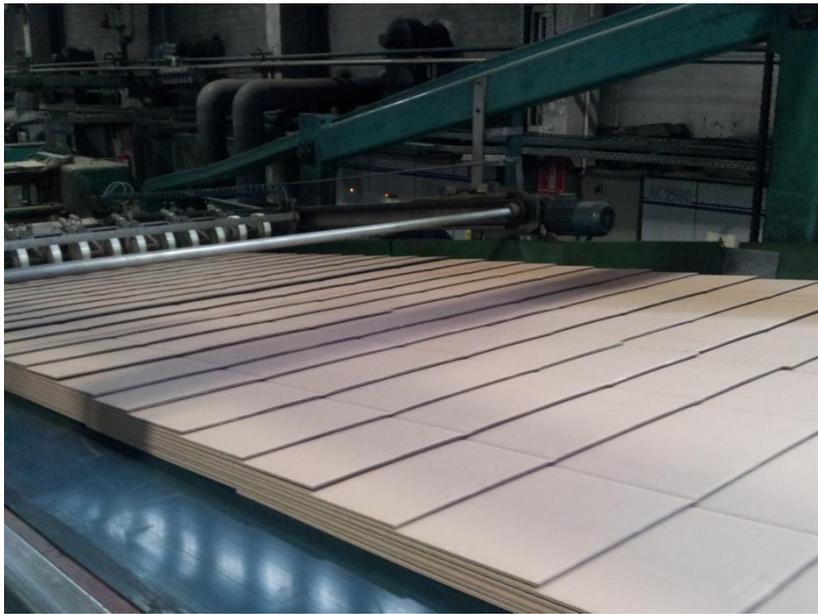


Foto 11. Planchas saliendo de la onduladora

En la foto 11 se ve cómo salen las planchas de la onduladora.

Para realizar el ensayo se utilizan planchas (también se pueden hacer ensayos con cajas terminadas por problemas de calidad o para mejorar la misma).

Y en la foto 12 observamos las cajas troqueladas al salir de la máquina.



Foto 12. Cajas troqueladas saliendo de la máquina.

En la foto 13 podemos ver la plancha intermedia que utilizaremos para obtener las diez muestras de cada ensayo, usando la cortadora Billerud para obtenerlas.



Foto 13. Proceso de corte con cortadora Billerud

En la foto 14 se observa en detalle el resultado del corte de las diez muestras con las que procederemos a realizar el ensayo.

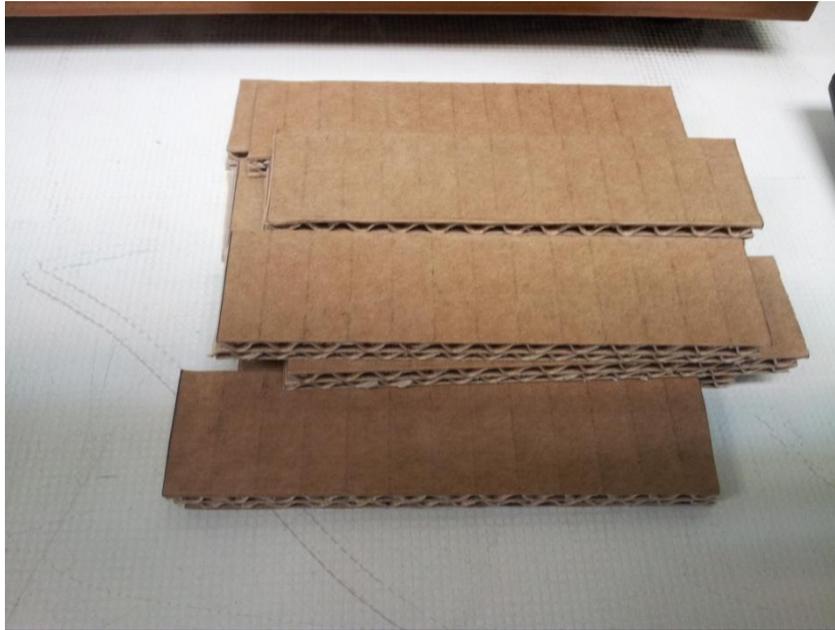


Foto 14. Las diez muestras por ensayo una vez cortadas

Foto 15. Foto de la prensa



Las fotos 15 y 16 son de la prensa al meter las muestras en ella y proceder a la compresión de las mismas para obtener el índice ECT. En la foto 15 se ve más en detalle la muestra introducida entre las placas que sirven de sujeción.

Se admite una tolerancia del 5% en los valores obtenidos con respecto al valor que buscamos. Este porcentaje viene determinado por el hecho de que los propios papeles presentan ya una tolerancia de gramaje del 4%. El equipo tiene una tolerancia de +/- 0,5.

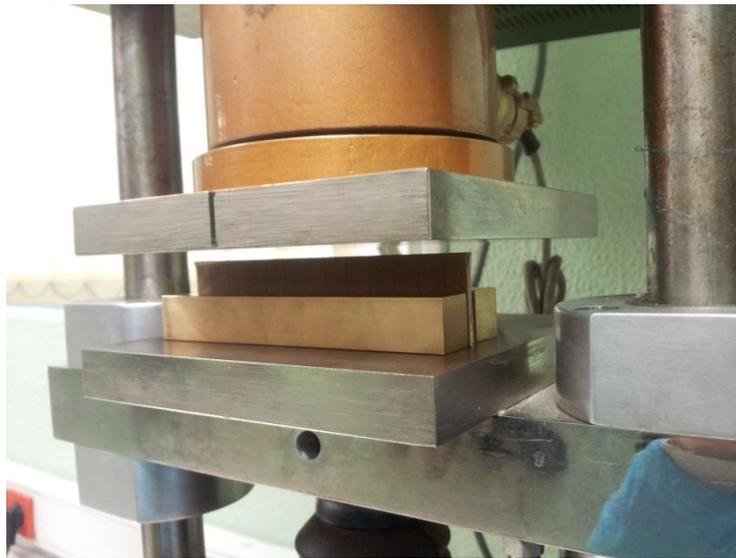


Foto 16. Foto de la prensa de cerca

Después de proceder a su prensado tomaremos todos los resultados y los analizaremos con el programa Excel para poder comparar de manera visual las variaciones que se han producido en las 25 muestras.

A continuación, veremos todos los cálculos realizados una vez obtenidos los datos pertinentes.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

Los 25 ensayos son de calidad BC 5014 cuya composición es 140 SB/130 SI/135 S/130 SI/170 KT.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
1	12,10	11,35	10,40	11,15	10,95	10,75	10,55	10,35	11,35	11,65
2	12,45	11,20	10,15	10,95	10,85	11,15	10,65	11,55	10,75	11,55
3	12,40	10,55	11,20	11,20	11,05	11,15	10,55	10,40	10,5	11,50
4	12,55	11,35	10,85	11,30	10,55	10,65	11,45	10,35	11,30	11,40
5	12,05	10,75	10,75	10,70	11,65	11,35	10,30	10,65	10,35	11,30
6	12,50	10,45	10,50	11,35	11,10	11,45	10,40	11,15	10,55	11,55
7	12,65	11,45	11,65	11,30	10,95	11,50	11,35	11,10	10,45	11,45
8	12,85	10,80	11,20	11,15	11,25	10,60	10,25	10,35	10,80	10,95
9	12,05	11,15	10,80	11,15	11,00	11,20	10,35	11,15	10,95	10,85
10	13,00	10,95	10,90	11,80	11,15	11,15	10,40	11,95	10,35	11,20
	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
1	11,35	11,15	11,45	11,65	11,45	11,35	11,05	11,15	10,85	10,85
2	11,45	10,95	10,35	11,15	11,35	11,60	10,95	11,10	11,90	11,90
3	11,30	11,85	10,65	10,35	11,50	10,95	11,15	10,65	11,75	10,95
4	11,85	11,70	11,15	11,50	10,60	10,60	11,25	10,70	11,00	11,55
5	10,25	11,65	11,40	10,90	11,35	10,85	11,85	11,45	11,60	10,75
6	11,35	11,45	11,35	11,5	11,30	10,95	11,45	11,55	11,65	11,65
7	11,45	11,40	10,95	11,05	11,65	11,25	10,85	11,35	11,60	11,25
8	11,65	11,35	11,20	11,45	11,35	11,55	11,10	11,10	11,00	10,85
9	11,45	11,15	11,55	11,75	11,45	10,75	11,35	11,10	11,35	11,55
10	11,30	11,20	10,85	10,95	11,15	11,80	11,55	11,15	10,40	10,85
	M21	M22	M23	M24	M25					
1	11,35	11,35	11,25	11,25	11,65					
2	11,55	11,15	11,40	11,65	11,35					
3	10,85	11,25	11,35	10,20	11,00					
4	11,65	11,80	11,60	11,30	11,30					
5	10,95	10,80	11,65	11,35	11,30					
6	11,45	10,95	10,75	11,60	11,00					
7	11,50	11,40	11,40	10,55	11,05					
8	11,40	11,45	11,55	11,20	10,80					
9	10,75	11,45	11,25	11,35	11,95					
10	11,60	11,55	10,65	11,45	11,90					

Tabla 2. Datos de todos los ensayos

Es importante alcanzar unos estándares de calidad en los procesos de producción para la fabricación numerosa del producto, de forma que su variabilidad sea la menor posible, lo que va a facilitar su repetitividad.

El proceso se puede considerar como un sistema con variables que pueden ser tanto de tipo controlable como no controlables, con los resultados obtenidos se optimizará el sistema. Cuando la variación del proceso es debida a variables controlables y asignables a una causa específica que no está correctamente limitada, el proceso tiende a situarse fuera de control estadístico.

Las gráficas de control se usan para evitar que aparezcan variaciones en los procesos que afecten de manera negativa a la calidad del producto, debido a causas asignables. Después de localizar la variación, se investigan sus causas y se procederá a tomar las acciones correctoras correspondientes.

Los parámetros estadísticos utilizados para determinar la exactitud y precisión del parámetro de estudio son su media y su varianza. Los gráficos de control representan la fluctuación respecto de las características de exactitud y precisión de los parámetros.

Se va a realizar un ajuste y control de la resistencia del cartón mediante la aplicación del método 6 Sigma a través de gráficas X-S. Corresponde a ajuste por variable de una gráfica X-S desconocidas la media y varianza estándar poblacional.

Las expresiones de la media, varianza y desviación estándar de cada una de las muestras son:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i)}{n}$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

$$S = \sqrt{S^2}$$

A partir de las cuales se han obtenido la media, varianza y desviación típica muestral que aparecen en la siguiente tabla:

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Media	12,46	11,00	10,84	11,21	11,05	11,10	10,63	10,90	10,74	11,34
Varianza	0,11	0,12	0,19	0,08	0,08	0,10	0,18	0,32	0,14	0,07
Desviación típica	0,33	0,35	0,44	0,28	0,28	0,32	0,43	0,57	0,37	0,27
	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
Media	11,34	11,39	11,09	11,23	11,32	11,17	11,26	11,13	11,31	11,22
Varianza	0,18	0,08	0,15	0,18	0,08	0,16	0,09	0,08	0,23	0,17
Desviación típica	0,42	0,28	0,39	0,43	0,28	0,40	0,30	0,29	0,48	0,42
	M21	M22	M23	M24	M25					
Media	11,31	11,32	11,29	11,19	11,33					
Varianza	0,11	0,09	0,11	0,21	0,15					
Desviación típica	0,33	0,29	0,34	0,46	0,39					

Tabla 3. Datos de las medias, varianzas y desviaciones típicas

Las medias de la media muestrales y la desviación típica muestral son:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{j=1}^k (\bar{X}_j)}{k} = \frac{280,11}{25} = 11,20$$

$$\bar{S} = \frac{\sum_{j=1}^k (\bar{S}_j)}{k} = \frac{3,48}{25} = 0,14$$

Para la gráfica X (exactitud) los límites de aceptación son:

$$\text{Línea central: } LC_x = \hat{\mu}_{\bar{x}} = \bar{X} = 11,20$$

Límite de Control Superior:

$$LCS_x = \hat{\mu}_{\bar{x}} + 3 \hat{\sigma}_{\bar{x}} = \bar{X} + A_3 \bar{S} = 11,20 + 0,975 \cdot 0,14 = 11,34$$

Límite de Control Inferior:

$$LCI_x = \hat{\mu}_{\bar{x}} - 3 \hat{\sigma}_{\bar{x}} = \bar{X} - A_3 \bar{S} = 11,20 - 0,975 \cdot 0,14 = 11,07$$

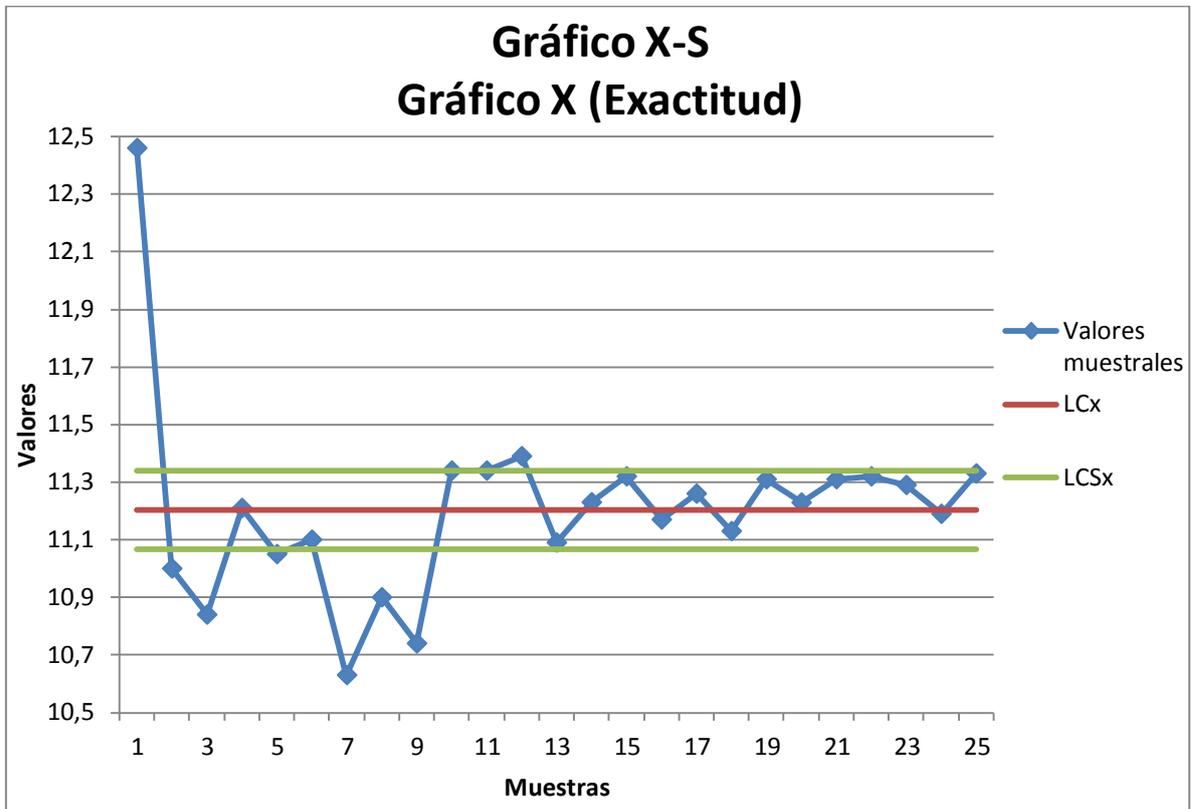
Para la gráfica S (precisión) los límites de aceptación son:

Línea central: $LC_S = \hat{\mu}_{\bar{S}} = \bar{S} = 0,14$

Límite de Control Superior: $LCS_S = \hat{\mu}_{\bar{S}} + 3 \hat{\sigma}_{\bar{S}} = \bar{S} \cdot B_4 = 0,14 \cdot 1,716 = 0,24$

Límite de Control Inferior: $LCL_S = \hat{\mu}_{\bar{S}} - 3 \hat{\sigma}_{\bar{S}} = \bar{S} \cdot B_3 = 0,14 \cdot 0,284 = 0,04$

Las gráficas X-S son las siguientes:



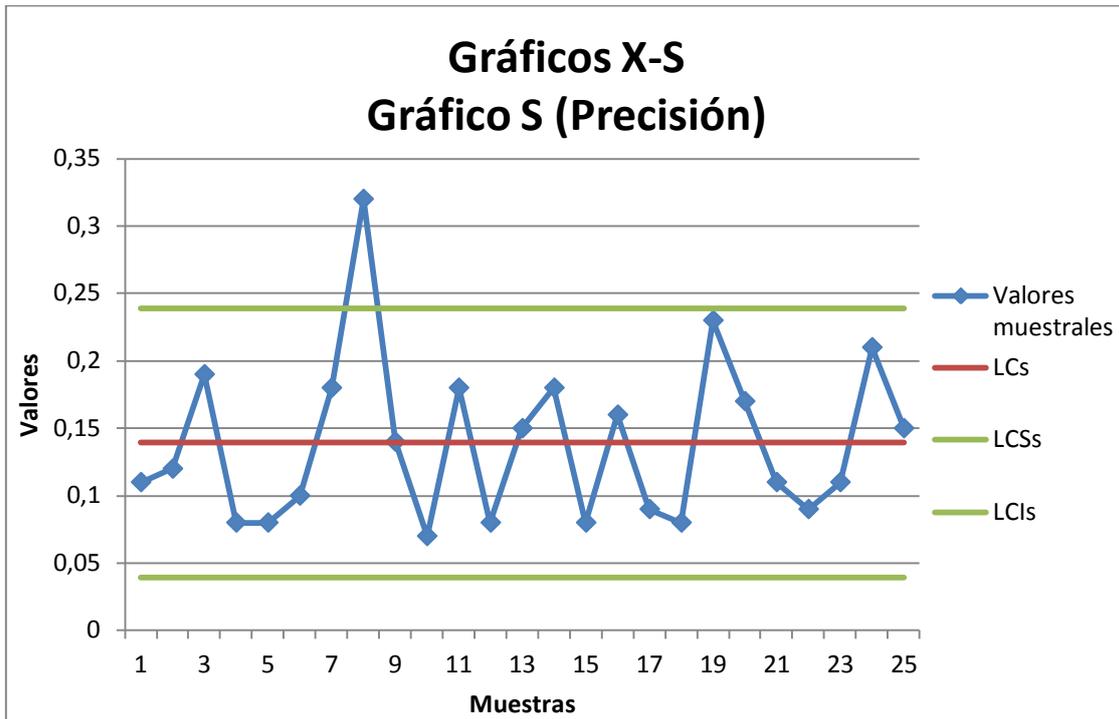
Gráfica 1. Gráfica X 1

Los resultados de del ensayo ECT M2, M3, M5, M7, M8, M9 son bajos con respecto al resto, debido a que durante el proceso hubo un problema en la fabricación.

La muestra M1 tiene una media tan alta debido a que fue una comprobación de una plancha de la misma calidad pero hecha en la fábrica de Alcalá y comparada con las planchas de la misma calidad en Valladolid. Como podemos observar la denominación de la calidad es la misma pero el resultado es muy diferente (debido a que el gramaje del papel de las caras es diferente).

Los resultados de los ensayos M10, M11, M12 son resultado de pruebas realizadas para mejorar la calidad de las planchas de Valladolid y tratar de equipararla a la de Alcalá.

En ambas gráficas podemos ver los ensayos que están fuera de los límites de control y que se descartarán en el paso siguiente.



Gráfica 2. Gráfico S 1

Hay muestras que se encuentran fuera de los límites de control, por lo que es necesario realizar un ajuste.

Después de ver las dos gráficas descartamos las muestras 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11 y 12. Los resultados resultan muy heterogéneos y se eliminan 10 muestras debido a problemas durante el proceso de fabricación por exceso de humedad lo que justifica que esos ensayos se descarten.

La mayoría de los ensayos coincidieron con este problema que después se solucionó, una vez corregido podemos ver que los resultados están dentro de los límites.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
1	11,15	10,75	11,45	11,65	11,45	11,35	11,05	11,15	10,85	10,85
2	10,95	11,15	10,35	11,15	11,35	11,60	10,95	11,10	11,90	11,90
3	11,20	11,15	10,65	10,35	11,50	10,95	11,15	10,65	11,75	10,95
4	11,30	10,65	11,15	11,50	10,60	10,60	11,25	10,70	11,00	11,55
5	10,70	11,35	11,40	10,90	11,35	10,85	11,85	11,45	11,60	10,75
6	11,35	11,45	11,35	11,5	11,30	10,95	11,45	11,55	11,65	11,65
7	11,30	11,50	10,95	11,05	11,65	11,25	10,85	11,35	11,60	11,25
8	11,15	10,60	11,20	11,45	11,35	11,55	11,10	11,10	11,00	10,85
9	11,15	11,20	11,55	11,75	11,45	10,75	11,35	11,10	11,35	11,55
10	11,80	11,15	10,85	10,95	11,15	11,80	11,55	11,15	10,40	10,85
	M11	M12	M13	M14	M15					
1	11,35	11,35	11,25	11,25	11,65					
2	11,55	11,15	11,40	11,65	11,35					
3	10,85	11,25	11,35	10,20	11,00					
4	11,65	11,80	11,60	11,30	11,30					
5	10,95	10,80	11,65	11,35	11,30					
6	11,45	10,95	10,75	11,60	11,00					
7	11,50	11,40	11,40	10,55	11,05					
8	11,40	11,45	11,55	11,20	10,80					
9	10,75	11,45	11,25	11,35	11,95					
10	11,60	11,55	10,65	11,45	11,90					

Tabla 4. Ensayos tras corrección

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Media	11,21	11,10	11,09	11,23	11,32	11,17	11,26	11,13	11,31	11,22
Varianza	0,08	0,10	0,15	0,18	0,08	0,16	0,09	0,08	0,23	0,17
Desviación típica	0,28	0,32	0,39	0,43	0,28	0,40	0,30	0,29	0,48	0,42
	M11	M12	M13	M14	M15					
Media	11,31	11,32	11,29	11,19	11,33					
Varianza	0,11	0,09	0,11	0,21	0,15					
Desviación típica	0,33	0,29	0,34	0,46	0,39					

Tabla 5. Medias, Varianzas, Desviaciones típicas tras corrección.

Las medias de las medias muestrales y de los residuos muestrales son:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{j=1}^k (\bar{X}_j)}{k} = \frac{168,43}{15} = 11,23$$

$$\bar{S} = \frac{\sum_{j=1}^k (\bar{S}_j)}{k} = \frac{2,01}{15} = 0,13$$

Para la gráfica X (exactitud) los límites de aceptación son:

$$\text{Línea central: } LC_x = \hat{\mu}_{\bar{x}} = \bar{X} = 11,23$$

Límite de Control Superior:

$$LCS_x = \hat{\mu}_{\bar{x}} + 3 \hat{\sigma}_{\bar{x}} = \bar{X} + A_3 \bar{S} = 11,23 + 0,975 \cdot 0,13 = 11,36$$

Límite de Control Inferior:

$$LCI_x = \hat{\mu}_{\bar{x}} - 3 \hat{\sigma}_{\bar{x}} = \bar{X} - A_3 \bar{S} = 11,23 - 0,975 \cdot 0,13 = 11,10$$

Vamos a tener en cuenta una serie de criterios por parte del cliente en este caso: Si las especificaciones del cliente respecto a la ECT es de 11,20 N/m con una tolerancia de 0,20 tenemos que indicar la capacidad y el índice de capacidad correspondiente al ECT, para ver si el sistema puede producirlo.

La capacidad del proceso (6σ) sería: $6\sigma = LCS_x - LCI_x = 11,36 - 11,10 = 0,26$

El índice de capacidad del proceso considerando el sistema centrado con tolerancia de 0,20 sería:

$$C_p = \frac{LCS_{esp} - LCI_{esp}}{6\sigma} = \frac{LCS_{esp} - LCI_{esp}}{LCS_x - LCI_x} = \frac{11,40 - 11,00}{0,26} = \frac{0,40}{0,26} = 1,53 > 1$$

El proceso tiene capacidad de fabricar el producto.

$$LCS_{esp} = 11,20 + 0,20 = 11,40$$

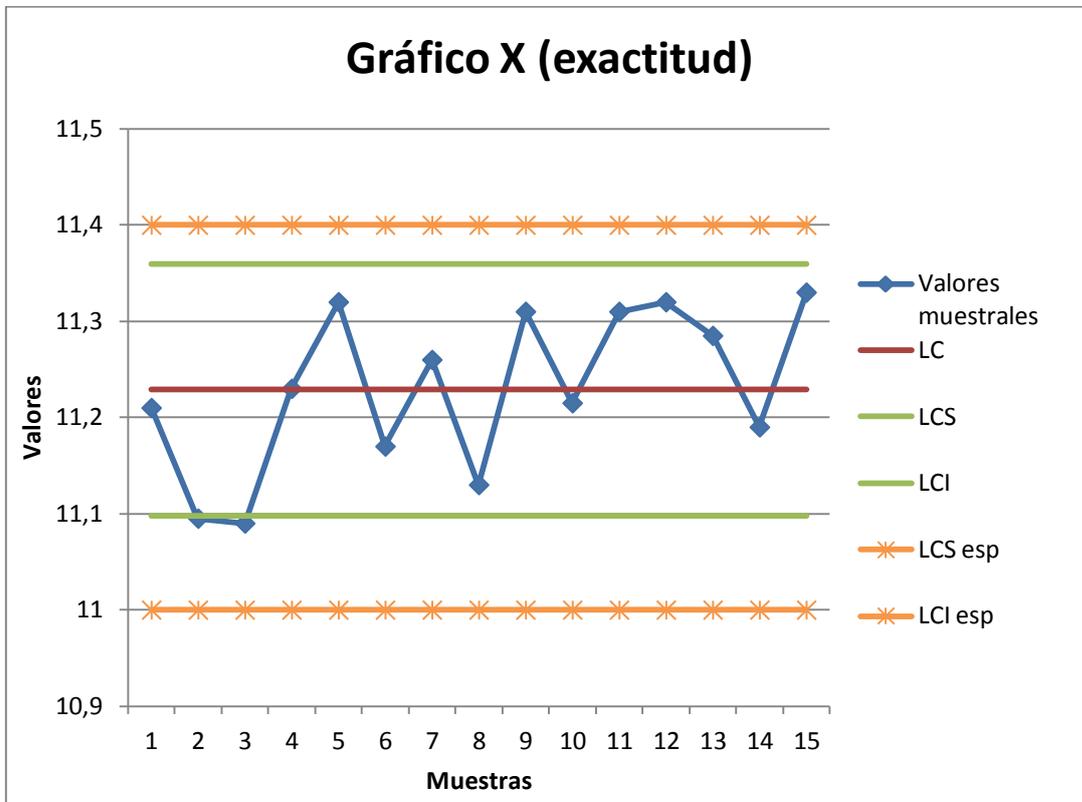
$$LCI_{esp} = 11,20 - 0,20 = 11,00$$

El índice de capacidad si el sistema no está centrado sería C_{pk} :

$$C_{pk} = \frac{\Delta}{3\sigma} \rightarrow \Delta = \text{mínimo} \begin{cases} LES - \hat{\mu} = (11,40 + 0,20) - 11,23 = 0,17 \\ \hat{\mu} - LEI = 11,23 - (11,40 - 0,20) = 0,23 \end{cases}$$

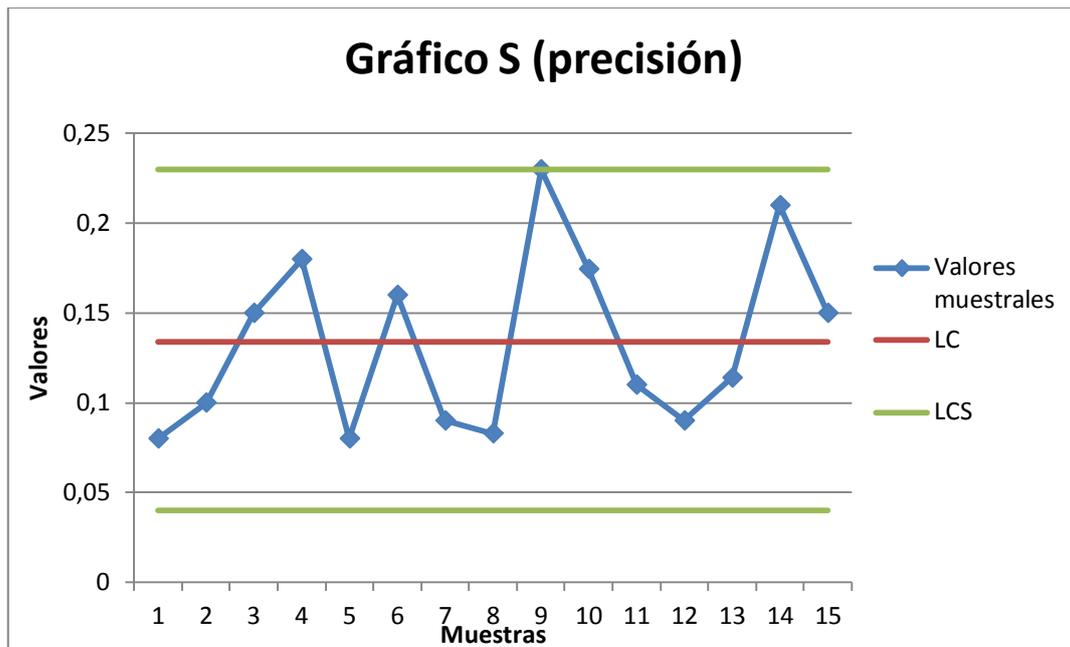
$$C_{pk} = \frac{0,17}{\frac{0,26}{2}} = 1,31 > 1$$

Y como comprobamos el sistema tiene capacidad para producirlo porque se encuentra bastante centrado, porque hay poca diferencia entre LCSesp. y el LC.



Gráfica 3. Gráfico X tras especificaciones de cliente

Como podemos ver en la gráfica anterior casi todos los ensayos están dentro de nuestros límites de control (excepto el 2 y el 3 que están justo en el límite), en cuanto a los límites de especificación del cliente, todos los ensayos están dentro. Los límites de especificación del cliente son menos restrictivos que los de control, el sistema está capacitado, las muestras eliminadas ha sido debido a causas asignables que lo ha situado fuera de control (fallo en la fabricación, con exceso de humedad en las planchas de cartón).



Gráfica 4. Gráfico S tras especificaciones de cliente

En esta gráfica vemos que el ensayo 9 está justo en el límite de control. No se puede saber exactamente si se ha solucionado el problema, ya que las gráficas se han hecho con muestras no afectadas, para poder comprobarlo deberemos tomar nuevas muestras y comprobar que el problema no persiste. Procedimiento de los cálculos según Bill Smith, Motorola, 1987.

6. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

6.1. Sistemas de tratamiento de los resultados

Los resultados de las muestras son tratados mediante control estadístico de procesos, con unas gráficas realizadas por Excel donde se ven los resultados.

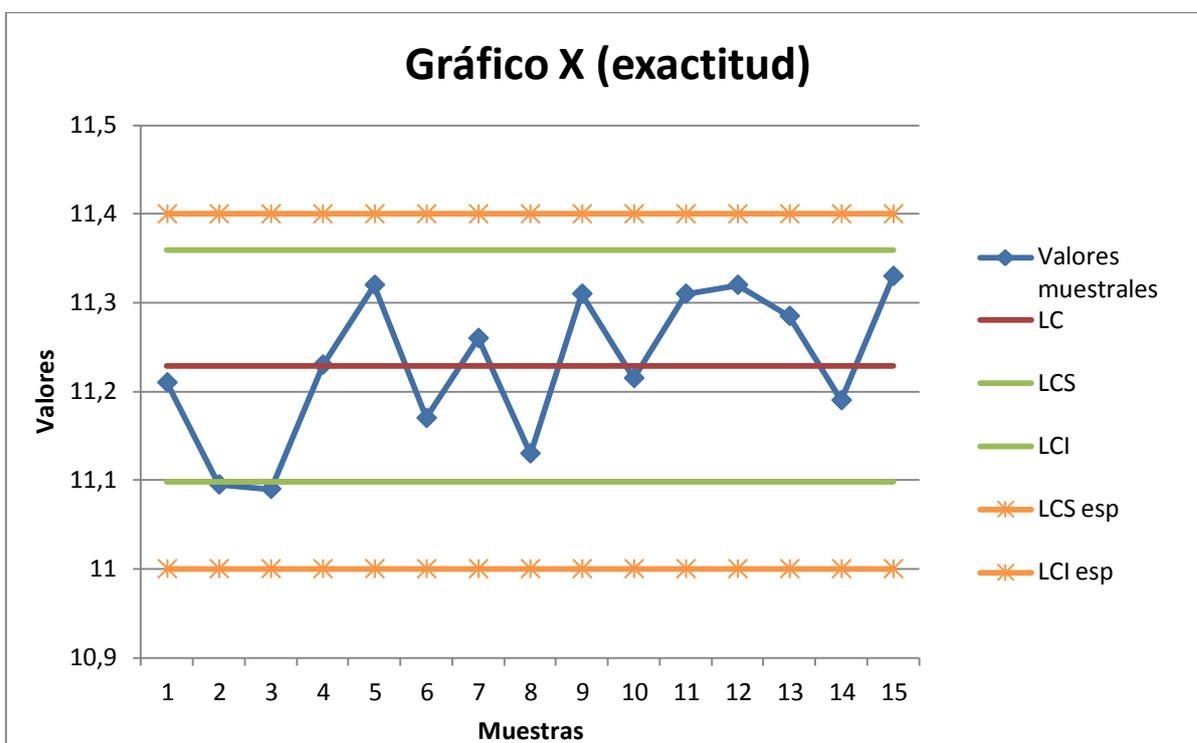
6.2. Medios estadísticos empleados

Control estadístico de procesos, gráfica de control por variables X-S. Especificaciones y capacidad.

7. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Las muestras 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 son descartadas porque los resultados del ensayo ECT resultaron estar fuera de los límites de control, debido a que en la fabricación hubo problemas por exceso de humedad en la onduladora.

Como podemos ver en la tabla, ya mostrada en el apartado anterior, los resultados de 15 ensayos válidos están dentro de los límites de control que se marcan y además están dentro de los límites de especificación del cliente. Aunque las muestras 2 y 3 están en el límite de control, fue un suceso puntual que se solucionó más adelante.



Gráfica 3 bis. Gráfico X tras especificaciones de cliente

Los límites de especificación del cliente son menos restrictivos que los límites de control estadístico del sistema por lo que el sistema en su comportamiento normal es capaz de cumplir con las especificaciones.

8. ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA

Como podemos ver en los resultados es totalmente viable técnicamente realizar la calidad BC 5014 del cartón porque nos interesa tener ese cliente con nosotros.

En el caso de 15 ensayos de los 25 realizados sí es viable ya que se encuentran dentro de los límites de control y de las especificaciones del cliente, que como máximo reportador de beneficios a la empresa tendrá una gran importancia a la hora de tomar decisiones de fabricación. El motivo por el que diez ensayos se hayan descartado fue por una variable asignable (exceso humedad) y puntual que se solucionó, por lo tanto la fabricación de cartón es viable.

En cuanto viabilidad económica no se analiza ningún índice que pueda cuantificarla.

9. CONCLUSIONES EXTRAIDAS

Como conclusiones obtenidas de todo el ensayo cabe destacar la importancia de un buen seguimiento del ensayo, ya que cualquier desajuste a la hora de su realización nos daría valores que nos llevarían a error. Todas las muestras llevan tratamientos en ambos canales y parafina de onduladora en cara interior.

Así mismo es muy interesante comprobar la resistencia que tienen las planchas de cartón porque el producto que contienen es de gran importancia (cualquier producto es esencial para el cliente y para la empresa es indispensable ofrecer un buen servicio) y las no conformidades que puedan repercutir en él. Como conclusión general de todo el ensayo cabría resaltar la importancia de llevar un control calidad en todos los procesos que se realizan para la fabricación de las cajas.

Por ejemplo, pueden haber fallos a la hora de la fabricación, como los que se denominan “nido de abeja” (por un exceso de cola), que producen abombamientos (se despegan las cajas), el despegado del tejadillo (no llega bien la cola debido a residuos o por los extremos de las bobinas estropeados). Como ha sido el caso, hubo un problema de fabricación haciendo que las planchas tuvieran un exceso de humedad por lo que tenían

una menor resistencia a la compresión, pero fue un problema puntual que se solucionó en las siguientes partidas realizadas.

Hay que tener en cuenta a la hora del diseño de la caja, los agujeros que hace el troquel o la forma que tendrá el tejadillo (parte superior-lateral de la caja), ya que éstos debilitan la resistencia de la misma cuando se apilan con los productos dentro.

10. OTRO TIPO DE INFORMACIÓN

Resulta interesante poder ver la multitud de posibilidades que tiene el mundo del cartón ondulado, por ejemplo, un campo que se está expandiendo ahora mismo y que se está demandando es el mobiliario de cartón, de gran resistencia, ligereza, fácil de transportar, biodegradable y 100% reciclable.

La alternativa a los materiales tradicionales para muebles llegó hace ya unos años, aunque no ha sido muy explotada por el desconocimiento popular de este material, a la que además sumamos la mínima inversión en cartón por parte de los fabricantes.



Foto 17. Estantería de cartón

Los productos los dividimos según el tipo de estructura: por planchas de montaje encajadas en ranura y por compresión de varias láminas (lo hace mucho más pesado pero no compromete la resistencia).

Hay una serie de empresas que ya comercializan estos productos, como son:

- *Paperpod*: produce muebles y juguetes infantiles realizados en cartón reciclado.
- *Foldschool*: es una colección de mobiliario infantil de cartón. Se pueden descargar los patrones gratuitamente para hacerlos tú mismo.
- *Vitra*: comercializa los míticos (pero son caros) muebles de cartón del señor Frank O. Gehry.
- *Doca*: es una mesa auxiliar realizada en cartón. Se monta en 5 minutos.
- *Giles Miller*: realiza muebles de cartón usando el corrugado interior.
- *Okupa*: nos ofrece muebles muy sencillos creados por jóvenes diseñadores.

La madera o el aluminio tienen una vida útil más larga, pero es interesante el uso de cartón hecho de celulosa (mientras no tengamos excesiva humedad) porque nos da la posibilidad de tener mobiliario económico y fácil de manejar (Martín, 2012).

Además son reseñables las nuevas posibilidades que puede tener este sector ya que el ser reciclable y de no elevado coste, le hacen ser una materia que invita a investigar hasta donde podemos llegar y agudizar el ingenio.

Tal es la resistencia del tríplex que se usa para transportar placas solares que no es de extrañar que se haya decidido ir incluyéndolo en el mobiliario casero como estanterías, taburetes, sillas, marcos de espejos.



Foto 18. Muebles de cartón

En la foto 18, a modo de curiosidad, podemos ver la diversidad de usos para el diseño de muebles de diversas formas y resistencia que tienen el cartón.

Un tema que debemos tener en cuenta, es la cantidad de recursos naturales que se usan para la fabricación de productos, para lo cual, hay que concienciarse de ello con objetivo de reducir su consumo siendo más responsables con el medioambiente, para ello nombramos la idea del *ecodiseño*, que consiste en el desarrollo de productos con el fin de minimizar el impacto en el medio ambiente en todo su ciclo de vida, y al mismo tiempo, garantizar la funcionalidad, la calidad, los costos y el diseño estético.

El objetivo del diseño ecológico es reducir el consumo de recursos, el uso de materiales respetuosos con el ecosistema, para optimizar la fabricación, distribución y utilización, así como garantizar la recuperación, reciclado o eliminación de los componentes del producto (Koklacova y Atstaja, 2011).

El ecodiseño puede marcar la diferencia debido a que reduce costes, aumenta la innovación, atrae inversiones, mejora la posición de la marca y mejora las comunicaciones empresariales.

El embalaje de cartón para la industria utiliza gran cantidad de madera para fabricar sus productos.

Se necesitan mecanismos y reglas para limitar el despilfarro o uso inadecuado de los materiales en el embalaje; cada producto tiene una necesidad de un embalaje, a menudo cartón o papel, por lo tanto, constituye parte importante de la economía mundial.

Además cabe destacar que el papel y el cartón constituyen uno de los embalajes y envasados más utilizados en el sector de la alimentación, ya sea de modo directo o formando parte de envases flexibles laminados con otros materiales. Debido a las elevadas cifras de producción y consumo, se ha motivado la promoción de medidas de fomento al reciclaje del cartón por parte de los distintos gobiernos a nivel mundial. Hay dos razones para la reutilización de este material, la reducción de la cantidad de desechos y la reducción de empleo de madera en su fabricación (Sarria y Simal, 1997).

En Europa, alrededor de un 40% del material usado en la producción de papel y cartón es de origen reciclable (fibras recicladas), aunque su uso es recomendable desde el punto de vista medioambiental, se cuestiona su uso para el contacto alimentario debido a la falta de conocimiento sobre la seguridad del producto final (el envase alimentario de cartón reciclado).

11. REFERENCIAS

- ASIMAG SL, 2013. Manual de elaboración de cartón ondulado. http://afco.asimag.es/Documentacion/Manual_Carton_Ondulado.pdf
- CARTISA, 2013. Documentación facilitada.
- KOKLACOVA, S. y ATSTAJA, D., 2011. Paper and Cardboard Packaging Ecodesing and Innovative Life Cycle Solutions. Scientific Journal of Riga Technical University.
- MARTÍN, P., 2012. Mobiliario de cartón: Una alternativa económica y resistente. <http://xombit.com/2011/05/mobiliario-de-carton-alternativa-economica-y-resistente>
- OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES, 2003. Modelo de caja. http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/01/05/38/ES-1053843_U.pdf
- SARRIA, M. y SIMAL, J., 1997. Evaluación de la aptitud de materiales para contacto alimentario: el caso del papel y cartón. Ciencia y Tecnología Alimentaria [en línea] 1997, 1 (diciembre). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72410502> ISSN 1135-8122.
- SMITH, B., 1989. Documentación estadística de Gestión de la Calidad de Máster GPRLCMA.

Fotos:

- ANTENA 3. Captura de video muebles de cartón. http://www.antena3.com/videos-online/programas/decogarden/momentos/muebles-carton-hall-rufino_2013010500048.html

- CARTONLAB. Foto estantería. <http://cartonlab.com/category/disenio/>
- Fotos realizadas por la alumna en la empresa.
- OKUPAKIT. Fotos de muebles. <http://www.okupakit.com/montaje.html>

12. ANEXOS

1. Trazabilidad

Una de las tareas básicas a la hora de llevar un Sistema de Gestión de Calidad, en cualquier tipo de empresa, es la *trazabilidad*. Cuando llegan reclamaciones de los clientes es imprescindible localizar el pedido y ver todo el proceso, desde el momento de fabricación en la onduladora.

Con el número de pedido iremos a consultar una serie de documentos que son necesarios:

- Máster original
- Planning de la onduladora
- Incidencia de bobinas
- Máquina de cartón ondulado
- Período productivo

En el máster podemos ver el número de pedido y el número de programa y si algún operario ha hecho alguna anotación. En el planning de la onduladora vemos: la hora en que se realizó el programa, ancho de bobina y tipo de papel. Con este papel vamos al documento de las bobinas.

En el documento de incidencia de bobinas, a partir del tipo de papel y ancho de bobina, vemos a que bobinas corresponden a cada uno. En la máquina de cartón ondulado vemos si ha habido problemas y se paró la producción por algo y en el resumen del período productivo también vemos si ha habido paradas y a que se han debido.

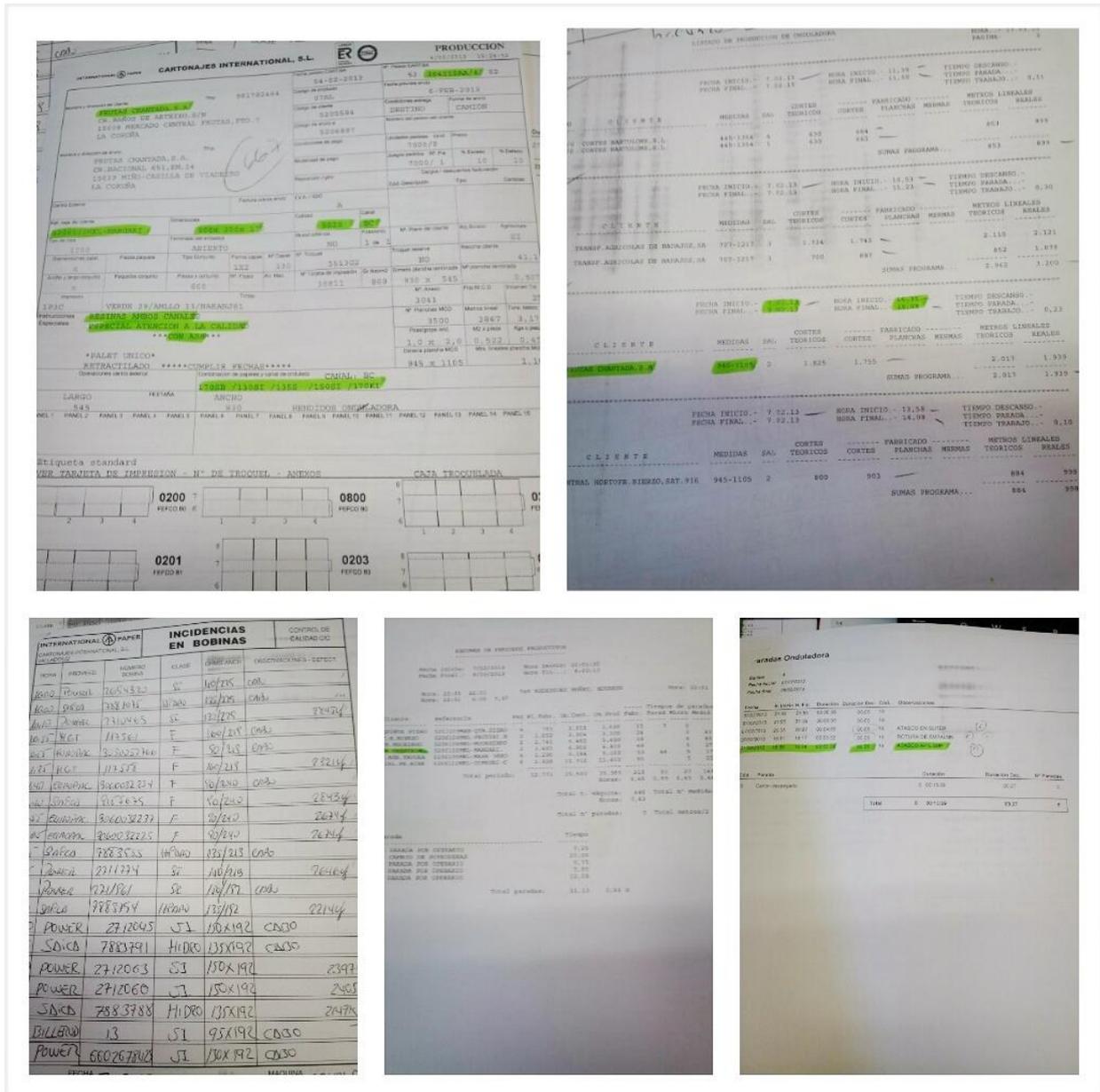


Foto 19. Documentos necesarios para trazabilidad

Se fotocopian todos ellos y vamos localizando la hora en la que se realizó el pedido y comparándolo con las bobinas y trabajadores que lo realizaron.

Una vez localizado el problema, si es que era el caso, se contesta a la petición del cliente, adjuntando tanto la documentación pertinente que lo justifique como la solución por parte de ventas que corresponda.

2. Política de Calidad

Otro tema a tener en cuenta, que debe figurar y todos los trabajadores deben tener conciencia de ello es la **Política** de Calidad, que en el caso de Cartisa se expresa de la siguiente manera:

La calidad es el nivel de excelencia que nuestra empresa tiene por objeto alcanzar para satisfacer a sus clientes.

El cliente es el único juez de la calidad.

Para ello, debe ofrecérsele unos productos y unos servicios sin fallos y que satisfagan sus necesidades.

El concepto de calidad no sólo se refiere al producto sino a todas las actividades que realizan y el trabajo de todos y cada uno de los empleados.

Todos los trabajadores deben conocer quienes son los clientes y que esperan de su trabajo. Internamente cada persona es proveedor de la operación siguiente.

En esta empresa se da prioridad a la prevención de los defectos para evitar corregirlos cuando aparezcan. Para ello, hay que hacer las cosas bien y a la primera.

Nuestra conciencia de calidad la conocerán tanto nuestros proveedores como nuestros clientes.

La mejora de la calidad es continua, por lo tanto la participación de todos es fundamental.

Estos principios se desarrollan en el Manual y otros documentos de la calidad que vinculan a todo el personal. Todos los trabajadores tienen facultad de proponer modificaciones para su mejora.

La calidad impone una disciplina y un constante esfuerzo.

3. Ensayo de gramaje

Otro ensayo bastante interesante realizado en el laboratorio es el cálculo del *gramaje del cartón*:

Objetivo: calcular el gramaje de cada papel, para así poder saber que calidad tienen.

Procedimiento:

1. Cortar la muestra circular con el cortaprobetas, identificando la muestra y la caja con el mismo número, para así poder asociar los datos obtenidos.
2. Comprobar el canal del que se trata con el calibrador de reloj, las medidas correspondientes se encuentran en la Tabla 1 de este trabajo.
3. Separar los papeles cuidadosamente de la muestra con los utensilios disponibles para ello e ir pesando los mismos a medida que se separan con la báscula.



Foto 20. Caja antes de cortar, calibrador de reloj y báscula

En la foto 20 vemos el proceso para tomar la muestra necesaria para realizar el gramaje.

4. Se van apuntando los valores obtenidos, excepto en el caso de los ondulados que se deberán dividir según corresponda (debido a la onda):

- Microcanal por 1,25
- Canal B por 1,35
- Canal C por 1,45

5. Se colocan los papeles en el mismo orden en el que estaban y se estudia el tipo de papel, es decir, si se trata de un Kraft, Liner, Biclase, Fluting.

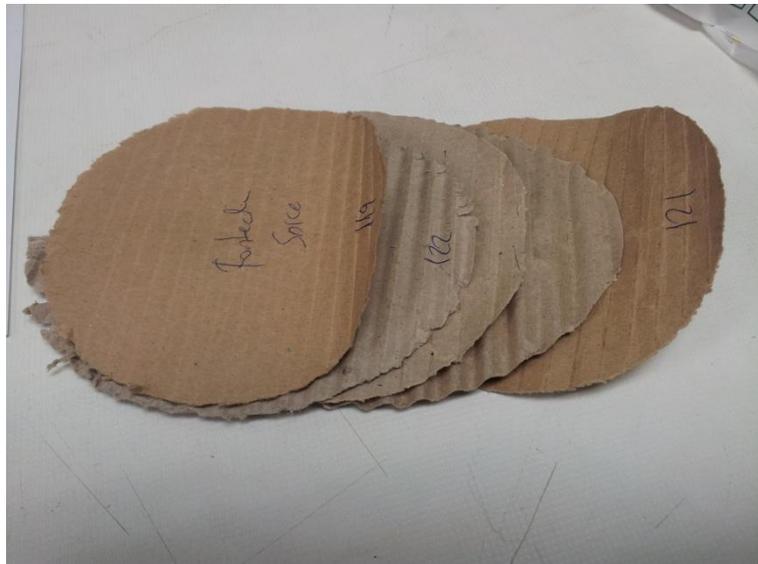


Foto 21. Gramaje cartón

En la foto 21 vemos el resultado de separar los papeles del cartón (en este caso hablamos de 5 papeles, es decir, se trata de un Canal BC) y tomar el gramaje de cada uno de ellos.