

Estandarización de hojas de control de calidad con Excel

MEMORIA PRESENTADA POR:

Iván Olcina Domenech

GRADO DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

Convocatoria de defensa: [Septiembre de 2017]

Índice

1. Introducción y Objetivos	7
Objetivos.....	8
2. Metodología y técnicas.....	9
2.1 Introducción.....	9
2.2. Gráficos de control por variables.....	11
2.3 Gráficos de control por atributos	14
2.4 Elección entre cartas de atributos para variables y atributos	17
2.5 Tipos de errores	18
3. Desarrollo	21
3.1 Entorno de trabajo	22
3.2 Desarrollo de la aplicación	25
3.3 Gráficos de control por variables: Libro de gráficos X'-R.....	28
3.4 Gráficos de control por variables: Libro de gráficos X'-S	48
3.5 Gráficos de control por atributos: Libro de gráficos NP	51
3.6 Gráficos de control por atributos: Libro de gráficos P	54
3.7 Gráficos de control por atributos: Libro de gráficos C.....	57
3.8 Gráficos de control por atributos: Libro de gráficos U.....	60
3.9 Resumen	63
3.10 Control de producción para el gráfico X'-R.....	64
3.11 Control de producción para el gráfico X'-S	69
3.12 Control de producción para el gráfico NP	71
3.13 Control de producción para el gráfico P.....	73
3.14 Control de producción para el gráfico C.....	75
3.15 Control de producción para el gráfico U	77
4. Conclusiones y Futuras líneas de investigación	79
4.1 Mejoras para el Futuro.....	80
5. Bibliografía.....	81
6. Anexo	82
6.1 Anexo A.....	82
6.2 Anexo B.....	83



6.3 Anexo C.....	84
6.4 Anexo D.....	85
6.5 Anexo E.....	86
6.6 Anexo F.....	87
6.6 Anexo G.....	88
6.6 Anexo H.....	89
6.6 Anexo I.....	90
6.6 Anexo J.....	91
6.6 Anexo G.....	92

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Función de densidad de probabilidad normal [4]	9
Ilustración 2: Teoría del límite central [4]	10
Ilustración 3: Puntos anómalos [7]	18
Ilustración 4: Racha de puntos [7]	18
Ilustración 5: Tendencia ascendente o descendente [7]	19
Ilustración 6: Dientes de sierra [7]	19
Ilustración 7: Ciclos [7]	20
Ilustración 8: Cambio brusco de nivel [7]	20
Ilustración 9: Archivo	23
Ilustración 10: Opciones	23
Ilustración 11: Cinta de opciones	24
Ilustración 12: Pestaña desarrollador	24
Ilustración 13: Vista Inicio estructura	26
Ilustración 14: Vista Datos estructura	26
Ilustración 15: Vista Gráficos estructura	26
Ilustración 16: Vista Tabla estructura	27
Ilustración 17: Vista Límites estructura	27
Ilustración 18: Vista Cálculos estructura	27
Ilustración 19: Lista desplegable observaciones	29
Ilustración 20: Lista desplegable muestras	29
Ilustración 21: Cuadro combinado	29
Ilustración 22: Ventana de propiedades	30
Ilustración 23: Botón de control de Formulario	31
Ilustración 24: Botón datos	31
Ilustración 25: Grabar macro	31
Ilustración 26: Detener grabación	31
Ilustración 27: Vista Inicio	32
Ilustración 28: Cuadrícula de datos	33
Ilustración 29: Datos introducidos	34
Ilustración 30: constantes	35
Ilustración 31: Botón Inicio	36
Ilustración 32: Código VBA botón inicio	36
Ilustración 33: Panel de unidades de medida	37
Ilustración 34: Botón gráficos	39
Ilustración 35: Esquema macro borrar anómalos	39
Ilustración 36: Vista Gráficos para X'-R	43
Ilustración 37: Vista Gráficos para X'-R sin anómalos	44
Ilustración 38: Vista Límites para X'-R	45

Ilustración 39: Vista Cálculos para X'-R	46
Ilustración 40: Manual para X'-R [7].....	47
Ilustración 41: Vista Datos para X'-S	49
Ilustración 42: Vista Gráficos para X'-S.....	50
Ilustración 43: Manual para X'-S [7]	50
Ilustración 44: Vista Inicio para NP	51
Ilustración 45: Vista Datos para NP	52
Ilustración 46: Vista Gráficos para NP.....	53
Ilustración 47: Manual para NP [7]	53
Ilustración 48: Vista Inicio para P	54
Ilustración 49: Vista Datos para P	55
Ilustración 50: Vista Gráficos para P.....	56
Ilustración 51: Manual para P [7]	56
Ilustración 52: Vista Inicio para C.....	57
Ilustración 53: Vista Datos para C.....	58
Ilustración 54: Vista Gráficos para C	59
Ilustración 55: Vista Gráficos para C sin anómalos	59
Ilustración 56: Manual para C [7].....	59
Ilustración 57: Vista Inicio para U	60
Ilustración 58: Vista Datos para U	61
Ilustración 59: Vista Gráficos para U	62
Ilustración 60: Vista Gráficos para U sin anómalos	62
Ilustración 61: Manual para U [7]	62
Ilustración 62: Flujograma de uso	63
Ilustración 63: Vista Inicio de c.p para X'-R	64
Ilustración 64: Vista Datos de c.p para X'-R	67
Ilustración 65: Vista Gráficos de c.p para X'-R.....	68
Ilustración 66: Vista Datos control de producción NP	72

Índice de tablas

Tabla 1: Promedio de cada muestra X' [7].....	11
Tabla 2: Promedio de todas las medias X'' [7].....	11
Tabla 3: Rango [7].....	11
Tabla 4: Promedio del rango [7].....	12
Tabla 5: Límites de Control Gráfico X' -R [7]	12
Tabla 6: Desviación Típica [4]	12
Tabla 7: Límites de control Gráfico X' -S [7].....	13
Tabla 8: Límites de control para el Gráfico NP [7]	14
Tabla 9: Límites de control para el Gráfico P [7].....	15
Tabla 10: Límites de control para el Gráfico C [7]	16
Tabla 11: Límites de control para el Gráfico U [7]	16
Tabla 12: Funciones de la cuadrícula de datos	33
Tabla 13: Código macro Generar Datos	38
Tabla 14: Código VBA del botón gráficos	39
Tabla 15: Código VBA para botón Borrar Anómalos	42
Tabla 16: Macro resetear	43
Tabla 17: Macro b_contenido()	43
Tabla 18: Macro b_datos()	43
Tabla 19: Obtener anómalos eliminados	46
Tabla 20: Obtener títulos de los gráficos.....	47
Tabla 21: Código VBA para botón Calcular Límites para X' -S.....	49
Tabla 22: Obtener desviación típica	49
Tabla 23: Errores para X'	65
Tabla 24: Errores para R.....	65
Tabla 25: Funciones Vista Datos de c.p para X' -R.....	67
Tabla 26: Macro b_filas().....	68
Tabla 27: Desviación típica para c.p X' -S	69
Tabla 28: Cálculo de (p) para c.p de P	73
Tabla 29: Total deméritos para c.p de C.....	75

1. Introducción y Objetivos

Hoy en día, hay una gran rivalidad entre las empresas de cualquier sector, por ofrecer al cliente el mejor producto o servicio, y de esa manera liderar el mercado. Además, por lo general existen muy pocos sectores en los que predominen los monopolios, hecho que refleja la dura competencia existente, entre empresas del mismo sector. Por ello, cada vez está cogiendo más fuerza el concepto de calidad, ya que puede ser determinante para una empresa que quiera desmarcarse de la competencia.

La calidad se refiere a la capacidad que tiene un producto o servicio, para satisfacer las necesidades de los clientes. Por lo que es un concepto subjetivo, ya que está relacionada con las percepciones que tienen cada individuo para comparar una cosa con cualquier otra, que sea de la misma especie [1].

Por lo que se podría definir el control de calidad, como una estrategia para asegurar el mejoramiento continuo de la calidad. Es decir, un programa que se debe de seguir para mejorar la satisfacción de los clientes internos y externos. Como tal, consiste en la recolección y análisis de grandes cantidades de datos, que después se presentan a varios departamentos con el fin de presentar las acciones correctivas más adecuadas. Por lo que no solo involucra, tanto a los productos y los servicios ofertados, sino también al personal de la empresa y a la contribución al bienestar general dentro de la empresa.

Un control de calidad, se inicia con la investigación de los requerimientos del consumidor; es decir, el grado de satisfacción actual que le proveen los productos y servicios, y finaliza con un resumen de los requerimientos futuros del cliente. Para ello, se utilizan herramientas como las encuestas de satisfacción, visitas a los clientes, cuestionarios, etc [2].

Una vez determinados cuales son los aspectos, del producto o servicio importantes a tener en cuenta para controlar, se establecerán una serie de exigencias de calidad, que asegurarán la satisfacción del cliente final. Para ello, se utilizan técnicas como el control estadístico de la calidad (SPC), el cuál será el tema principal que se desarrollará en este proyecto.

El control estadístico de calidad, permite vigilar y controlar la estabilidad de los procesos, ayudando a lograr la uniformidad del producto resultante. Se trata de una herramienta de aplicación, en la que se pretende prevenir sobre la detección de fallos. Para ello, se utilizarán las denominadas Cartas de control o Gráficos, que son los instrumentos empleados para detectar las causas de la variación del proceso [3].

En este proyecto, se va a llevar a cabo un desarrollo de unas hojas de cálculo, sobre la aplicación Microsoft Office Excel, que simulen las cartas de control o gráficos mencionados en el apartado anterior.

Objetivos

El objetivo principal de este proyecto, es desarrollar unas hojas de cálculo estándar, que simulen el funcionamiento de cada carta de control (SPC), de modo que permita a cualquier usuario sin conocimientos previos de la materia, llevar a cabo un control estadístico de calidad, de la producción de su empresa, obteniendo primeramente los límites de control y posteriormente, utilizarlos para el análisis de la producción. Se pretende que solamente utilizando dichas hojas de cálculo y leyendo la memoria del proyecto, dónde se resumen los pasos a seguir en cada momento, el usuario pueda ser capaz de cumplimentar este objetivo.

Por lo que se pretende que cada uno de los libros de Excel que se desarrolle, sea lo más intuitivo y fácil de usar posible. Además, de que tenga un aspecto atractivo, para facilitar la interacción con el usuario.

También se pretende que sean unas hojas de cálculo potentes, donde se obtengan los cálculos rápidamente, y el tiempo de demora para el usuario sea el mínimo posible. Para ello, todos los cálculos y operaciones, deberán de estar optimizados al máximo.

2. Metodología y técnicas

2.1 Introducción

Un proceso de manufacturación de un producto, está sometido a una serie de factores aleatorios que influyen en él, y hacen que sea prácticamente imposible fabricar dos productos iguales. Es decir, las características de cada producto no son uniformes, y por lo tanto presentan una variabilidad. Esta variabilidad es indeseable, y el objetivo será eliminarla o reducirla lo máximo posible, intentando mantenerla dentro de unos límites. El control estadístico es una herramienta muy útil para alcanzar este objetivo. Su utilización ayuda a mejorar la calidad de la fabricación, y además permite aumentar el conocimiento que se tiene sobre el proceso de manufacturación, lo que en algunos casos también ayudará a la toma de decisiones [4].

Para el entendimiento del Control Estadístico de Procesos hay que entender algunos de los puntos que se describen a continuación.

- **Distribución Normal o Campana de Gauss:** La distribución normal depende de los parámetros μ y σ , que son la media y la desviación típica respectivamente. Su representación toma una forma acampanada, de ahí su nombre. Tiene una forma simétrica respecto de μ , y a sus lados se encuentran los múltiplos de σ . En la Ilustración 1 se observa que el 68% de la población está contenida en un entorno $\pm 1\sigma$ alrededor de μ , el 95% de la población está contenido en un entorno $\pm 2\sigma$ alrededor de μ y que el 99,73% está comprendido en $\pm 3\sigma$ alrededor de μ .

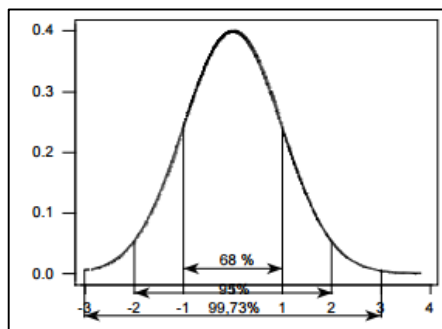


Ilustración 1: Función de densidad de probabilidad normal [4]

- **Teorema del Límite Central:** El teorema del límite central (TLC) establece que si una variable aleatoria (v. a.) se obtiene como una suma de muchas causas independientes, siendo

cada una de ellas de poca importancia respecto al conjunto, entonces su distribución es asintóticamente normal. Es decir:

Si

$$X = x_1 + x_2 + \dots + x_n \text{ donde las } x_i \text{ son v.a de media } \mu_i \text{ y varianza } \sigma_i^2$$

Entonces :

$$X \rightarrow N\left(\sum_{i=1}^n \mu_i, \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}\right)$$

Ilustración 2: Teoría del límite central [4]

Si el proceso de fabricación está afectado por un gran número de factores, de modo que existen pequeñas oscilaciones entre todos estos factores, pero ninguno de ellos tiene un efecto importante sobre los demás, entonces se espera que la característica de calidad de dicho producto, se distribuya siguiendo una distribución normal. En este caso, al conjunto de estos factores se le denominaría causas comunes. En cambio, si uno de los factores con gravedad sobre los otros, entonces la característica de calidad no tiene por qué seguir una distribución normal, en este caso, se dice que estaría presente una causa especial o asignable. Por ejemplo, en el caso de un proceso industrial en el que las materias primas que se utilizan provienen de un lote homogéneo, y de pronto se continúa la producción pero cambiando el lote, que tiene unas características diferentes al lote inicial. Por lo que es muy probable, que las características finales de los productos fabricados sean muy distintas, desde cuando se empezó a utilizar el nuevo lote [4].

Siguiendo la definición, se dice que un proceso de producción está bajo control, siempre que no haya causas asignables. El Control Estadístico de Procesos (SPC) se encarga de analizar la información, para detectar si existen o no causas asignables, y normalmente esto se hace mediante la construcción de la herramienta estadística Gráfico de Control.

2.2. Gráficos de control por variables

A una característica medible de la calidad, es decir, que pueda expresarse en términos de medición numérica se le llama variable.

Cuando se trata de una característica de la variabilidad que es una variable, será necesario monitorizar tanto el valor medio de la característica de la calidad como su desviación típica. El control para el promedio del proceso, se suele hacer con la carta X' . En cambio, la variabilidad del proceso se medirá con la carta R para el rango, y con una carta S, para la desviación típica [5]. A continuación, se analizará cada una de las cartas mencionadas.

2.2.1 Cartas de control para X' - R

El gráfico X, servirá para verificar cuanto se están alejando las mediciones tomadas de la tendencia central (LC), la cual representa la media o el promedio de todas las mediciones [6].

$$X' = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

Tabla 1: Promedio de cada muestra X' [7]

De esta forma se obtendrán las medias para cada subgrupo, pero para obtener la mejor estimación posible de μ , se deberá de obtener el promedio de todas las medias, es decir, el promedio de todo el proceso. Este dato se utilizará para calcular los límites de control, como posteriormente se explica.

$$X'' = \frac{X'_1 + X'_2 + \dots + X'_m}{m}$$

Tabla 2: Promedio de todas las medias X'' [7]

El gráfico R, servirá para comprobar la ganancia o la pérdida de uniformidad que hay en la dispersión de una muestra. Es decir, el rango, es la diferencia entre el valor más grande de las mediciones y el valor más pequeño [6].

$$R = X_{m\acute{a}x} - X_{m\acute{i}n}$$

Tabla 3: Rango [7]

Al igual que con las medias, se deberá de calcular el promedio total de los rangos. Que corresponde a la siguiente ecuación.

$$R' = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m}$$

Tabla 4: Promedio del rango [7]

Una vez obtenidos los parámetros comentados en los apartados anteriores, ya se pueden calcular los límites de control, utilizando las fórmulas que se adjuntan a continuación. Los coeficientes que se utilizan en las fórmulas, están adjuntos en la Tabla de Coeficientes del 6.6 Anexo G.

Límites de control para el Gráfico X'	Límites de control para el Gráfico R
$LCSx' = X'' + A2 \cdot R'$	$LCSr = D4 \cdot R'$
$LCSx' = X''$	$LCSr = R'$
$LCSx' = X'' - A2 \cdot R'$	$LCSr = D3 \cdot R'$

Tabla 5: Límites de Control Gráfico X'-R [7]

2.2.1 Cartas de control para X' - S

Las cartas X'-S, requieren seguir la misma secuencia de pasos que la carta X'-R, salvo que debe de calcularse el promedio muestra X' (ver Tabla 1: Promedio de cada muestra X') y la desviación estándar S de cada muestra.

La desviación típica, al igual que el rango sirve para calcular la dispersión de cada muestra, para tamaños de subgrupos de menos de 10, las dos mostrarán la misma variación. En cambio, para subgrupos de gran tamaño (10 o más) la desviación típica es más precisa [7].

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

Tabla 6: Desviación Típica [4]

Posteriormente se calcula el promedio de la desviación típica del proceso, es decir, el promedio las desviaciones típicas para cada muestra. Una vez obtenidos dichos datos, se podrán obtener los límites de control para la carta X'-S. Se utilizarán los coeficientes presentes en la tabla del 6.6 Anexo G.



Límites de control para el Gráfico X'	Límites de control para el Gráfico S
$LCS_{x'} = \bar{X}'' + A_{3,n} S'_{n-1}$	$LCSS = B_{4,n} S'_{n-1}$
$LC_{x'} = \bar{X}''$	$LCS = S'_{n-1}$
$LCI_{x'} = \bar{X}'' - A_{3,n} S'_{n-1}$	$LCIS = B_{3,n} S'_{n-1}$

Tabla 7: Límites de control Gráfico X'-S [7]

2.3 Gráficos de control por atributos

Las características de la calidad, pueden tomar estados de un conjunto generalmente finito, que no son susceptibles de una medida numérica (grietas, rebabas, manchas...), es decir, algo cualitativo.

Aunque a veces estos estados, sí que son susceptibles de medición numérica, se prescinde de ella substituyéndola por una clasificación de los diversos estados posibles.

Para ambos casos, se diría que el control se realiza por atributos, siendo estos los diferentes estados que se toman (correcto, incorrecto, buena, defectuosa...) [5].

A continuación, se explicarán cada una de las cartas de control por atributos, correspondientes al número de unidades defectuosas en la producción (NP), al porcentaje de unidades defectuosas en la producción, el número de defectos de todas las unidades producidas (C) y el número de defectos por unidad producida (U).

Al igual que en los gráficos de control por variables, se representa una línea central (LC), que representa el valor medio o esperado, mientras que los límites de control se suelen representar e una zona de control 3σ por encima y por debajo de la línea central. De manera que si el proceso está bajo control, prácticamente la totalidad de los puntos deberían de estar contenidos dentro de dichos límites, por el contrario, si alguno de ellos, se encuentra fuera de ellos, se interpretará como que el proceso está fuera de control [6].

2.3.1 Cartas de control para NP

El gráfico NP está basado en el número de unidades defectuosas. Esta herramienta estadística, permite analizar tanto el número de artículos defectuosos como si existen posibles causas especiales en el proceso productivo. Está basada en una distribución Binomial [8].

En esta carta, se utilizan los siguientes límites de control:

Límites de control para el Gráfico NP
$LCS = np' + 3 \sqrt{np' \left(1 - \frac{np'}{n'}\right)}$
$LC = np'$
$LCI = 0$

Tabla 8: Límites de control para el Gráfico NP [7]

Donde n , es el número de unidades verificadas, que será constante. Por lo que n' , es el promedio de las unidades verificadas y al ser constante, tomará el mismo valor que n . Por otro lado, np' será el promedio de unidades defectuosas de toda la producción.

2.3.2 Cartas de control para P

El gráfico P, se construye a partir del porcentaje de unidades defectuosas que hay en la producción. Este porcentaje, se obtendrá del cociente entre el número de unidades defectuosas en una población y el número total de unidades de dicha población (unidades verificadas (n)).

Para obtener los límites de control en el gráfico P, se utilizan las siguientes fórmulas:

Límites de control para el Gráfico P
$LCS = p' + 3 \sqrt{\frac{p'(1-p')}{n'}}$
$LC = p'$
$LCI = 0$

Tabla 9: Límites de control para el Gráfico P [7]

Donde n' , representar el promedio de las unidades verificadas de toda la producción. Mientras que p' , representa el promedio del porcentaje de unidades defectuosas.

2.3.3 Cartas de control para C

El gráfico C, se construye a partir del número total de defectos en la producción. Está basado en la distribución de Poisson [9].

Para cada muestra, se calculará el total de deméritos (c). Y posteriormente se calcula el promedio de número total de deméritos de toda la producción. Teniendo en cuenta, que el número de unidades verificadas (n), es decir, el número de unidades por población, es constante y será el mismo para todas las muestras. Los límites de control para el gráfico C, se calculan utilizando las siguientes fórmulas:

Límites de control para el Gráfico P
$LCS = c' + 3\sqrt{c'}$
$LC = c'$
$LCI = 0$

Tabla 10: Límites de control para el Gráfico C [7]

2.3.4 Cartas de control para U

El gráfico U, está basado en el número de defectos por unidad de inspección producida. Además de fundamentado en base a la distribución de Poisson [9].

Para este tipo de gráfico, al contrario que en el anterior, el número de unidades total para cada población, no es constante (n). En base a esto, se calculara el porcentaje de deméritos para cada población, se calcular como el cociente, entre el número total de deméritos por población, entre el número de unidades verificadas por población. Posteriormente, se hará el promedio de dicho porcentaje para toda la producción (u'). Las fórmulas, que se utilizan para calcular los límites de control son las siguientes:

Límites de control para el Gráfico U
$LCS = u' + 3\sqrt{\frac{u'}{n'}}$
$LC = u'$
$LCI = 0$

Tabla 11: Límites de control para el Gráfico U [7]

2.4 Elección entre cartas de atributos para variables y atributos

Las cartas de control por atributos, tienen una ventaja respecto a las cartas de control por variables, y es que pueden considerar varias características de calidad a la vez y la unidad se clasifica como disconforme si deja de cumplir con la especificación de cualquiera de las características. En cambio, si las características de calidad se toman como variables, será necesario medir cada una de ellas.

Por otra parte, las cartas de control por variables, ofrecen una información muy útil acerca de la media y de la variabilidad del proceso. Además cuando hay puntos fuera de control, se puede obtener mucha más información de cuál ha sido la causa.

Probablemente la ventaja más grande que presentan las cartas de control por variables, es que proporcionan un indicio de problemas, y permiten emprender acciones correctivas, antes de que se produzca cualquier unidad defectuosa. Mientras que en las cartas de control por atributos, no reaccionarán a menos que el proceso ya haya cambiado y por lo tanto seguirán produciéndose unidades defectuosas [5].

2.5 Tipos de errores

Durante el análisis de la producción, pueden aparecer ciertos comportamientos en las muestras, que pueden estar indicando alguna anomalía. Esto hace que se tenga un mayor conocimiento de la producción en cada momento, y dependiendo del tipo de error, se valorará si es una anomalía y si en tal caso tiene solución. A continuación, se explican algunos de los comportamientos que pueden representar una anomalía en el proceso [7].

- **Puntos anómalos:** Tiene lugar cuando un punto se encuentra por encima del límite de control superior (es mayor que LCS) o por el contrario, cuando se encuentra por debajo del límite de control inferior (es menor que LCI) [10].

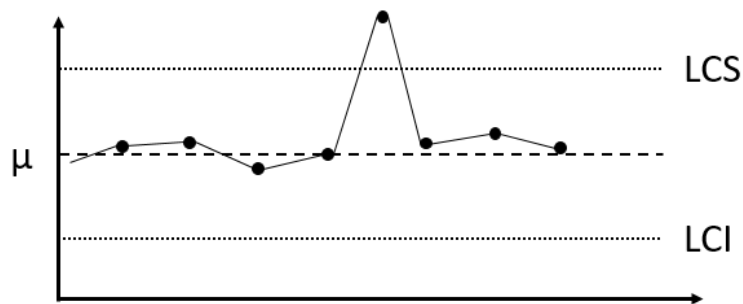


Ilustración 3: Puntos anómalos [7]

- **Racha de puntos:** Tiene lugar cuando siete puntos o más, se encuentran a un lado de la media (LC), indiferentemente, por encima o por debajo. Indican cambios en la media, ya bien puede ser por algún cambio en la materia prima, servicios de mantenimiento etc [10].

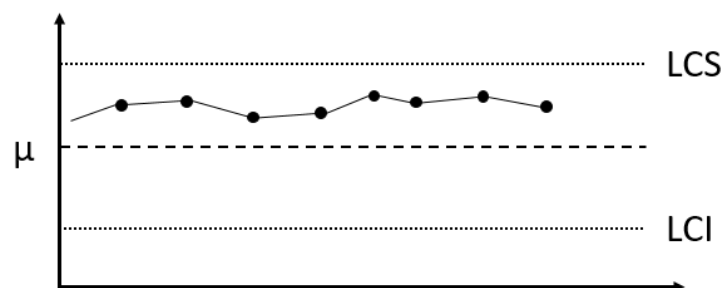


Ilustración 4: Racha de puntos [7]

- **Tendencia ascendente o descendente:** tiene lugar cuando en al menos una serie de siete puntos, cada uno de ellos es mayor que el anterior (tendencia ascendente) o por el contrario, cuando cada uno de ellos es menor al anterior (tendencia descendente). Indica la presencia de algún factor que influye gradualmente en el proceso, como el desgaste de la maquinaria, cambios de temperatura etc [10].

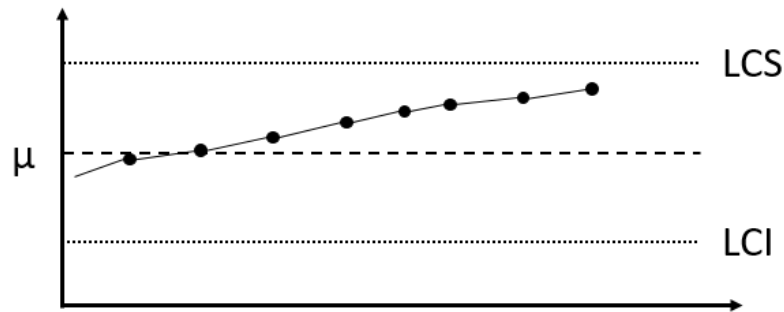


Ilustración 5: Tendencia ascendente o descendente [7]

- **Dientes de sierra:** Tiene lugar cuando en una serie de al menos siete puntos, se produce una sucesión de picos, de forma ascendente y descendente, alternándose [10].

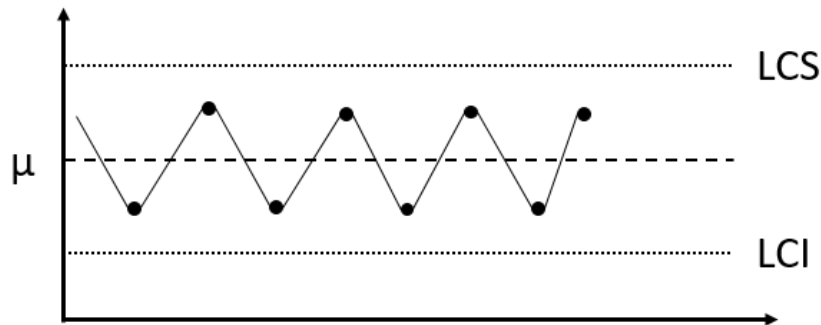
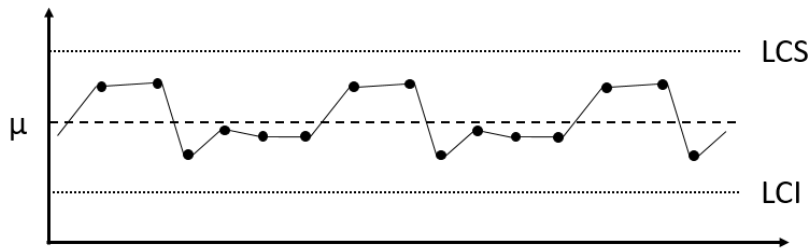


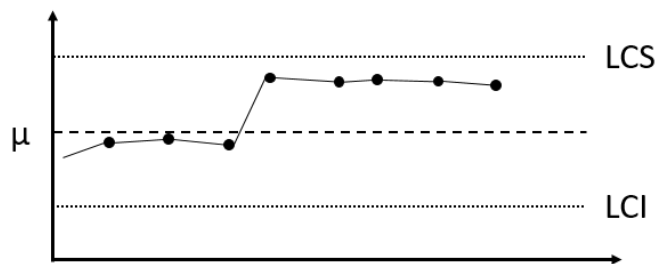
Ilustración 6: Dientes de sierra [7]

- **Ciclos:** Es la repetición de agrupamientos (sucesión de picos y valles). Suelen indicar la presencia de efectos periódicos, como la temperatura, acciones de mantenimiento etc [10].



Il·lustració 7: Ciclos [7]

- **Cambios bruscos de nivel:** tiene lugar cuando la diferencia en valor absoluto entre dos puntos es mayor a un determinado valor, para este proyecto, dicho valor será 2σ . Es decir, se produce un salto entre un punto y otro, puede ser tanto ascendente como descendente [10].



Il·lustració 8: Cambio brusco de nivel [7]

3. Desarrollo

En esta parte se va a explicar cuáles son los pasos a seguir para la puesta a punto del entorno de trabajo, además de cómo se desarrolló cada una de las partes de la aplicación.

3.1 Entorno de trabajo

La preparación del entorno es el primer paso para la puesta en marcha del proyecto, ya que será la base sobre la cual se va a desarrollar el resto del proyecto. Por ello será necesario establecer una metodología de trabajo clara e intuitiva, que el usuario final pueda seguir con el fin de no cometer errores.

Para el desarrollo del proyecto se eligió *Microsoft Office Excel 2013* como la plataforma sobre la cual trabajar, ya que es un software de uso muy extendido, que se puede encontrar en prácticamente cualquier empresa en la actualidad, además es una aplicación multiplataforma, es decir, que se podrá ejecutar en cualquiera de los Sistemas Operativos más comunes en la actualidad (Windows, OS, Linux).

Microsoft Office Excel 2013 es un programa informático desarrollado y distribuido por *Microsoft Corp*, se puede adquirir su licencia a través de la página oficial de *Microsoft Office* [11]. Se trata de un software que trabaja con hojas de cálculo, se utiliza para tareas financieras, contables e incorpora fórmulas y gráficos además del lenguaje de programación *Microsoft VBA*.

Microsoft VBA (Visual Basic for Applications) es el lenguaje de macros de Microsoft Visual Basic que se utiliza para programar aplicaciones Windows y que se incluye en varias aplicaciones Microsoft. Viene integrado en aplicaciones de Microsoft Office, como Word, Excel, Access y PowerPoint. Prácticamente cualquier tarea que se pueda programar en Visual Basic 5.0 o 6.0 se puede hacer también dentro de un documento de Office, con la sola limitación que el producto final no se puede compilar separadamente del documento, hoja o base de datos en que fue creado; es decir, se convierte en una **macro**. En el proyecto, se pretende utilizar VBA para ampliar la funcionalidad de una Hoja de Cálculo con Excel, de forma que mediante el uso de macros el usuario pueda obtener los gráficos de control de forma automatizada. Por ello, la aplicación final solo se podrá ejecutar sobre versiones de Microsoft Office que soporten VBA [12].

Además se recomienda que el ordenador disponga de al menos 2 GB de memoria RAM, de esta manera se agiliza el cálculo de las operaciones y el tiempo de demora por parte del usuario será menor.

3.1.1 Configuración de Excel

Dado que se van a utilizar ciertas funcionalidades específicas de Excel, será conveniente configurar la aplicación previamente a su uso. Por defecto, la aplicación Excel viene configurada con las herramientas y vistas básicas, de manera que le resulte lo más intuitiva y fácil de utilizar al usuario. Pero la aplicación ofrece la posibilidad de añadir nuevas herramientas y vistas personalizadas, una

de ellas es la vista “Desarrollador”, la cual permite crear macros mediante VBA que interactuarán con las hojas de cálculo. A continuación, se va a explicar detalladamente el procedimiento a seguir para activar dicha vista.

Al abrir un documento en blanco en Excel, en la parte superior se encuentra el menú principal donde se deberá de seleccionar la vista “Archivo” y dentro del submenú que se aparecerá, seleccionar la vista de “Opciones”. Acto seguido se desplegará una nueva ventana, denominada “Opciones de Excel”. A continuación, dentro de dicha ventana se seleccionará la opción “Personalizar cinta de opciones”, y se debe de agregar la pestaña “Desarrollador” y “Aceptar”. Una vez finalizado el proceso de configuración, se podrá comprobar que en el menú principal aparece una nueva pestaña denominada “Desarrollador”.

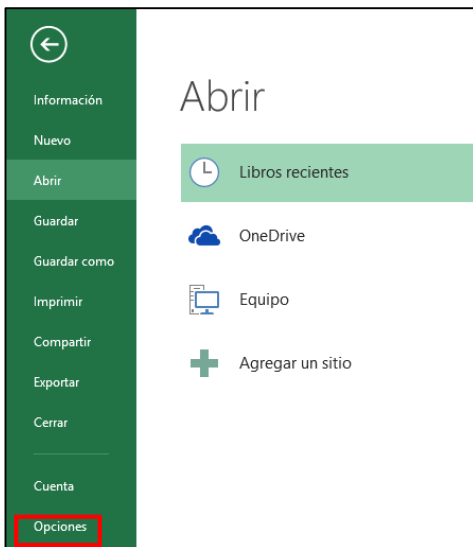


Ilustración 9: Archivo

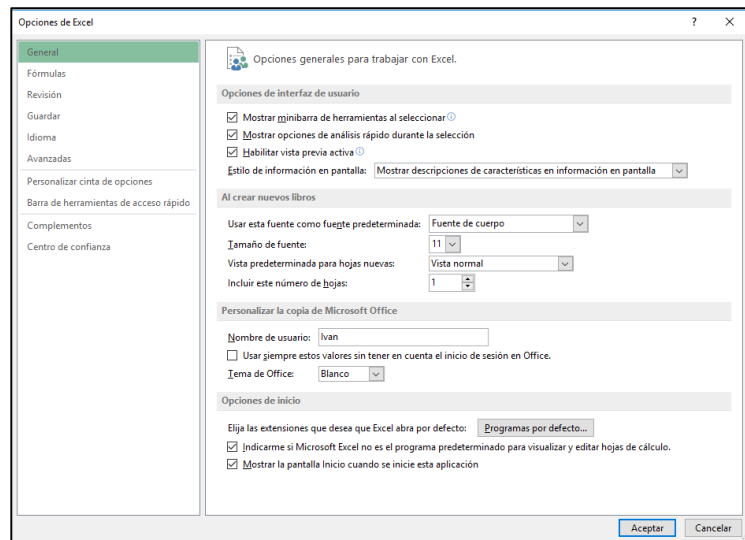


Ilustración 10: Opciones

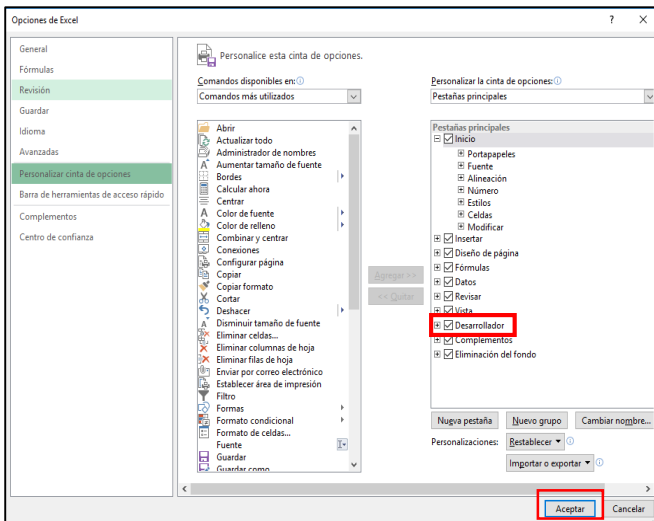


Ilustración 11: Cinta de opciones

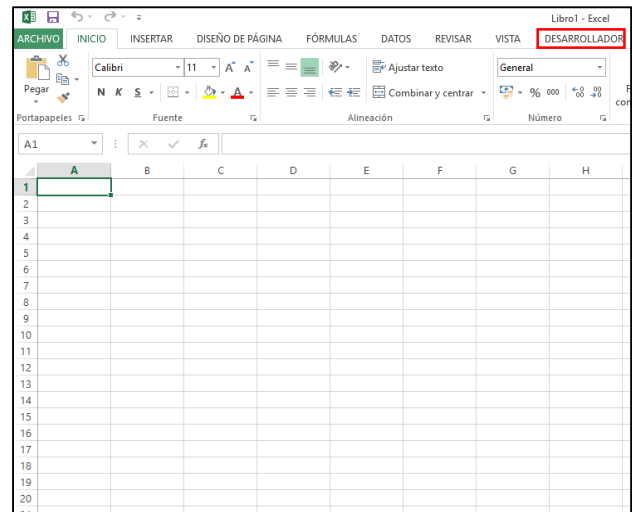


Ilustración 12: Pestaña desarrollador

La nueva ventana “Desarrollador” incluye un amplio catálogo de funcionalidades, que se recomienda utilizar solamente si se tiene un nivel de uso avanzado de la aplicación, ya que el uso de estas funcionalidades puede producir cambios sobre las hojas de cálculo que pueden ser irreversibles. En los próximos apartados se explicará cuáles de esas funcionalidades se van a aplicar al proyecto y con qué fin.

3.2 Desarrollo de la aplicación

3.2.1 Introducción

Se pretende desarrollar una aplicación en Excel, con el fin de que un usuario pueda realizar el control de calidad de una empresa desde el inicio. Para ello, primeramente se deberán de obtener los gráficos de control de la producción y posteriormente, utilizar dichos gráficos para analizar la producción de la empresa, obteniendo así una serie de estadísticas y gráficos que ayudarán a la toma de decisiones.

3.2.2 Estructura del proyecto

El proyecto se estructura en doce documentos diferentes, es decir, diferentes libros de Excel. Dos para el desarrollo de la herramienta estadística; gráficos de control por variables y cuatro más para el desarrollo de los gráficos de control por atributos, cuya explicación teórica, se explica en el apartado de Metodologías y Técnicas. Para finalizar, los últimos seis documentos consisten en el control de producción, habrá un libro de control de producción para cada uno de los gráficos de control de producción, en los cuales se llevará a cabo el análisis de la producción específica de la empresa.

A continuación, se va a explicar cómo se ha desarrollado cada uno de los documentos previamente mencionados. La estructura que se ha seguido para desarrollar tanto los gráficos de control por variables como por atributos, es la misma, aunque sus cálculos y especificaciones son distintas. Por ello, seguidamente se explica cual es dicha estructura.

Cada libro de Excel, está dividido en seis hojas de cálculo que interactúan entre sí, con el fin de obtener los gráficos de control previamente mencionados. Acto seguido, se explicará el desarrollo de cada una de estas hojas de cálculo detalladamente y su interacción con el resto.

Asimismo, se debe de tener en cuenta que no todas las hojas de cálculo serán visibles para el usuario, ya que algunas de ellas como se explicará a posteriori, solamente se utilizan para realizar los cálculos necesarios y es por ello que deberán de estar ocultas y protegidas, para que el usuario no pueda realizar ninguna modificación sobre ellas.

Con el fin de establecer una idea clara sobre la estructura que se ha utilizado para desarrollar la aplicación, se ha definido el siguiente esquema explicativo sobre las vistas (hojas de cálculo) de la aplicación.



Ilustración 13: Vista Inicio estructura

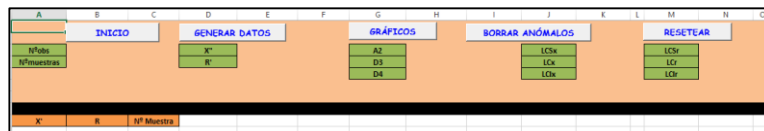


Ilustración 14: Vista Datos estructura

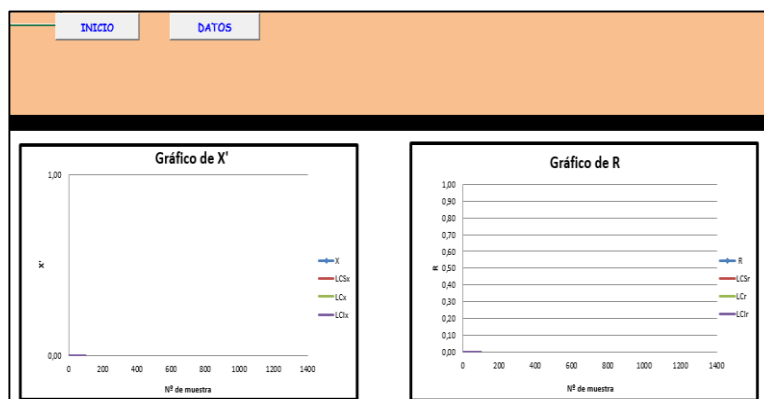


Ilustración 15: Vista Gráficos estructura

Las tres ilustraciones superiores se corresponden con la parte “Visible” de la aplicación, en la cual el usuario podrá interactuar. Como se observa en los pies de las ilustraciones, se ha decidido nombrar a cada vista, de manera que sea mucho más intuitivo identificarlas y localizarlas.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
n	A1	A2	A3	a4	Ae4	B3	B4	B5	B6	d2	d3	Id2	D1	D2	D3	D4		NºObs	NºMuestra	
2	2.121	1.900	2.253	0.190	1.253	0.000	3.257	0.000	2.606	1.129	0.653	0.686	0.000	3.686	0.000	3.267		2	1	
3	1.732	1.023	1.954	0.886	1.128	0.000	2.566	0.000	2.276	1.693	0.868	0.591	0.000	4.358	0.000	3.575		3	2	
4	1.500	0.723	1.628	0.921	1.085	0.000	2.286	0.000	2.088	2.059	0.880	0.486	0.000	4.638	0.000	2.282		4	3	
5	1.342	0.577	1.427	0.940	1.064	0.000	2.093	0.000	1.964	2.226	0.864	0.430	0.000	4.918	0.000	2.114		5	4	
6	1.225	0.483	1.287	0.952	1.051	0.000	1.970	0.029	1.814	2.334	0.846	0.395	0.000	5.079	0.000	2.004		6	5	
7	1.134	0.419	1.182	0.959	1.042	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.833	0.370	0.205	5.204	0.676	1.924		7	6	
8	1.061	0.373	1.099	0.965	1.036	0.195	1.815	0.179	1.751	2.847	0.820	0.351	0.388	5.307	0.136	4.864		8	7	
9	1.000	0.337	1.032	0.969	1.032	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.808	0.337	0.547	5.394	0.364	1.916		9	8	
10	0.949	0.308	0.975	0.973	1.028	0.284	1.716	0.276	1.659	3.078	0.797	0.325	0.686	5.469	0.223	1.777		10	9	
11	0.905	0.285	0.927	0.975	1.025	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.787	0.315	0.811	5.535	0.256	1.744		11	10	
12	0.868	0.266	0.886	0.978	1.023	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.778	0.307	0.923	5.594	0.283	1.717		12	11	
13	0.832	0.249	0.850	0.979	1.021	0.382	1.618	0.374	1.585	3.338	0.770	0.300	1.025	5.647	0.307	1.693		13	12	
14	0.802	0.235	0.817	0.981	1.019	0.406	1.594	0.398	1.563	3.407	0.763	0.294	1.118	5.696	0.328	1.672		14	13	
15	0.775	0.223	0.789	0.982	1.019	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.756	0.288	1.203	5.740	0.347	1.653		15	14	
16	0.750	0.212	0.763	0.983	1.017	0.448	1.552	0.440	1.527	3.532	0.750	0.283	1.282	5.782	0.363	1.637		16	15	
17	0.728	0.203	0.739	0.985	1.016	0.466	1.534	0.459	1.510	3.586	0.744	0.279	1.356	5.820	0.378	1.622		17	16	
18	0.707	0.194	0.718	0.985	1.015	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.739	0.270	1.424	5.856	0.391	1.609		18	17	
19	0.688	0.187	0.698	0.986	1.014	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.733	0.271	1.489	5.893	0.404	1.596		19	18	
20	0.671	0.180	0.680	0.987	1.013	0.510	1.490	0.503	1.470	3.735	0.729	0.269	1.549	5.921	0.415	1.585		20	19	
21	0.655	0.173	0.663	0.988	1.013	0.523	1.477	0.516	1.459	3.780	0.724	0.265	1.606	5.951	0.425	1.575		21	20	
22	0.640	0.167	0.647	0.988	1.012	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.720	0.262	1.660	5.979	0.435	1.565		22	21	
23	0.626	0.162	0.633	0.989	1.011	0.545	1.455	0.539	1.438	3.859	0.716	0.259	1.711	6.006	0.443	1.557		23	22	
24	0.612	0.157	0.619	0.989	1.011	0.555	1.445	0.549	1.429	3.896	0.712	0.257	1.759	6.032	0.452	1.546		24	23	
25	0.600	0.153	0.606	0.990	1.010	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.708	0.254	1.805	6.056	0.459	1.541		25	24	
																			25	25
																			27	27
																			28	28
																			29	29
																			30	30
																			31	31
																			32	32
																			33	33

Ilustración 16: Vista Tabla estructura

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
LCsx	LCx	LCbx	LCsr	LCr	LCir			Nmuestra	LCsx	LCx	LCix	LCsr	LCr	LCir
#¡VALOR!	0	#¡VALOR!	#¡VALOR!	0	#¡VALOR!									

Ilustración 17: Vista Límites estructura

A1	A	B	C	D	E	F
	NM					
2	1					
3	2					
4	3					
5	4					
6	5					
7	6					
8	7					
9	8					
10	9					
11	10					
12	11					
13	12					
14	13					
15	14					
16	15					
17	16					

Ilustración 18: Vista Cálculos estructura

Las tres ilustraciones superiores, corresponden a la parte “Oculto” al usuario, es decir, la parte en la cual no puede interactuar ya que es donde se realizan los cálculos necesarios para que en el resto de las vistas se obtengan los resultados esperados.

En los siguientes apartados se explicará cómo se ha desarrollado cada una de las vistas según el orden establecido y la relación existente entre ellas.

3.3 Gráficos de control por variables: Libro de gráficos X'-R

Como se ha explicado en el apartado de metodologías y técnicas, la herramienta estadística “Gráficos de control X'-R” servirá para obtener los límites de control que posteriormente el usuario utilizará para analizar la producción de su empresa.

3.3.1 Vista Inicio

La vista Inicio, se corresponde con la ventana principal del formulario, de modo que sea la primera ventana que aparezca cuando el usuario abra la aplicación.

Durante el desarrollo de esta vista, se decidió que tenía que tener un aspecto atractivo y llamativo, ya que en cierto modo no solamente era la ventana principal, sino que a su vez era la presentación de la aplicación que se iba a usar.

Con el fin de que fuera atractiva para el usuario final se creó una ventana de formulario, cogiendo las columnas desde la A hasta la H y hasta la fila 30, para que tuviera un tamaño reducido pero suficiente para todos los elementos que se iban a colocar en ella. Además, se escogió un fondo naranja, con los títulos en azul oscuro para obtener así un mayor efecto con el contraste de dichos colores. Por último, se añadió el logo de la Universitat Politècnica de València en la esquina superior izquierda.

Por lo que respecta a la función que debía de acometer esta ventana no era otra que la de permitir al usuario que pudiera introducir el número de observaciones y muestras a analizar. Para aclarar estos dos términos se explican a continuación:

- **Observaciones:** objetos o servicios tomados de un lote, de forma aleatoria, para su medición.
- **Muestras:** conjunto de observaciones tomadas para la medida representativa de un lote.

Para permitir que el usuario introdujera los datos se optó por dos listas desplegables, de forma que simplemente se tuviera que seleccionar de la lista el número de observaciones o muestras que se requiera. Pero también se tuvo en cuenta que, para facilitar la tarea de introducir los datos, no solo se pudiera seleccionar el dato de la lista desplegable, sino que también se pudiera escribir, es lo que Excel denomina como “*Cuadro Combinado*”.

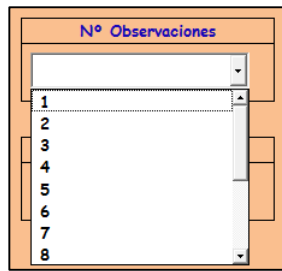


Ilustración 19: Lista desplegable observaciones

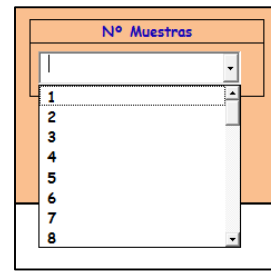


Ilustración 20: Lista desplegable muestras

Para crear las listas desplegables, primero se deben de definir las listas, es decir, crear los datos que van a ir dentro de esa lista. Para ello, en la Vista Tabla se crearon las dos listas de datos y se les asignó un nombre de la siguiente manera: Se seleccionan los datos previamente creados y desde el menú principal de Excel, en la vista “**Fórmulas**” aparece la opción “**Asignar nombre**”, al seleccionar la opción se puede añadir el nombre que se quiera, en este caso: **NObs** y **NMues** respectivamente [13].

Posteriormente desde la vista “**Desarrollador**” del menú principal de Excel, se añaden las dos listas desplegables seleccionando **Insertar** → **Controles ActiveX** → **Cuadro Combinado** y se colocan cuidadosamente donde se prefiera. Acto seguido se adjunta una ilustración explicativa del proceso.

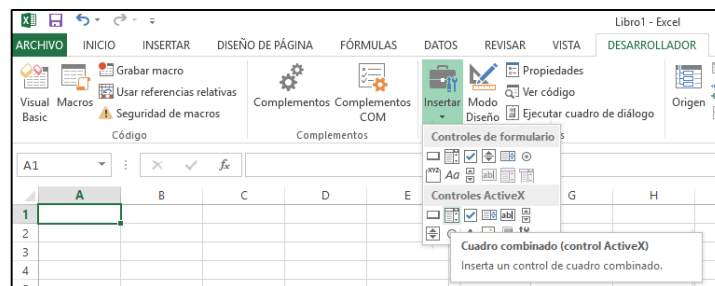


Ilustración 21: Cuadro combinado

Por último, una vez creados los respectivos “**Cuadros Combinados**” se necesita asignarle cada una de las listas de datos previamente creados. Para ello, desde la vista de **Desarrollador** y activando el “**Modo Diseño**” que será el modo que permite recolocar y cambiar de posición los controles y cuadros de mando, se debe de seleccionar la opción “**Propiedades**”. De inmediato se abrirá una nueva ventana superpuesta, en ella se debe de buscar la propiedad “**ListFillRange**” y escribir en el campo el nombre de la lista que previamente se ha creado: **Nobs** o **Nmues** según el cuadro combinado que se esté editando. Además, habrá que completar el campo vacío de la propiedad “**LinkedCell**”, corresponde a la celda en la que se quiere vincular el valor seleccionado de la lista

desplegable. En el caso del proyecto se le asigna una celda de la Vista Tabla, que posteriormente se utilizará para copiar los datos en la Vista Datos, como se explicará a posteriori. En la siguiente ilustración se puede observar el cuadro de propiedades resultante y las modificaciones realizadas.

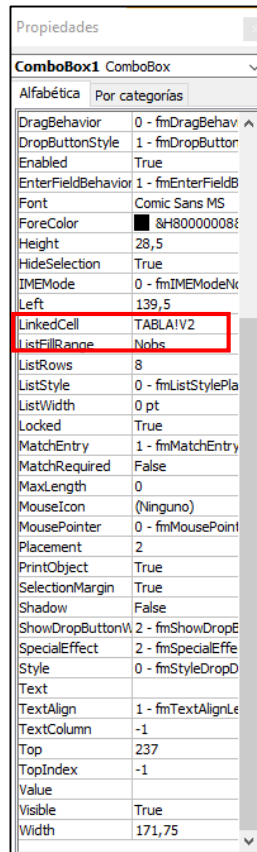


Ilustración 22: Ventana de propiedades

El último elemento que conforma la ventana de Inicio, es un botón denominado “Datos” cuya función será cambiar a la Vista Datos cuando se clique sobre él. Para crear un botón con cierta funcionalidad, Excel permite insertar los botones denominados como: Botón de control de formulario. Suponen una gran ventaja, debido a que permiten aplicarles macros.

De modo que se debe de Insertar un nuevo botón, desde la pestaña de “Desarrollador” → Insertar botón (control de formulario). Una vez creado, se podrá modificar su nombre por el de “Datos” y elegir un tipo de fuente adecuada. En la ilustración siguiente se muestra como insertar dicho botón y el resultado final una vez implantado.

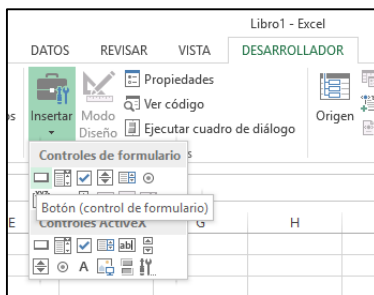


Ilustración 23: Botón de control de Formulario



Ilustración 24: Botón datos

Una vez creado el botón habrá que asignarle una funcionalidad, para ello se debe de crear primeramente una macro, de la siguiente manera: Desde la vista “Desarrollador” → Grabar Macro.

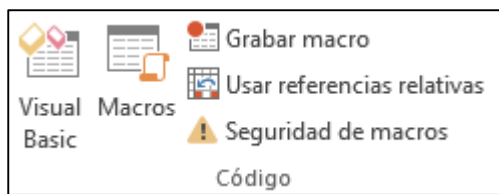


Ilustración 25: Grabar macro

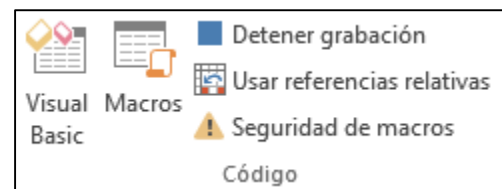


Ilustración 26: Detener grabación

Cuando se graba una macro, Excel recoge todos los actos que se han realizado desde el momento en el que se ha seleccionado “Grabar Macro” hasta que se detiene la macro, seleccionando “Detener grabación”. Para el caso del botón “Datos” previamente creado, se deberá de crear una macro en la que se cambie de ventana. Para crear dicha macro después de seleccionar el botón “Grabar Macro”, habrá que clicar en la hoja Datos y detener la grabación. Posteriormente al hacer clic con el botón derecho del ratón sobre el botón “Datos”, aparecerá la opción de “Asignar una macro” y simplemente se seleccionará la macro ya creada previamente.

Al finalizar el proceso de creación de la vista Inicio, el resultado es el que se adjunta en la siguiente ilustración.



Ilustración 27: Vista Inicio

3.3.2 Vista Datos

La vista Datos, como su propio nombre indica será aquella en la cual se encuentren los datos introducidos por el usuario. Será de vital importancia que en dicha ventana el usuario se encuentre con todos los elementos necesarios para interactuar con los datos. Por lo que esta vista está dividida en dos partes; la parte superior de la vista está compuesta por un panel principal con una serie de botones que permiten la interacción con los datos y con el resto de hojas de datos de la aplicación. Y por lo que respecta a la segunda parte de la vista, es donde se encuentran los datos introducidos por el usuario. En los siguientes apartados se explicará cómo se ha llevado a cabo el desarrollo de cada una de estas partes y porqué.

3.3.2.1 Datos introducidos

Cuando el usuario introduce a través de listas desplegables (vista Inicio) tanto el número de observaciones como el número de muestras, se crea automáticamente una cuadrícula cuyo tamaño dependerá de los datos seleccionados y dónde se deberán de introducir a posteriori los datos a analizar.

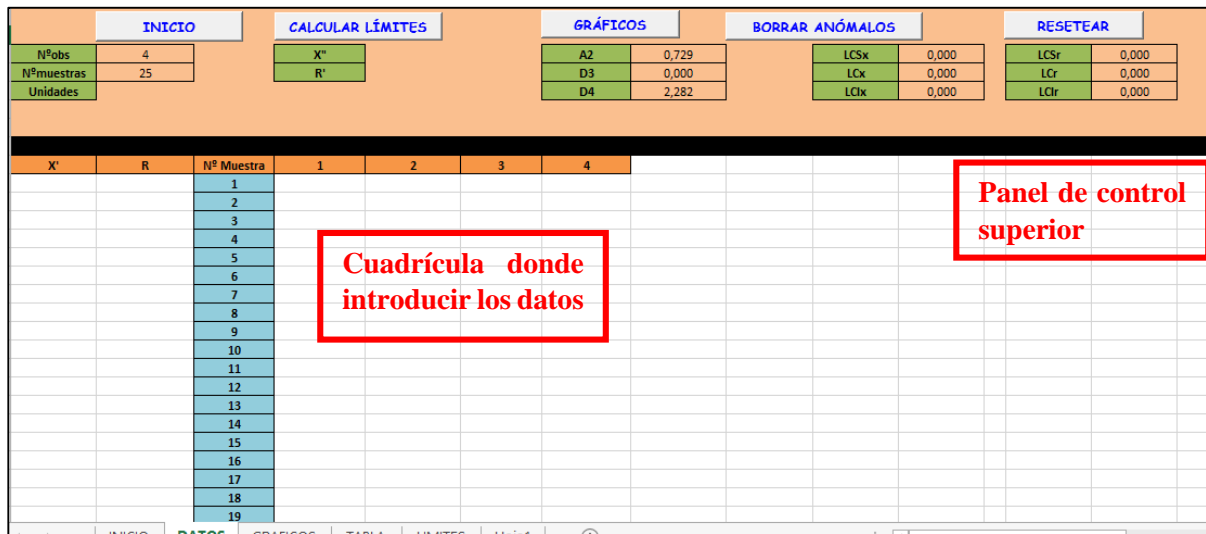


Ilustración 28: Cuadrícula de datos

Esta cuadrícula se crea automáticamente, y su tamaño dependerá tanto del número de observaciones que determinará la anchura de la misma, como del número de muestras que indicará su longitud. Por lo que para que tuviera dicho comportamiento, se han desarrollado una serie de fórmulas utilizando las herramientas de Excel, es decir, no son unas formulas predefinidas en la aplicación sino creadas exclusivamente para el proyecto. Las fórmulas utilizadas son las siguientes:

Nº Observaciones	Nº Muestras
$=SI(D9 < \$B\$3; D9 + 1; "")$	$=SI(A2 < DATOS!$B$4; A2 + 1; "")$

Tabla 12: Funciones de la cuadrícula de datos

El resumen de su funcionamiento es el siguiente: si existe un valor en las celdas donde encuentra el número de observaciones y de muestras respectivamente, entonces en la cuadrícula para cada celda se debe de tomar el valor de su anterior e incrementar dicho valor en uno.

Cuando el usuario introduzca los datos, la cuadrícula adoptará un formato diferente y se crearán los marcos para resaltar cada celda que tenga contenido. De forma que el resultado será similar al que se adjunta en la siguiente ilustración.

INICIO		GENERAR DATOS		GRÁFICOS		BORRAR ANÓMALOS		RESETEAR	
Nºobs	5	X'		A2	0,577	LCS _R	0,000	LCS _r	0,000
Nºmuestras	25	R'		D3	0,000	LC _R	0,000	LC _r	0,000
				D4	2,114	LC _h	0,000	LC _l	0,000
X'	R	Nº Muestra	1	2	3	4	5		
		1	446,000	434,000	436,000	440,000	440,000		
		2	490,000	450,000	444,000	446,000	448,000		
		3	442,000	448,000	445,000	437,000	437,000		
		4	449,000	449,000	435,000	436,000	436,000		
		5	446,000	435,000	444,000	442,000	442,000		
		6	436,000	434,000	450,000	424,000	424,000		
		7	442,000	437,000	439,000	435,000	435,000		
		8	441,000	436,000	439,000	437,000	437,000		
		9	436,000	435,000	436,000	450,000	450,000		
		10	446,000	446,000	432,000	433,000	433,000		
		11	436,000	445,000	500,000	443,000	443,000		
		12	436,000	439,000	437,000	443,000	443,000		
		13	432,000	448,000	433,000	446,000	446,000		
		14	447,000	449,000	437,000	437,000	437,000		
		15	446,000	445,000	434,000	449,000	449,000		
		16	431,000	433,000	446,000	443,000	443,000		
		17	445,000	500,000	444,000	444,000	444,000		
		18	436,000	446,000	436,000	441,000	441,000		
		19	435,000	442,000	441,000	446,000	446,000		
		20	432,000	440,000	432,000	442,000	442,000		
		21	431,000	425,000	436,000	454,000	454,000		
		22	431,000	425,000	436,000	454,000	454,000		
		23	431,000	425,000	436,000	454,000	454,000		
		24	431,000	425,000	436,000	454,000	454,000		
		25	431,000	425,000	436,000	454,000	454,000		

Ilustración 29: Datos introducidos

Por lo que respecta a las columnas X' y R, se calcularán a posteriori cuando el usuario seleccione el botón "Generar Datos". En el apartado de Metodologías y Técnicas se explica qué papel juegan en el cálculo de los gráficos de control.

3.3.2.2 Panel de control superior

El panel superior tiene una forma rectangular, con unas dimensiones de quince columnas por siete filas. En él se albergarán los diferentes botones que serán los controladores del formulario, además de los datos con las constantes más importantes que se utilizan para obtener los gráficos de control. Se decidió por un color de fondo naranja, de forma que todos los elementos contenientes en su interior resalten con mayor intensidad y sean así más localizables para el usuario. A continuación, se explicarán cada uno de los elementos que conforman dicho panel y como se han desarrollado:

3.3.2.4 Botones

Los botones integrados en la Vista Datos, son botones de control de formulario. Como se ha explicado anteriormente se añaden desde la vista Desarrollador → Insertar → Botón (Control de formulario). Una vez esté cada uno de ellos creados, se les debe de asignar a cada uno la macro que le corresponda, que a su vez determinará el comportamiento de dicho botón.

- **Botón Inicio:** Dicho botón permite volver a la vista Inicio, para el caso en el que el usuario haya introducido erróneamente el número de observaciones o de muestras pueda corregirlo.
- **Botón Generar Datos:** Una vez introducidos los datos, se debe de pulsar este botón para que automáticamente se realicen los cálculos pertinentes.

- **Botón Gráficos:** Este botón sirve para cambiar a la vista Gráficos. Es conveniente pulsarlo después de generar los datos, ya que antes los gráficos aparecerán vacíos.
- **Botón Borrar Anómalos:** Tras generar los datos, también se generan los gráficos resultantes. Desde la vista de gráficos se comprobará si todos los puntos están dentro de los límites de control previamente calculados. En caso de que alguno de ellos esté fuera de esos límites, será lo que se denomina como punto anómalo. Para eliminar dichos puntos, se deberá de pulsar el botón de “Borrar anómalos” en la vista Datos, acto seguido si se comprueba de nuevo la vista Gráficos se podrá observar como dichos puntos han sido eliminados y ya no se encuentra ningún punto anómalo.
- **Botón Resetear:** La principal función de este botón, es restablecer la cuadrícula que se había creado al principio. Ya que el usuario puede cometer errores a la hora de introducir los datos y en muchas ocasiones será mejor reestablecer la cuadrícula desde cero, que ir corrigiendo los datos erróneos de uno en uno. Además, también se puede utilizar en el caso de que tras haber obtenido los gráficos de control de un análisis, el usuario quiera realizar otro análisis con otros datos, para ello, debería de pulsar el botón resetear y comprobar si el número de observaciones y de muestras es el correcto o habría que cambiarlo de nuevo, y posteriormente introducir los nuevos datos.

3.3.2.5 Constantes

En el panel superior, también se encuentran una serie de celdas que serán las denominadas constantes, las cuales se utilizarán para realizar el cálculo de las operaciones. En el anterior apartado: Metodologías y Técnicas se explica porque se han elegido estas constantes y cuál es su significado.

Ejemplo para N° Obs: 5 y N° Mues: 25

A2	0,577
D3	0,000
D4	2,114

Ilustración 30: constantes

Además, también se encuentran los límites de control, que como se ha explicado anteriormente en el apartado de Metodología y Técnicas, servirán para comprobar si todos los puntos de los gráficos se encuentran dentro de la producción esperada.

deberá de pulsar la tecla “Espacio” de esta forma las unidades estarán en blanco. Las unidades de medida, estarán presentes tanto en la vista Datos en la celda “Unidades” del panel superior, como en cada uno de los gráficos en la vista Gráficos.

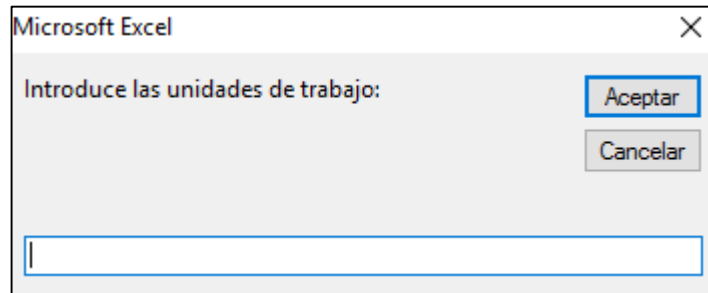


Ilustración 33: Panel de unidades de medida

Los límites de control se calcularán en la vista Límites, en el panel superior solamente aparecen las celdas en las cuáles se está copiando el resultado obtenido de los cálculos. Pero a continuación se muestra la fórmula matemática, a la que hacen referencia cada uno de ellos.

- LCS_x: la fórmula que se utiliza para calcula el límite de control superior del gráfico de X', es la siguiente: $LCSx' = X'' + A2 \cdot R'$
- LC_x : la fórmula que se utiliza para calcula el límite de control del gráfico de X', es la siguiente: $LCSx' = X''$
- LCI_x : la fórmula que se utiliza para calcula el límite de control inferior del gráfico de X', es la siguiente: $LCSx' = X'' - A2 \cdot R'$
- LCS_r: la fórmula que se utiliza para calcula el límite de control superior del gráfico de R, es la siguiente: $LCSr = D4 \cdot R'$
- LC_r: la fórmula que se utiliza para calcula el límite de control del gráfico de R, es la siguiente: $LCSr = R'$
- LCI_r: la fórmula que se utiliza para calcula el límite de control inferior del gráfico de R, es la siguiente: $LCSr = D3 \cdot R'$

Tras saber cuáles serán las operaciones que se llevaran a cabo, se explica cómo se crear la macro. Cuyo procedimiento a seguir es el mismo que en los casos explicados con anterioridad: desde la pestaña de Excel “Desarrollador” → Grabar macro. Una vez se seleccione “Grabar macro”, lo que se debe de hacer es copiar cada una de las fórmulas comentadas en el párrafo superior, y utilizar la herramienta de Excel de “arrastrar” dicha fórmula hasta la celda que se desee. Después de cada fórmula se encuentre en el campo pertinente se detendrá la macro y se le asignará al botón “Generar Datos”. En la siguiente ilustración adjunta se puede comprobar el código VBA resultante.

el panel de edición de VBA. Se debe de crear una nueva macro y desarrollar el código que se adjunta a continuación.

```

Sub borrar_f ()
'
' borrar_f Macro
'
'
' Declaración de Variables
Dim i As Integer, j As Integer, nfilas As Integer, lcsX As Double, lcsR As
Double, f As Integer, lciX As Double, lciR As Double, cont As Integer

nfilas = Range("B4").Value + 9
lcsX = Range("K3").Value
lciX = Range("K5").Value
lcsR = Range("N3").Value
lciR = Range("N5").Value
f = 0
cont = nfilas
' *****
' BUCLE DE X
For i = nfilas To 10 Step -1
Cells(i, "A").Select
If Cells(i, "A").Value > lcsX Then ' Comprobación del LCSx
    ActiveCell.EntireRow.Select
    Selection.Delete
    f = f + 1 ' Se incrementa en 1 el número de filas borradas
    cont = nfilas - f
'El nuevo nfilas será = a las filas iniciales, menos las borradas
    lcsX = Range("K3").Value
    lciX = Range("K5").Value
    i = cont + 1
'Se iguala al número de filas, para que vuelva a empezar desde abajo y se le
suma 1, para que el bucle calcule correctamente

ElseIf Cells(i, "A").Value < lciX Then ' Comprobación del LCIX
    ActiveCell.EntireRow.Select
    Selection.Delete
    f = f + 1 ' Se incrementa en 1 el número de filas borradas
    cont = nfilas - f
' El nuevo nfilas será = a las filas iniciales, menos las borradas
    lcsX = Range("K3").Value
    lciX = Range("K5").Value
    i = cont + 1
' Se iguala al número de filas, para que vuelva a empezar desde abajo y se le
suma 1, para que el bucle calcule correctamente
End If
Next i ' Final del bucle que comprueba el grafico X

nfilas = cont ' Se obtiene el nuevo número de filas
f = 0

```



```

'El número de filas borradas se reinicia, para volver a empezar el bucle de B
' Se obtienen los nuevos límites
lcsR = Range("N3").Value
lciR = Range("N5").Value

' *****

' BUCLE DE R
For i = nfilas To 10 Step -1
Cells(i, "B").Select
If Cells(i, "B").Value > lcsR Then ' Comprobación del LCSr
    ActiveCell.EntireRow.Select
    Selection.Delete
    lcsR = Range("N3").Value
    lciR = Range("N5").Value
    f = f + 1 ' Se incrementa en 1 el número de filas borradas
    cont = nfilas - f
' El nuevo nfilas será = a las filas iniciales, menos las borradas
    For j = cont To 10 Step -1
        Cells(j, "A").Select
        lcsX = Range("K3").Value
        lciX = Range("K5").Value
        If Cells(j, "A").Value > lcsX Then ' Comprobación del LCSx
            ActiveCell.EntireRow.Select
            Selection.Delete
            f = f + 1 ' Se incrementa en 1 el número de filas borradas
            cont = nfilas - f
' El nuevo nfilas será = a las filas iniciales, menos las borradas
            lcsX = Range("K3").Value
            lciX = Range("K5").Value
            j = cont + 1
' Se iguala al número de filas, para que vuelva a empezar desde abajo y se le
suma 1, para que el bucle calcule correctamente
            ElseIf Cells(j, "A").Value < lciX Then ' Comprobación del LCIX
                ActiveCell.EntireRow.Select
                Selection.Delete
                f = f + 1
' Se incrementa en 1 el número de filas borradas
                cont = nfilas - f
' El nuevo nfilas será = a las filas iniciales, menos las borradas
                lcsX = Range("K3").Value
                lciX = Range("K5").Value
                j = cont + 1
' Se iguala al número de filas, para que vuelva a empezar desde abajo y se le
suma 1, para que el bucle calcule correctamente
            End If
        Next j ' Final del bucle que comprueba el grafico X
    lcsR = Range("N3").Value
    lciR = Range("N5").Value
    i = cont + 1
ElseIf Cells(i, "B").Value < lciR Then ' Comprobación del LCIR
    ActiveCell.EntireRow.Select
    Selection.Delete
    f = f + 1 ' Se incrementa en 1 el número de filas borradas

```

```
cont = nfilas - f
' El nuevo nfilas será = a las filas iniciales, menos las borradas
lcsR = Range("N3").Value
lciR = Range("N5").Value
i = cont + 1
End If
Next i

'
End Sub
```

Tabla 15: Código VBA para botón Borrar Anómalos

Macro Resetear: Su función será la de reestablecer la cuadrícula como al principio, es decir, vacía y con el número de muestras y observaciones que el usuario haya introducido previamente. El deseo de resetear el documento, puede estar provocado porque el usuario ha cometido una serie de erratas al introducir los datos, y por ello le resulte más fácil, volver a introducir dichos datos de nuevo que modificarlos uno por uno. También por el simple hecho, de que una vez completado el análisis, el usuario quiere realizar uno nuevo.

Desde esta macro se llama a dos macros más de forma concurrente. Dichas macros son las siguientes:

- **SubMacro b_datos():** esta macro se encargará de borrar el contenido de la cuadrícula, es decir, de los datos introducidos por el usuario. De forma que las celdas estén en blanco como al principio.
- **SubMacro b_contenido():** en cambio esta macro, su función será eliminar la columna de la cuadrícula, donde se genera el número de muestras (columna C de Excel). Y a su vez, volverlo a restaurar al mismo tiempo, es decir, primero se eliminan y luego se restauran todo en la misma macro, de forma que para el usuario es un proceso imperceptible. Esto se hace ya que cuando se borra algún punto anómalo se elimina directamente la fila de Excel que lo contiene. Por lo que cuando un usuario pulsa el botón de resetear, lo que pretende es obtener la plantilla vacía, igual que al principio. Pero si se han eliminado alguna de las filas, debido al borrado de los puntos anómalos se quedarían ciertos huecos en la cuadrícula, por ello el funcionamiento de la macro, debe ser el de borrar el contenido y acto seguido restaurarlo.

```
Sub resetear()
'
' resetear Macro
'
Call b_datos
Call b_contenido
End Sub
```

Tabla 16: Macro resetear

```
Sub b_contenido()
'
' b_contenido Macro
'
Range("C10").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.ClearContents
Range("C10").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=Hoja1!R[-8]C[-2]"
Range("C11").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=Hoja1!R[-8]C[-2]"
Range("C10:C11").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("C10:C108"), Type:=xlFillDefault
Range("C10:C108").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-108
Range("C10").Select
End Sub
```

Tabla 17: Macro b_contenido()

```
Sub b_datos()
'
' b_datos Macro
'
Range("E1:E5").Select
Selection.ClearContents
Range("A10:B10").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.ClearContents
Range("D10").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.ClearContents
Range("A1").Select
End Sub
```

Tabla 18: Macro b_datos()

3.3.3 Vista Gráficos

En esta vista se muestran los gráficos de control X' y R, que son la representación de los cálculos obtenidos en la vista Datos. Al igual que la vista Datos, dispone de un panel superior, pero solamente dispone de dos botones, que permiten al usuario desplazarse a las hojas Inicio y Datos, para que de esta forma puedan comprobar los datos, mientras los visualizan gráficamente. Las macros asignadas a dichos botones, son las creadas previamente: macro Inicio() y macro Datos(), ya que su funcionalidad es la misma, se pueden reaprovechar.

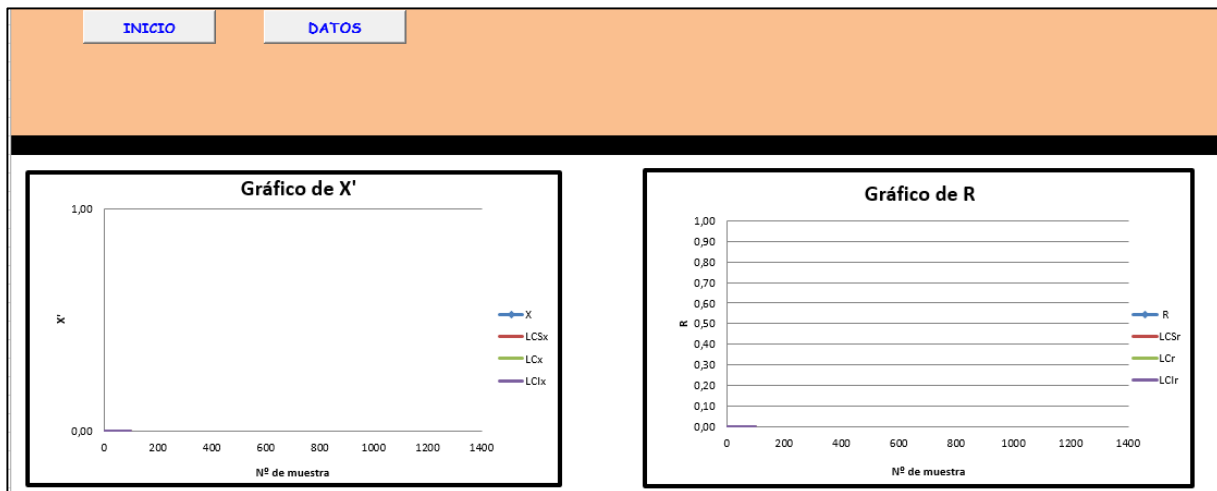


Ilustración 36: Vista Gráficos para X'-R

En el resto de libros de Excel, que se explicarán en los próximos apartados, el proceso para dibujar los gráficos es el mismo, seleccionando los datos que per toquen en cada caso.

Como se ha explicado anteriormente, cada punto que este contenido fuera de dichos límites, representará una anomalía. Para que sea más fácil detectar los puntos anómalos, cada límite está representado de un color, como se indica en la leyenda de cada gráfico. Además, como se ha explicado en la macro Generar Datos, el usuario introducirá las unidades con las que desea trabajar. Por último, se decidió incluir la funcionalidad de mostrar en la vista Gráficos, los puntos anómalos eliminados, después de pulsar el botón “borrar anómalos”. En la siguiente ilustración, se muestra el resultado final de la vista.

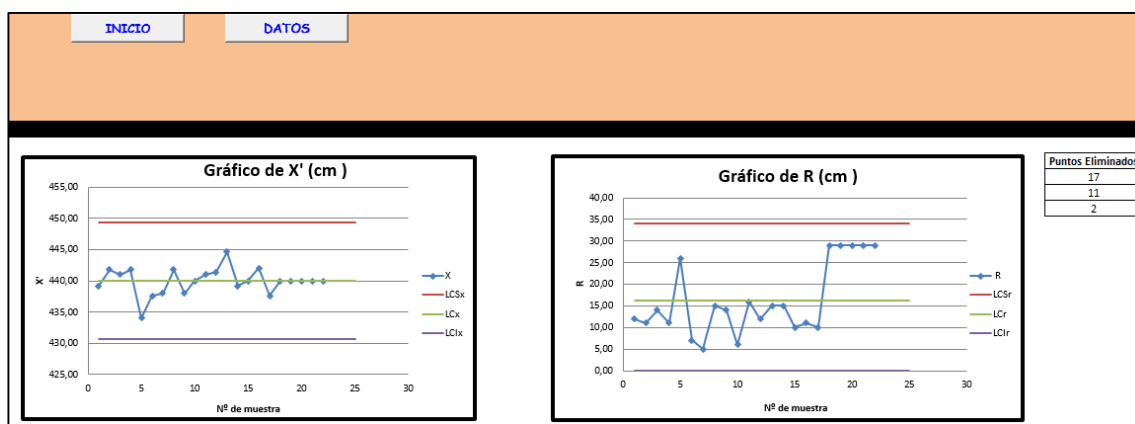


Ilustración 37: Vista Gráficos para X' -R sin anómalos

3.3.4 Vista Tabla

En la vista Tabla, se muestra la tabla que se va a utilizar para obtener los coeficientes, que a su vez, se utilizarán en los cálculos, el uso de dicha tabla se ha explicado anteriormente en el apartado de metodologías y técnicas. Se encuentra disponible en el Anexo G.

3.3.5 Vista Límites

En la vista Límites, se realizarán los cálculos pertinentes para obtener cada uno de los límites de control, utilizando las fórmulas matemáticas previamente explicadas. Dichos límites de control representados gráficamente, son líneas rectas, que simbolizan a partir desde que punto las muestras estarán fuera de control. La mejor manera de obtener estas rectas gráficas, que servirán como

fronteras, es copiar los resultados obtenidos, en el cálculo de los límites, tantas veces como número de muestras haya.

LCSx	LCx	LCIx	LCSr	LCr	LCIr			Nmuestra	LCSx	LCx	LCIx	LCSr	LCr	LCIr
453,74652	441,768	429,78948	43,88664	20,76	0			1	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								2	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								3	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								4	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								5	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								6	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								7	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								8	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								9	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								10	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								11	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								12	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								13	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								14	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								15	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								16	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								17	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								18	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								19	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								20	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								21	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								22	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								23	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								24	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000
								25	453,747	441,768	429,789	43,887	20,760	0,000

Ilustración 38: Vista Límites para X'-R

3.3.6 Vista Cálculos

En esta hoja se genera la matriz del número de muestras seleccionado por el usuario. Es decir, se realiza una lista de los n números, correspondientes al número de muestra que el usuario habrá seleccionado, en la vista Inicio. Dicha lista generada, servirá para volcar los valores de cada una de sus celdas, en la vista Datos, en su lugar correspondiente dentro de la cuadrícula. De esta manera, se evita que se tengan que estar calculando continuamente, el número de muestras a generar en la vista Datos, sino que simplemente se copia el contenido previamente calculado en la hoja Cálculos. A continuación, se adjunta una ilustración de la Cálculos, tomando como ejemplo 25 muestras.

NM
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

Ilustración 39: Vista Cálculos para X'-R

Además, también se obtienen los puntos anómalos eliminados de la vista Datos. Y posteriormente se muestran en la vista Gráficos, para que de esta forma el usuario, pueda comprobar cuáles son los puntos que efectivamente se ha eliminado de los gráficos, por ser anomalías. Dicha información, se obtiene a raíz de la comparación entre; el rango de muestras generado en la vista Hoja1 y el rango de muestras de la vista Datos. Ya que en la vista Datos, es donde se eliminarán las filas que contengan los puntos anómalos, por lo que si se compara con el rango de muestras inicial (vista Hoja1) se puede deducir que puntos se han eliminado. Para ello, se ha desarrollado la siguiente fórmula.

Obtener puntos anómalos eliminados
<code>=SI(CONTAR.SI(DATOS!\$C\$10:\$C\$38;Hoja1!A2)=0;Hoja1!A2;"")</code>

Tabla 19: Obtener anómalos eliminados

Por último, esta vista también contiene información relacionada con los títulos de los gráficos. Ya que en ellos, no solamente aparece el título sino también las unidades con las que se está trabajando, y que habrán sido introducidas por el usuario a la hora de generar datos, como se explica en la vista Datos. Las unidades con las que se vaya a trabajar, se almacenan en la vista Datos, pero desde la vista Hoja1 se concatena el título de cada uno de los gráficos y las unidades, posteriormente se le

asigna al título de cada gráfico. Para ello, se ha utilizado la función predefinida de Excel: =CONCATENAR().

Obtener títulos de los gráficos
=CONCATENAR("Gráfico de X' (" ;DATOS!B5;")")

Tabla 20: Obtener títulos de los gráficos

3.3.7 Manual

Tras explicar cómo se han desarrollado cada una de las vistas, cuál es su funcionamiento y como debe de interactuar el usuario con cada una de ellas, para poder obtener los límites de control; se ha decidido resumir todo este proceso, de forma más gráfica, realizando un esquema explicativo que se adjunta en la siguiente ilustración.

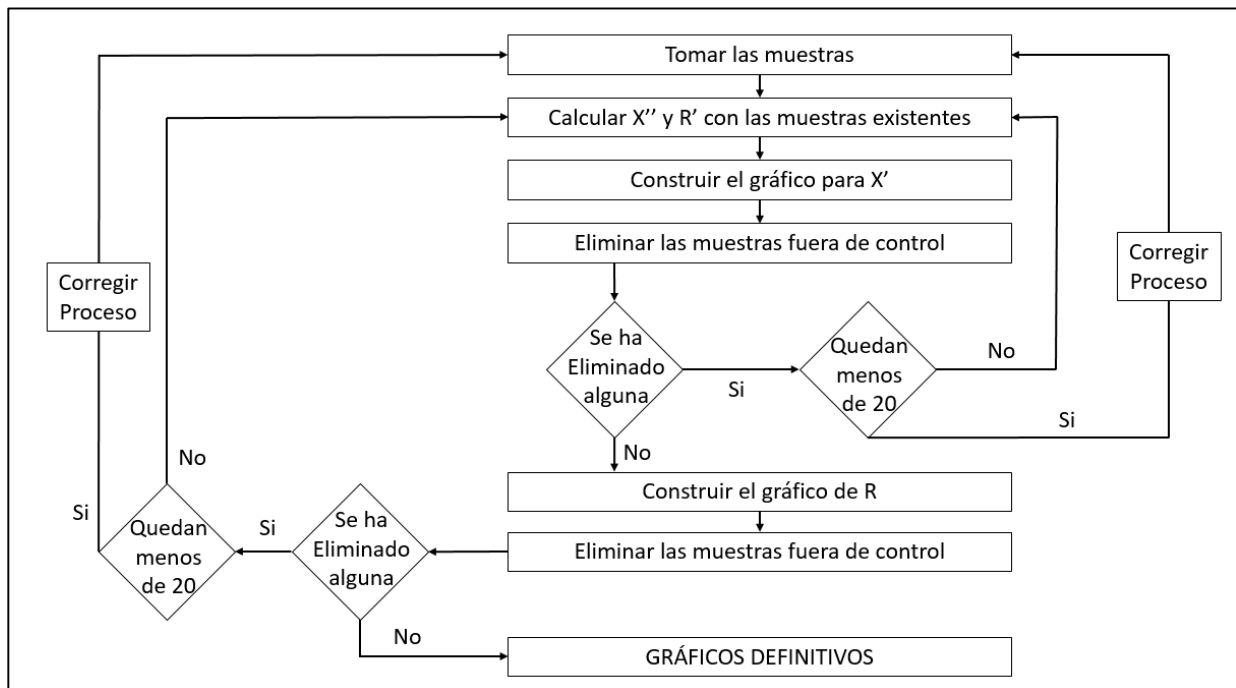


Ilustración 40: Manual para X'-R [7]

3.4 Gráficos de control por variables: Libro de gráficos X'-S

La herramienta estadística “Gráficos de control X'-S” servirá para obtener los límites de control que posteriormente el usuario utilizará para analizar la producción de su empresa. Como se ha explicado en el apartado de Metodologías y Técnicas, utilizaremos esta técnica para un tamaño de subgrupos que sea igual a diez o superior.

La estructura que se ha seguido para el desarrollo de los gráficos de control X'-S, es exactamente la misma que la de los gráficos de control X'-R, por lo que como se ha explicado anteriormente, en este apartado se omitirá dicha información y solamente se explicarán los cambio significativos.

Mediante el uso de los gráficos de control X'-S se obtendrán dos gráficas; la primera de ellas, representa las medias de los subgrupos de las muestras, es la misma que se utilizaban en los gráficos de control X'-R. En cambio, en la segunda gráfica se representa las variaciones de las desviaciones típicas; estos conceptos están definidos en el apartado de Metodologías y Técnicas. A continuación, se explicará cómo se obtienen dichas gráficas.

Cuando el usuario, haya introducido los datos en la vista Datos, deberá de pulsar el botón “Generar Datos”, de ese modo la macro *generar_datos* se ejecutará y automáticamente se calcularán las operaciones necesarias.

```
Sub g_datos ()
'
' g_datos Macro
'
'
'
    Dim myValue As Variant

    myValue = InputBox("Introduce las unidades de trabajo: ")
    If myValue = "" Then
        Exit Sub
    End If
    Range("B5").Value = myValue

    Range("A10").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IF(RC[2]<=R4C2,AVERAGE(RC[3]:RC[52])," & """" & """)"
    Range("B10").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IF(RC[1]<=R4C2,STDEV.S(RC[2]:RC[51])," & """" & """)"
    Range("B10:C10").Select
    ActiveWindow.ScrollColumn = 1
    Range("A10:B10").Select
    Selection.AutoFill Destination:=Range("A10:B109"), Type:=xlFillDefault
    Range("A10:B109").Select
    ActiveWindow.SmallScroll Down:=-93
    Range("E3").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=AVERAGE(R[7]C[-4]:R[105]C[-4])"
    Range("E4").Select
End Sub
```



```
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-9
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=AVERAGE(R[6]C[-3]:R[104]C[-3])"
Range("E5").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-9
Range("A1").Select
End Sub
```

Tabla 21: Código VBA para botón Calcular Límites para X'-S

La fórmula que se utiliza para calcular la desviación típica de las muestras, es una fórmula predefinida por Excel, denominada: =DESVEST.M()(ver Tabla 22: Obtener desviación típica). A la cual se le pasa el rango de muestras del cual se tiene que calcular la desviación, aquí se adjunta un ejemplo realizado con los datos del Anexo B (Ilustración 41).

Obtener la desviación típica
=SI(C10<=\$B\$4;DESVEST.M(D10:BA10);"")

Tabla 22: Obtener desviación típica

INICIO		CALCULAR LÍMITES		GRÁFICOS		BORRAR ANÓMALOS		RESETEAR	
Nºobs	12	X"	10,768	A3	0,886	LCSx	11,028	LCs	0,484
Nºmuestras	25	S'	0,294	B3	0,354	LCx	10,768	LCs	0,294
Unidades	cm			B4	1,646	LCix	10,507	LCis	0,104

X'	S	Nº Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10,417	0,170	1	10,500	10,200	10,300	10,500	10,700	10,100	10,300	10,500	10,400	10,400	10,500	10,600
10,458	0,202	2	10,200	10,600	10,700	10,600	10,400	10,500	10,700	10,600	10,100	10,500	10,200	10,400
11,025	0,214	3	11,000	11,100	10,800	11,100	11,300	10,500	11,200	11,100	10,900	11,000	11,100	11,200
11,125	0,196	4	11,200	10,900	11,200	11,000	11,500	11,000	11,000	11,000	11,100	10,900	11,300	11,400
10,992	0,406	5	11,200	11,000	11,200	10,400	11,500	11,000	11,100	10,400	11,100	10,300	11,300	11,400
10,800	0,354	6	10,400	11,300	11,000	11,000	10,600	10,800	11,400	11,000	10,300	10,800	10,400	10,600
10,858	0,624	7	11,400	11,000	10,300	10,200	11,600	10,100	11,100	10,200	11,300	10,100	11,400	11,600
10,283	0,262	8	10,200	10,400	10,800	10,000	10,400	10,500	10,500	10,000	10,100	9,900	10,200	10,400
11,267	0,137	9	11,200	11,300	11,200	11,300	11,500	11,000	11,400	11,300	11,100	11,200	11,300	11,400
11,100	0,222	10	11,100	10,800	11,000	11,300	11,400	10,700	10,900	11,300	11,000	11,200	11,200	11,300
10,458	0,207	11	10,400	10,600	10,200	10,600	10,600	10,000	10,700	10,600	10,300	10,500	10,400	10,600
10,475	0,352	12	10,400	11,100	10,400	10,200	10,600	10,200	11,200	10,200	10,300	10,100	10,400	10,600
10,733	0,274	13	10,900	10,900	10,700	10,400	11,100	10,500	11,000	10,400	10,700	10,300	10,900	11,000
10,633	0,350	14	10,400	11,200	11,000	10,400	10,600	10,700	11,300	10,400	10,300	10,300	10,400	10,600
10,475	0,553	15	10,300	10,600	9,600	11,200	10,500	9,500	10,700	11,200	10,200	11,100	10,300	10,500
10,650	0,385	16	10,700	10,800	11,200	10,100	10,900	11,000	10,900	10,100	10,600	10,000	10,700	10,800
10,650	0,157	17	10,600	10,400	11,000	10,700	10,800	10,700	10,500	10,700	10,500	10,600	10,600	10,700
10,633	0,242	18	10,700	10,900	10,400	10,500	10,900	10,200	11,000	10,500	10,600	10,400	10,700	10,800

Ilustración 41: Vista Datos para X'-S

A la hora de dibujar los gráficos en la vista Gráficos, el eje Y cambia con respecto al libro X'-R, y es que ahora habrá que seleccionar la columna de la desviación típica (s) para formar el eje Y, del gráfico S.

El paso siguiente al igual que en los Gráficos X'-R, es comprobar si existen puntos anómalos, para ello el usuario deberá de ir a la vista Gráficos. En el caso de que haya una anomalía, tras pulsar el

botón de “BORRAR ANÓMALOS”, la macro *borrar_f* será la encargada de eliminar dichas filas, recalculer los datos y obtener unos gráficos sin ninguna anomalía. El resultado final se adjunta en la siguiente ilustración.

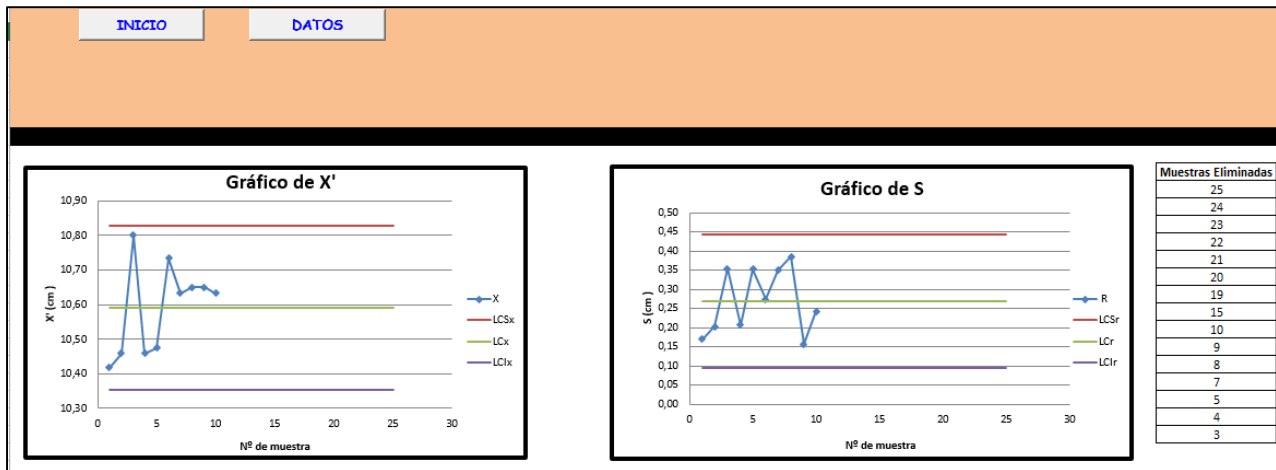


Ilustración 42: Vista Gráficos para X'-S

En la siguiente ilustración, se adjunta un esquema explicativo, de los pasos que el usuario seguirá para obtener los límites de control.

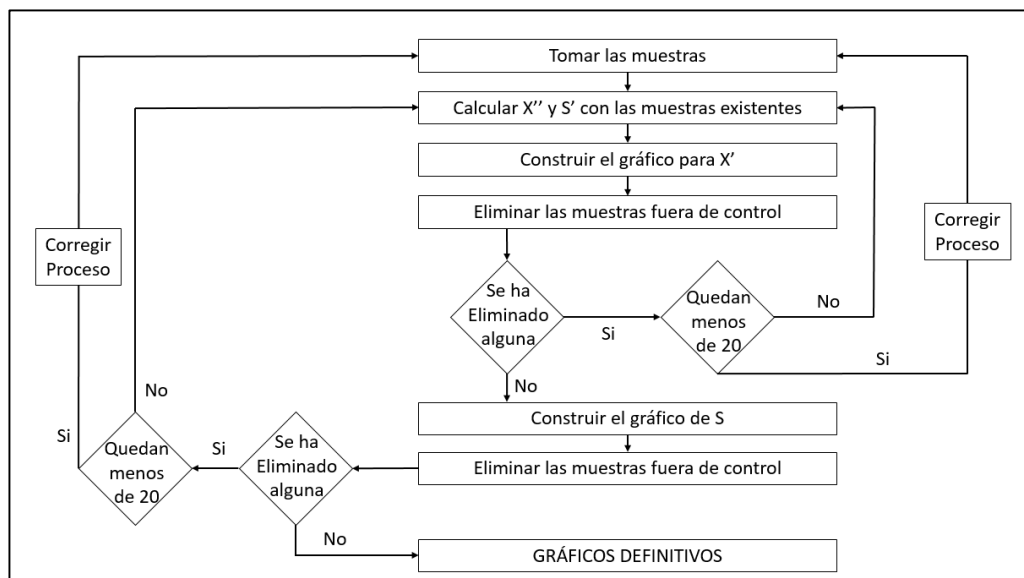


Ilustración 43: Manual para X'-S [7]

3.5 Gráficos de control por atributos: Libro de gráficos NP

La herramienta estadística “Gráficos de control NP” servirá para obtener los límites de control que posteriormente el usuario utilizará para analizar la producción de su empresa. Como se ha explicado en el apartado de Metodologías y Técnicas, utilizaremos esta técnica para un tamaño de subgrupos que no sea susceptible de una medida numérica.

La estructura que se ha seguido durante el desarrollo de este nuevo documento, es la misma que la de todos los libros pertenecientes a los gráficos de control, ya sean por variables o por atributos.

Se han realizado cambios, en la vista Inicio, ya que no se deben de introducir el nº de observaciones, sino el número de unidades verificadas, por lo que el resultado es el que se muestra en la siguiente ilustración.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

ESTANDARIZACIÓN DE HOJAS DE CONTROL DE CALIDAD EN EXCEL

Unidades Verificadas (n)

Nº Muestras

DATOS

Ilustración 44: Vista Inicio para NP

En este gráfico, el número de unidades verificadas (n) se mantiene constante, por lo que dicho valor se deberá de introducir en el panel superior de la vista Datos, junto a las demás constantes.

También se ha modificado la vista Datos, ya que ahora el usuario solamente deberá de introducir en la siguiente cuadrícula, las unidades defectuosas (np).

INICIO		CALCULAR LÍMITES		GRÁFICOS		BORRAR ANÓMALOS		RESETEAR	
Unidades Verificadas (n)	50	n'	50,000	LCS	15,272				
Nºmuestras	25	np'	3,640	LC	7,640				
Unidades de medida	cm			LCI	0,000				
Nº Muestra	Unidades Defectuosas (np)								
1	3,000								
2	8,000								
3	3,000								
4	5,000								
5	4,000								
6	10,000								
7	10,000								
8	9,000								
9	4,000								
10	6,000								
11	9,000								
12	8,000								
13	12,000								
14	6,000								
15	8,000								
16	8,000								
17	10,000								
18	17,000								
19	6,000								

Ilustración 45: Vista Datos para NP

Para realizar estos cálculos de ejemplo, se han utilizado los datos adjuntos en el Anexo C.

Tras introducir las unidades defectuosas para cada muestra, el siguiente paso que debe de realizar el usuario, será calcular las constantes que se utilizarán para calcular los límites de control; es decir, el promedio de las unidades verificadas y las unidades defectuosas. Para ello, deberá de pulsar el botón “CALCULAR LÍMITES”, que a su vez ejecutará la macro *calcular* y obteniendo así dichas constantes, y los límites de control, todo ello se introducirá en el panel superior, como se muestra en la ilustración superior.

En cuanto a los límites de control, en el apartado de Metodologías y Técnicas, se explica porque se utilizan las siguientes fórmulas para obtener los límites.

- **LCS:** $LCS = np' + 3\sqrt{np'(1 - \frac{np'}{n'})}$, representa el valor máximo de fallos esperados en una producción normal.
- **LC:** $LC = np'$, será igual al promedio de las unidades defectuosas.
- **LCI:** $LCI = 0$, el límite inferior será igual a 0, ya que no tiene lógica que haya menos unidades defectuosas que 0.

El funcionamiento del libro de Excel, es el mismo que en el resto, es decir; el usuario deberá de comprobar si existen puntos anómalos, en los gráficos y en tal caso pulsar el botón de “BORRAR ANÓMALOS”, cuyo funcionamiento se ha explicado en apartados anteriores. De forma que se obtendrán unos gráficos sin ninguna anomalía, por lo que se podrán utilizar sus límites de control para los libros de control de producción.

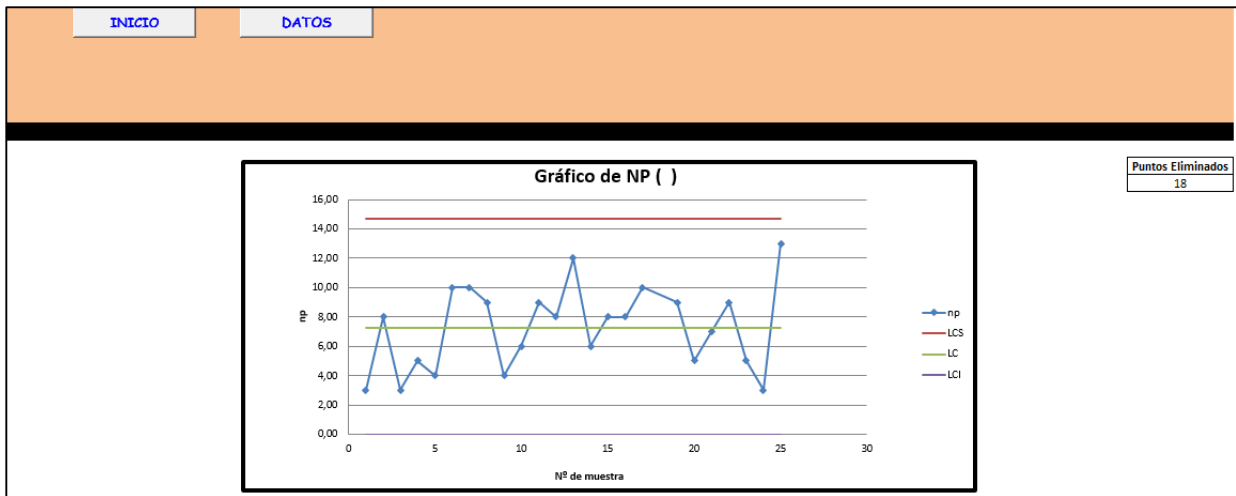


Ilustración 46: Vista Gráficos para NP

Los pasos que debe de seguir el usuario, para poder obtener los límites de control, se resumen en el esquema ilustrativo de la ilustración 47.

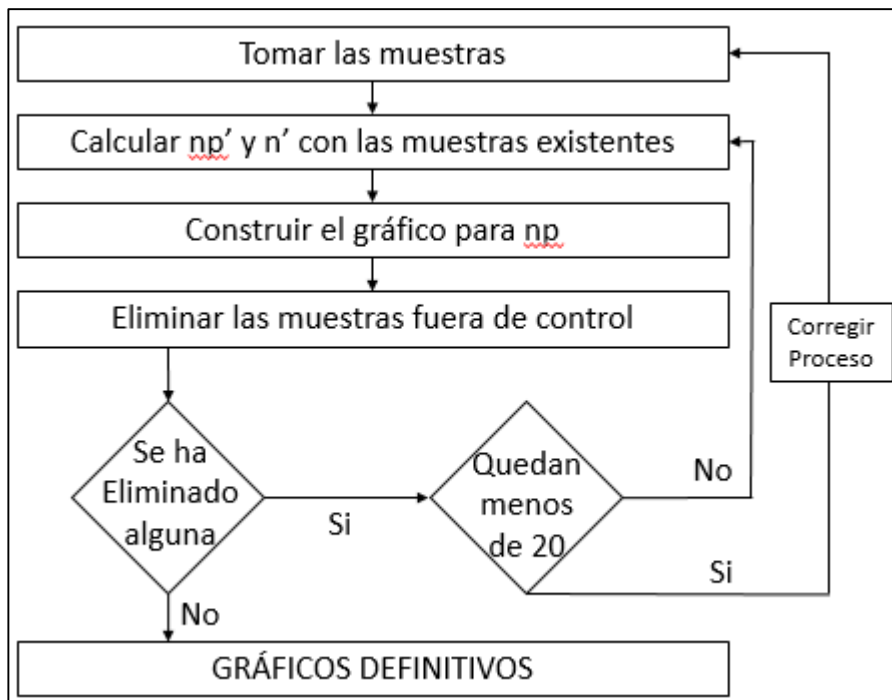


Ilustración 47: Manual para NP [7]

3.6 Gráficos de control por atributos: Libro de gráficos P

La herramienta estadística “Gráficos de control P” servirá para obtener los límites de control que posteriormente el usuario utilizará para analizar la producción de su empresa. Se utilizará esta técnica para un tamaño de subgrupos que no sea susceptible de una medida numérica y que además el número de unidades verificadas no sea constante.

La estructura que se ha seguido para el desarrollo de este nuevo libro, es muy similar a la del libro de cálculo perteneciente a los Gráficos de control por atributos NP. Por ello, a continuación se comentarán los cambios más relevantes que se han llevado a cabo.

Para empezar, en la vista Inicio, solamente se deberá de conservar el desplegable del número de muestras.



Ilustración 48: Vista Inicio para P

En este libro, el usuario deberá de introducir en la vista Datos, tanto las unidades verificadas, ya que no son constantes y por lo tanto, pueden variar para cada muestra, además de las unidades defectuosas existentes. Y se pretende obtener la columna “P”, que es el tanto por uno de unidades defectuosas. Para obtener dicho calculo, simplemente habrá que dividir las unidades defectuosas, entre las unidades verificadas. De ello se encargará la macro asociada al botón “CALCULAR”, además de obtener el promedio de unidades verificadas y el de unidades defectuosas, al igual que los límites de control.

INICIO		CALCULAR		GRÁFICOS		BORRAR ANÓMALOS		RESETEAR	
Nºmuestras	25	n'	116,304	LCS	0,229				
Unidades de medida	kg	p'	0,134	LC	0,134				
				LCI	0,000				

Nº Muestra	Unidades Verificadas (n)	Unidades Defectuosas	Tanto por uno U.Def=P																
1	100,000	6,000	0,060																
2	50,000	8,000	0,160																
3	75,000	5,000	0,067																
4	50,000	5,000	0,100																
5	200,000	16,000	0,080																
6	100,000	20,000	0,200																
7	50,000	10,000	0,200																
8	50,000	9,000	0,180																
9	75,000	6,000	0,080																
10	150,000	18,000	0,120																
11	100,000	18,000	0,180																
12	50,000	8,000	0,160																
14	50,000	6,000	0,120																
15	200,000	24,000	0,120																
16	50,000	8,000	0,160																
17	100,000	20,000	0,200																
19	150,000	27,000	0,180																
20	50,000	5,000	0,100																
21	75,000	9,000	0,120																
22	400,000	72,000	0,180																
23	200,000	20,000	0,100																
24	50,000	3,000	0,060																

Ilustración 49: Vista Datos para P

Para obtener los límites de control se han utilizado las siguientes fórmulas, que se explican en el apartado de Metodologías y Técnicas.

- **LCS:** $LCS = p' + 3\sqrt{\frac{p'(1-p')}{n'}}$, representa el valor máximo de fallos esperados en una producción normal.
- **LC:** $LC = p'$, será igual al promedio del tanto por uno de unidades defectuosas.
- **LCI:** $LCI = 0$, el límite inferior será igual a 0, ya que no tiene lógica que haya menos unidades defectuosas que 0.

Al igual que en el resto de libros explicados anteriormente, el usuario deberá de comprobar que no existan puntos anómalos en la vista Gráficos, tras calcular los datos y los límites. En tal caso, se deberán de eliminar utilizando para ello, el botón “BORRAR ANÓMALOS”, que como se ha explicado en los otros libros de cálculo, obtendrá unos gráficos sin ninguna anomalía, utilizando la macro pertinente para ello.

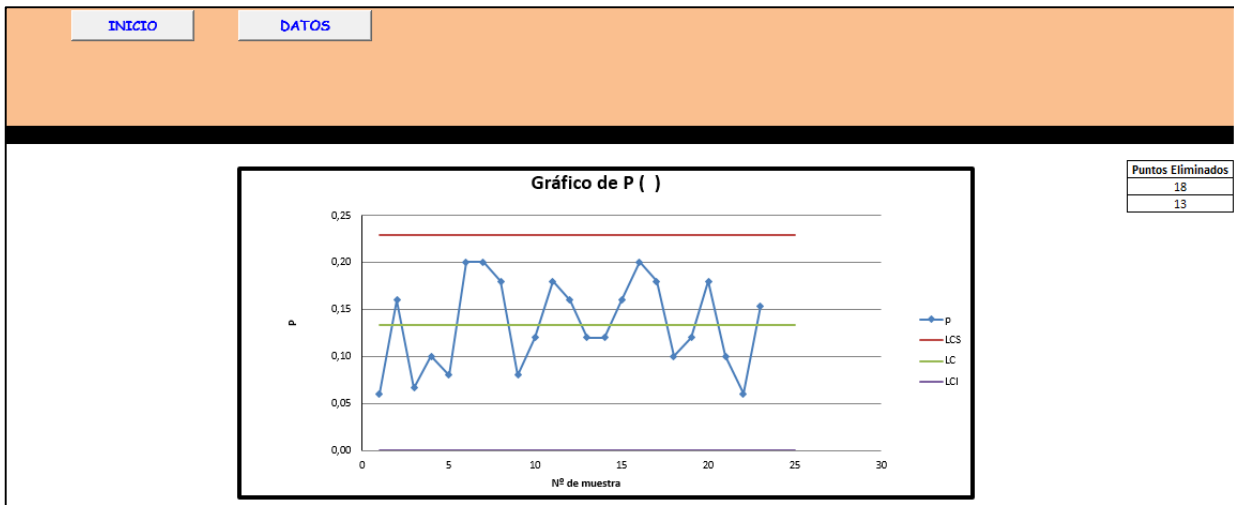


Ilustración 50: Vista Gráficos para P

Los datos de ejemplo que se han utilizado para realizar los cálculos y obtener las ilustraciones, se encuentran adjuntos en el Anexo D.

Para finalizar con la carta de control P, en la siguiente ilustración, se adjunta un nuevo esquema explicativo, de los pasos que debe de seguir el usuario para obtener los límites de control.

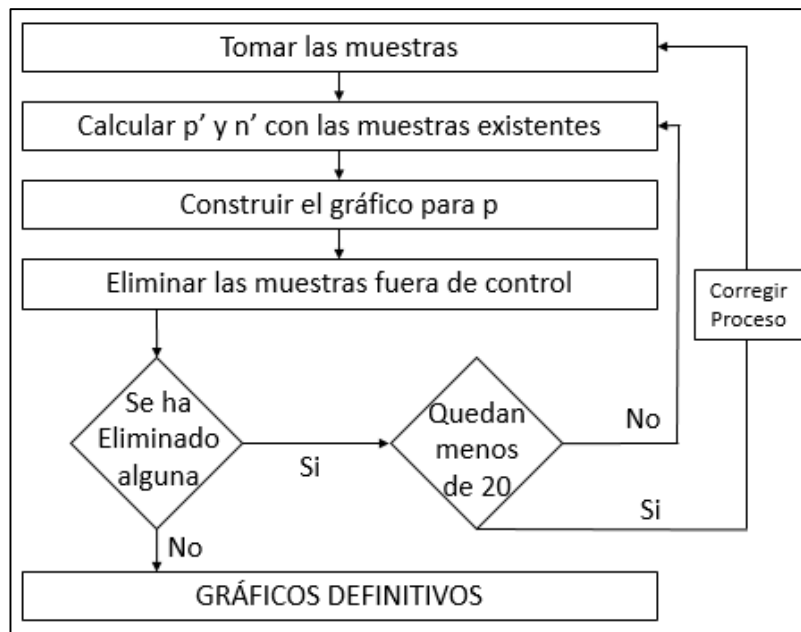


Ilustración 51: Manual para P [7]

3.7 Gráficos de control por atributos: Libro de gráficos C

En este nuevo libro de Excel, se van a obtener los límites de control, para posteriormente utilizarlos en el control de producción, para ello se va a utilizar la herramienta estadística “Gráficos de control C”. En el apartado de Metodologías y Técnicas, se explica en qué casos se deberá de utilizar esta herramienta.

La estructura que sigue este libro, es la misma que la del resto, por ello se omitirán todas aquellas partes que sean iguales y solamente se explicarán los cambios más significativos por cada una de las vistas del documento.

En la vista Inicio se ha tenido que incluir un desplegable nuevo, para que el usuario pueda seleccionar el número de unidades verificadas (n) con las que va a trabajar, estas serán constantes por lo que dicho parámetro se introducirá en el panel superior de la vista Datos. Además en la vista Inicio, también se deberán de seleccionar tanto el número de deméritos que se va a analizar como el número de muestras.



Ilustración 52: Vista Inicio para C

En la vista Datos, el usuario introducirá el número de deméritos para cada muestra, cuando finalice este proceso deberá de pulsar el botón calcular; el cual ejecutará la macro `calcular()` encargada de obtener en el número total de deméritos y los límites de control. Acto seguido se muestra una ilustración con los resultados mencionados.

INICIO		CALCULAR		GRÁFICOS		BORRAR ANÓMALOS		RESETEAR	
Nºdeméritos	2	c'	13,731	LCS	24,847				
Nºmuestras	25			LC	13,731				
Unidades Verificadas (n)	200			LCI	0,000				
Unidades de medida									

Nº Muestra	Total Deméritos = c	1	2										
1	18,000	5,000	13,000										
2	13,000	3,000	10,000										
3	13,000	4,000	9,000										
4	15,000	4,000	11,000										
5	12,000	6,000	6,000										
6	17,000	5,000	12,000										
7	14,000	2,000	12,000										
8	10,000	5,000	5,000										
9	23,000	6,000	17,000										
10	16,000	4,000	12,000										
11	15,000	0,000	15,000										
12	12,000	5,000	7,000										
13	14,000	8,000	6,000										
14	12,000	2,000	10,000										
15	9,000	5,000	4,000										
16	11,000	4,000	7,000										
17	12,000	6,000	6,000										
18	13,000	5,000	8,000										

Ilustración 53: Vista Datos para C

A continuación, se adjuntan las fórmulas correspondientes a los límites de control que se han utilizado. En el apartado de Metodología y Técnicas, se explica detalladamente porque se utilizan dichas fórmulas.

- **LCS:** $LCS = c' + 3\sqrt{c'}$ representa el valor máximo de fallos esperados en una producción normal.
- **LC:** $LC = c'$, será igual al promedio del total de deméritos por cada muestra.
- **LCI:** $LCI = 0$, el límite inferior será igual a 0, ya que no tiene lógica que haya menos unidades defectuosas que 0.

Después de realizar los cálculos, el siguiente paso que debe de seguir el usuario es comprobar que los gráficos se hayan creado correctamente y que no existan anomalías, en el caso de que las haya, el proceso a seguir es el mismo que en el resto de libros mencionados anteriormente; desde la vista Datos, utilizando el botón de “BORRAR ANÓMALOS”, que obtendrá unos gráficos nuevos, sin ningún punto fuera de los límites calculados. En la siguiente ilustración se puede observar el resultado final, tras borrar los puntos anómalos.

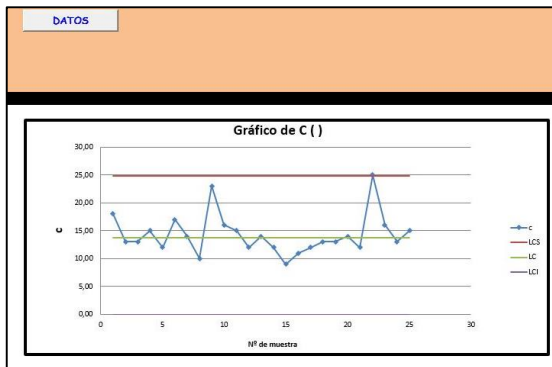


Ilustración 54: Vista Gráficos para C

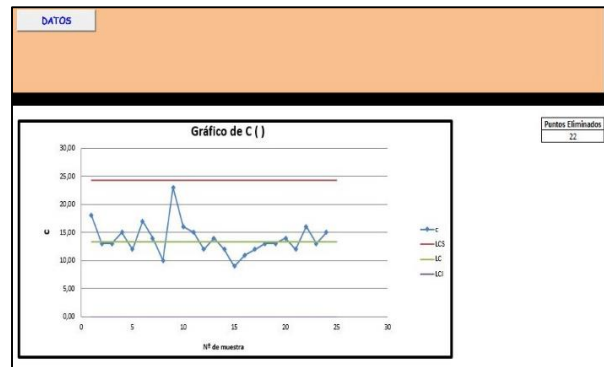


Ilustración 55: Vista Gráficos para C sin anomalos

Los datos de ejemplo que se han utilizado para realizar los cálculos y obtener las ilustraciones, se encuentran adjuntos en el Anexo E.

Para aclarar cuales son los pasos a seguir en la obtención de los límites de control, se ha adjuntado la siguiente ilustración, que representa un esquema explicativo, del proceso de obtención de los límites de control para la carta de control C.

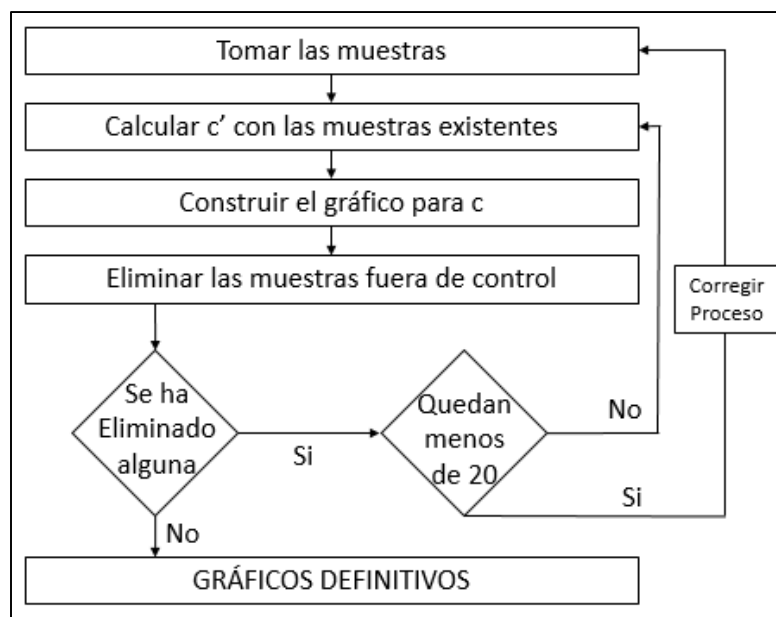


Ilustración 56: Manual para C [7]

3.8 Gráficos de control por atributos: Libro de gráficos U

Se ha desarrollado un nuevo libro de Excel, en el que se utilizarán los gráficos de control por atributos U, como herramienta para obtener los límites que posteriormente se cogerán para analizar la producción.

Para su desarrollo se ha utilizado la misma estructura que en el resto de libros, pero realizando una serie de cambios que a continuación se analizarán.

En la vista Inicio, el usuario deberá de introducir tanto el número de deméritos que habrá por muestra, como el número total de muestras.



Ilustración 57: Vista Inicio para U

En cuanto a la vista Datos, se incluyen nuevos campos con respecto al libro de Excel anterior; como son el número de unidades verificadas (n), el cual no es constante, por ello el usuario deberá de introducirlo para cada muestra, además se incluye el tanto por uno de deméritos, cuyo valor se obtiene al dividir el número total de deméritos entre las unidades verificadas.

El funcionamiento a seguir por el usuario es el siguiente; primero deberá de introducir el número de deméritos por muestra correspondientes y el número de unidades verificadas. Acto seguido se debe de pulsar el botón de “CALCULAR”, el cual obtendrá el número total de deméritos y el tanto por uno de deméritos. Además, a su vez se calculan las constantes y los límites situados en el panel superior, como son el promedio del tanto por uno de deméritos (u') y el promedio de las unidades verificadas (n').

INICIO		CALCULAR		GRÁFICOS		BORRAR ANÓMALOS		RESETEAR	
Nºdeméritos	2	u'	0,063	LCS	0,104				
Nºmuestras	25	n'	322,000	LC	0,063				
Unidades de medida				LCI	0,000				

Nº Muestra	T.uno deméritos = u	Unidades Verificas (n)	Total Deméritos = c	1	2						
1	0,060	300,000	18,000	5,000	13,000						
2	0,065	200,000	13,000	3,000	10,000						
3	0,070	100,000	7,000	4,000	3,000						
4	0,053	400,000	21,000	4,000	17,000						
5	0,060	200,000	12,000	6,000	6,000						
6	0,110	200,000	22,000	7,000	15,000						
7	0,062	500,000	31,000	2,000	29,000						
8	0,050	100,000	5,000	5,000	0,000						
9	0,058	1000,000	58,000	6,000	52,000						
10	0,065	200,000	13,000	4,000	9,000						
11	0,064	500,000	32,000	0,000	32,000						
12	0,055	200,000	11,000	5,000	6,000						
13	0,070	100,000	7,000	4,000	3,000						
14	0,058	400,000	23,000	2,000	21,000						
15	0,063	800,000	50,000	5,000	45,000						
16	0,063	300,000	19,000	4,000	15,000						
17	0,050	100,000	5,000	2,000	3,000						
18	0,060	50,000	3,000	1,000	2,000						

Ilustración 58: Vista Datos para U

A continuación, se adjuntan las fórmulas correspondientes a los límites de control que se han utilizado. En el apartado de Metodología y Técnicas, se explica detalladamente porque se utilizan dichas fórmulas.

- **LCS:** $LCS = u' + 3\sqrt{\frac{u'}{n'}}$ representa el valor máximo de fallos esperados en una producción normal.
- **LC:** $LC = u'$, será igual al promedio del total de tanto por uno de deméritos por cada muestra.
- **LCI:** $LCI = 0$, el límite inferior será igual a 0, ya que no tiene lógica que haya menos unidades defectuosas que 0.

Una vez obtenidos calculados los límites se debe de comprobar que los gráficos no tengan ningún punto anómalo, en tal caso, utilizando el botón de la vista Datos, “BORRAR ANÓMALOS” se eliminarán dichos puntos y se obtendrán los gráficos definitivos. El resultado final se puede observar en las siguientes ilustraciones.

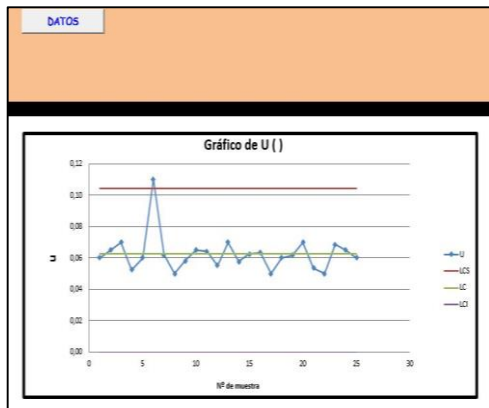


Ilustración 59: Vista Gráficos para U

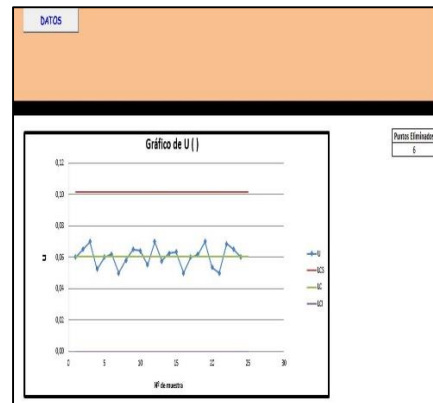


Ilustración 60: Vista Gráficos para U sin anomalías

Los datos de ejemplo que se han utilizado para realizar los cálculos y obtener las ilustraciones, se encuentran adjuntos en el Anexo F.

Al igual que en el resto de cartas de control, se adjunta el siguiente esquema, donde se explican cuáles son los pasos a seguir por el usuario para obtener los límites de control.

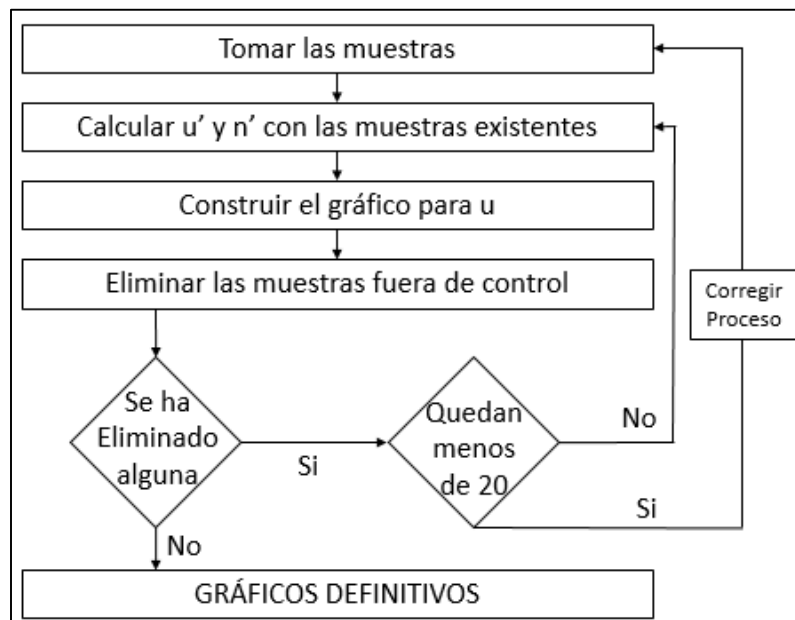


Ilustración 61: Manual para U [7]

3.9 Resumen

Las cartas de control sirven para obtener los límites de control, como se ha explicado en los apartados anteriores, pero es muy importante, que el usuario tenga claro, cuál de ellas debe de elegir para cada caso. Por ello, se ha resumido de forma gráfica y genérica, el proceso de obtención de los límites de control. Con esto, se entiende mejor cual es el flujo que sigue el proyecto, desde la obtención de los límites hasta el análisis de la producción, el cual se explica en los próximos apartados.

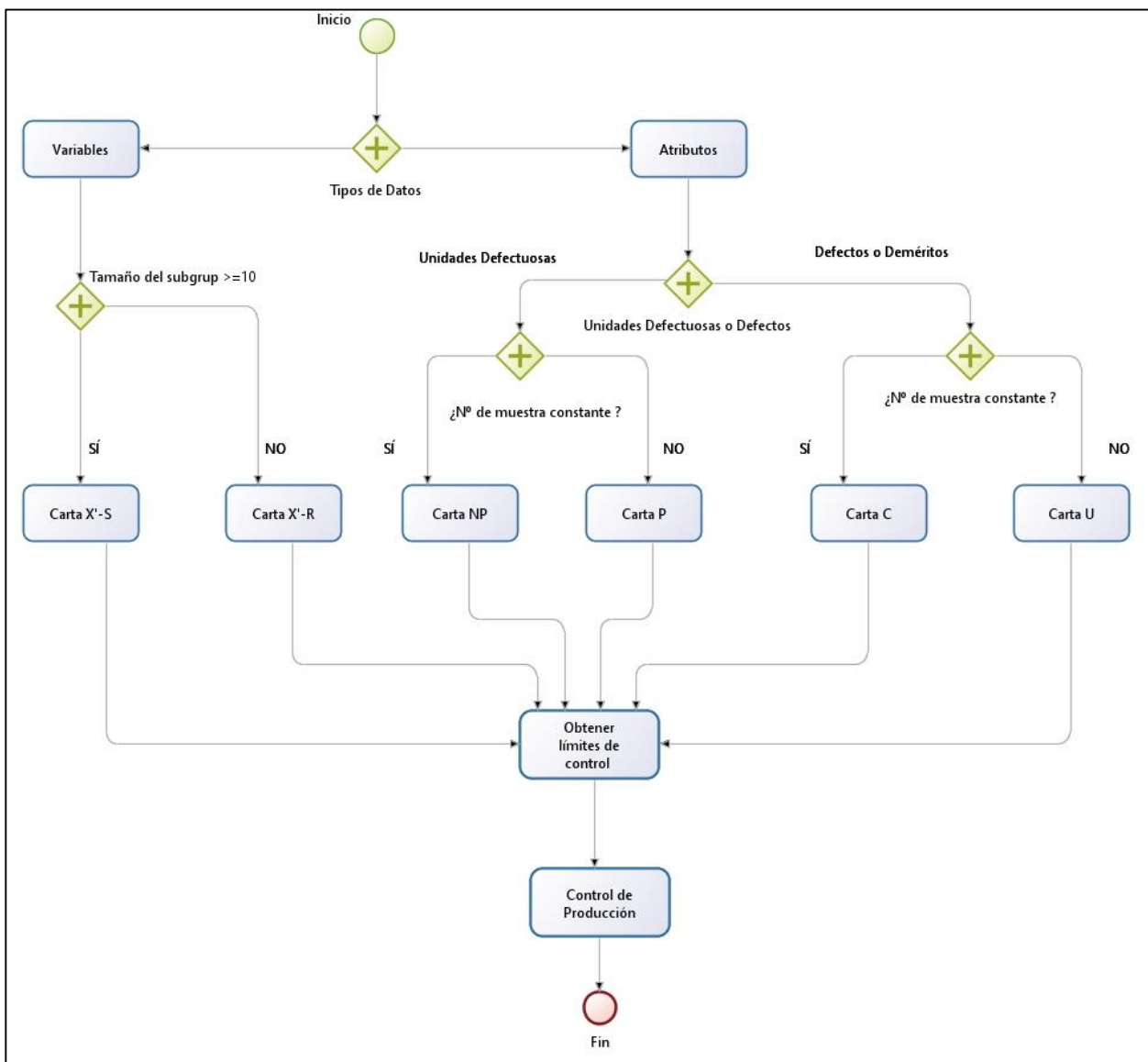


Ilustración 62: Flujograma de uso

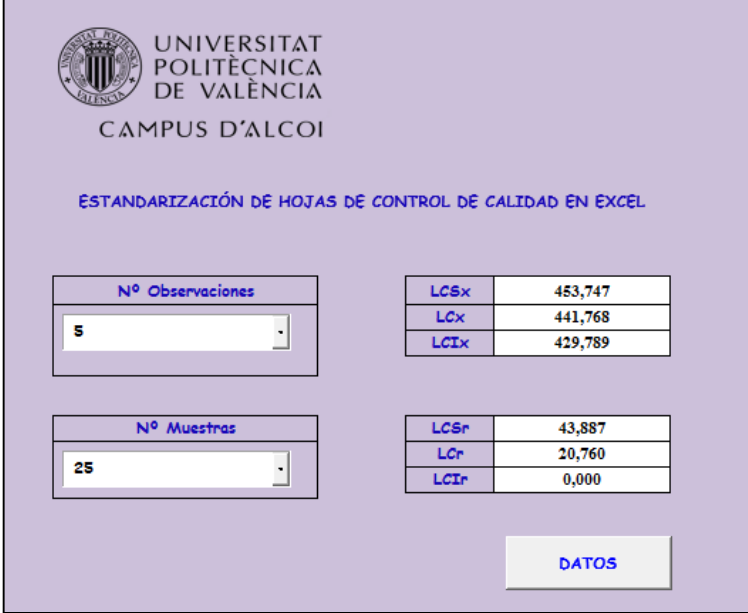
3.10 Control de producción para el gráfico X'-R

Una vez se hayan obtenido los límites de control, el usuario ya podrá analizar su producción usando dichos límites, para saber si está produciendo dentro de los rangos pertinentes. Para ello, se ha desarrollado una serie de nuevos libros de Excel, es decir, un nuevo libro por cada uno de los gráficos de control explicados anteriormente. En total 6 nuevos documentos, en los que cumplen la misma función y siguen la misma estructura de desarrollo, como a continuación se van a explicar.

Su apariencia es bastante similar a la del resto de libros, ya que se pretendía mantener el formato con el que se había estado trabajando hasta ahora. Se han cambiado los colores, con el fin de diferenciar con mayor facilidad los distintos documentos.

En cuanto a la estructura que sigue, cambia un poco con la de libros de gráficos de control, ya que en este documento, además de las seis hojas de cálculo ya existentes, se añade una vista más denominada Fallos, en los apartados posteriores se explicará cuál es su uso y desarrollo.

En la vista Inicio, se han añadido los campos para que el usuario introduzca los límites de control obtenidos en los documentos previos. Además de ampliar el rango de las listas desplegables, para que se puedan analizar hasta un máximo de 2000 muestras.



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

ESTANDARIZACIÓN DE HOJAS DE CONTROL DE CALIDAD EN EXCEL

Nº Observaciones	
5	

LCSx	453,747
LCx	441,768
LCIx	429,789

Nº Muestras	
25	

LCSr	43,887
LCr	20,760
LCIr	0,000

DATOS

Ilustración 63: Vista Inicio de c.p para X'-R

En cuanto a la vista Datos, el panel superior se ha reestructurado, ya que había elementos innecesarios para este libro de Excel. Como son las contantes que se utilizaban en cada caso, para calcular los límites de control. Por lo que respecta a la cuadrícula, donde el usuario introducía los datos, se mantiene igual, pero además se añaden dos columnas denominadas “FALLO X” y “FALLO R”, las cuales indicarán si existe alguna anomalía para cada muestra.

Para indicar que tipo de error hay en cada muestra, si es que lo hay, o simplemente para indicar que la muestra está correctamente se ha desarrollado la vista Fallos, que a su vez estará oculta para el usuario, para que no pueda modificar ningún campo. En este apartado, se pretende analizar cada punto del gráfico o cada grupo de puntos, según el error que se esté tratando, y posteriormente presentárselo al usuario, de esa forma se consigue una mayor información de la producción, que permitirá una mejora en la toma de decisiones.

Para empezar el desarrollo de la vista Fallos, primero se han definido los tipos de errores y se le ha asignado un nombre a cada uno de ellos, en este caso una letra, para que sea más intuitivo. Los tipos de errores existentes, se explican con detalle en el apartado de Metodologías y Técnicas. En las siguientes tablas se resumen los errores y su correspondiente nombre.

Fallos grafic X'	
Ok	correcto
A	punto anómalo
D	Dientes de sierra
R	Racha puntos
T	Tendencia
C	Cambio brusco

Tabla 23: Errores para X'

Fallos grafic R	
Ok	correcto
F	punto anómalo
G	Dientes de Sierra
H	Cambio brusco
J	Tendencia
X	Racha puntos

Tabla 24: Errores para R

Para obtener cada uno de los errores, se han definido unas fórmulas para cada uno de ellos, para ello se han utilizado algunas de las fórmulas predefinidas en Excel, como las funciones SI(), CONCATENAR(), Y(), O()... A continuación, se adjunta la fórmula final desarrollada para cada uno de los errores:

- **Punto anómalo:** $=SI(I2<>"";SI(O(J2<F\$2;J2>D\$2);VERDADERO;FALSO);"")$. Se compara cada una de las medias de cada muestra, tanto con el LCS como con el LCI, en el caso de que esté respectivamente por encima o por debajo de ellos (ver Ilustración 3).

- **Racha de puntos:**

$=SI(I8<>"";O(Y(J2>\$D\$2;J3>\$D\$2;J4>\$D\$2;J5>\$D\$2;J6>\$D\$2;J7>\$D\$2;J8>\$D\$2);Y(J2>\$F\$2;J3>\$F\$2;J4>\$F\$2;J5>\$F\$2;J6>\$F\$2;J7>\$F\$2;J8>\$F\$2));""$.

Se compara una serie de siete puntos, cada uno de ellos con la media. De forma que habrá dos casos, aquellos en los que los siete puntos sean superiores a la media y por lo tanto se encuentren en la parte superior y por otro lado los que sea menores que la media y se encuentren a la parte inferior (ver Ilustración 4).

- **Tendencia:**

$=SI(I8<>"";O(Y(J2>J3;J3>J4;J4>J5;J5>J6;J6>J7;J7>J8);Y(J2<J3;J3<J4;J4<J5;J5<J6;J6<J7;J7<J8));""$.

Se compara una serie de siete puntos, cada uno de ellos con el siguiente y así sucesivamente. (ver Ilustración 5).

Existen dos casos, la tendencia de puntos ascendente y la descendente.

- **Ascendente:** cada punto es menor que el siguiente
- **Descendente:** cada punto es mayor que el siguiente.

- **Dientes de sierra:**

$=SI(I8<>"";O(Y(J2<J3;J3>J4;J4<J5;J5>J6;J6<J7;J7>J8);Y(J2>J3;J3<J4;J4>J5;J5<J6;J6>J7;J7<J8));""$.

Se compara una serie de siete puntos, comparando cada uno de ellos con el siguiente. Para que pertenezca al error de tipo Diente de Sierra, debe de haber una alternancia entre los puntos, de modo que cada uno de ellos, debe de ser menor o superior al siguiente, nunca igual (ver Ilustración 6).

- **Cambio brusco:**

$=SI(I3<>"";SI(ABS(J2-J3)>\$G\$2;VERDADERO;FALSO);""$.

Se compara cada punto con el siguiente. Para este cálculo, se ha tomado una nueva constante que se explicará a continuación. Si la diferencia entre un punto y el siguiente, con valor absoluto, es mayor a dicha constante, entonces se dice que hay un cambio brusco entre ambos puntos. La constante es igual a 2σ , para calcular este valor se ha desarrollado la siguiente fórmula: $= (LCS - LCI) * 2 / 6$. En la cual se multiplica por dos, la diferencia entre los límites, ya que si la diferencia entre estos dos es 6σ (explicado en el apartado de Metodologías y Técnicas) si se divide entre seis, se obtiene el valor de sigma, que al multiplicarlo por 2, se obtiene el valor que se buscaba (ver Ilustración 8).

Una vez se obtiene todos los errores, cada uno de ellos se insertará en una nueva celda. Y utilizando la función CONCATENAR() y SI() de Excel, se podran unir todos los errores que haya por muestra y mostrárselo al usuario, en el caso de que no haya se mostrará “OK” como resultado. En la siguiente ilustración se puede observar el resultado.

INICIO		GRÁFICOS		BORRAR FILA		Errores gráfico X'		Errores gráfico H	
NºObs	5	LCSx	453,747	LCSr	43,887	A	punto anómalo	F	punto anómalo
NºMuestras	25	LCx	441,768	LCr	20,760	T	Tendencia	G	Dientes de Sierra
Unidades de medida	cm	LCt	423,783	LCt	0,000	R	Racha puntos	H	Racha puntos
						D	Dientes de sierra	J	Tendencia
						C	Cambio brusco	X	Cambio brusco

X'	R	FALLOS X'	FALLOS R	Nº Muestra	1	2	3	4	5
433,200	12,000	OK	OK	1	446,000	434,000	436,000	440,000	440,000
456,000	46,000	AC	FX	2	490,000	450,000	444,000	448,000	448,000
441,800	11,000	C	X	3	442,000	448,000	445,000	437,000	437,000
441,000	14,000	OK	OK	4	443,000	443,000	435,000	436,000	436,000
441,800	11,000	OK	OK	5	446,000	435,000	444,000	442,000	442,000
434,000	28,000	OK	X	6	436,000	434,000	450,000	424,000	424,000
437,600	7,000	OK	GX	7	442,000	437,000	439,000	435,000	435,000
438,000	5,000	OK	OK	8	441,000	436,000	439,000	437,000	437,000
441,800	15,000	OK	OK	9	438,000	435,000	436,000	450,000	450,000
438,000	14,000	OK	OK	10	448,000	448,000	432,000	433,000	433,000
453,800	62,000	AC	FX	11	438,000	445,000	500,000	443,000	443,000
440,000	8,000	C	X	12	438,000	439,000	437,000	443,000	443,000
441,000	16,000	OK	G	13	432,000	448,000	433,000	446,000	446,000
441,400	12,000	OK	G	14	447,000	449,000	437,000	437,000	437,000
444,800	15,000	OK	G	15	446,000	445,000	434,000	449,000	449,000
439,200	15,000	OK	OK	16	431,000	433,000	448,000	443,000	443,000
455,400	56,000	AC	FX	17	445,000	500,000	444,000	444,000	444,000
440,000	10,000	C	X	18	436,000	448,000	436,000	441,000	441,000
442,000	11,000	OK	OK	19	435,000	442,000	441,000	446,000	446,000
437,600	10,000	T	OK	20	432,000	440,000	432,000	442,000	442,000
440,000	23,000	OK	X	21	431,000	425,000	436,000	454,000	454,000
440,000	23,000	OK	OK	22	431,000	425,000	436,000	454,000	454,000
440,000	23,000	OK	OK	23	431,000	425,000	436,000	454,000	454,000
440,000	23,000	OK	OK	24	431,000	425,000	436,000	454,000	454,000
440,000	23,000	OK	OK	25	431,000	425,000	436,000	454,000	454,000

Ilustración 64: Vista Datos de c.p para X'-R

Además en la vista Datos, se ha eliminado el botón “GENERAR DATOS”, ya que para este documento en concreto ralentizaba mucho el proceso de cálculo, para un grupo de muestras grandes (más de 100). Por lo que se decidió, eliminar dicha macro y obtener los cálculos de la media y del rango, mediante la funciones predefinidas por Excel.

Media	Rango
$=SI(F10<>"";PROMEDIO(F10:XFD10);"")$	$=SI(F10<>"";MAX(F10:XFD10)-MIN(F10:XFD10);"")$

Tabla 25: Funciones Vista Datos de c.p para X'-R

Por el contrario, el botón de “BORRAR ANÓMALOS” se cambia por el de “BORRAR FILA”, ya que el usuario introducirá los datos para cada muestra fila por fila, es decir, conforme vaya obteniendo los datos de la producción, los irá introduciendo. De forma que si quiere eliminar los últimos datos introducidos, simplemente deberá de pulsar dicho botón, y la última fila se eliminará de la plantilla.

```

Sub b_columnas ()
'
' b_columnas Macro
'
Dim c As Integer, obs As Integer

obs = Range("B3").Value

For c = obs - 1 To 0 Step -1
Range("F10").End(xlDown).Offset(0, c).Select ' Recorre la hoja hasta el final
a la derecha, siempre que haya datos
ActiveCell.Select
Selection.ClearContents
Next c
'
End Sub
    
```

Tabla 26: Macro b_filas()

Por último, en la vista Gráficos, también se han introducido una serie de cambios, ya que se decidió, por duplicar las columnas de fallos, presentes en la vista Datos en la vista Inicio, de esta forma el usuario podrá visualizar el gráfico mientras comprueba cada uno de los errores presentes en él. Esta información adicional, aportará conocimiento sobre qué está ocurriendo en el proceso de producción en cada momento.

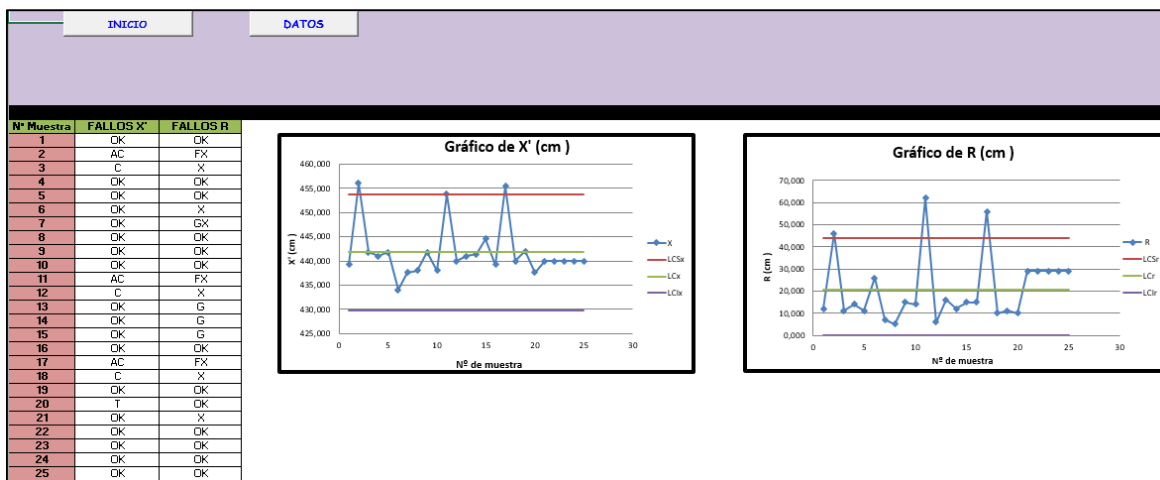


Ilustración 65: Vista Gráficos de c.p para X'-R

3.11 Control de producción para el gráfico X'-S

Se ha creado un nuevo libro de Excel, para analizar la producción de la empresa introduciendo los límites obtenidos en el gráficos por atributos X'-S.

La estructura que sigue este libro es prácticamente idéntica al libro de "Control de producción para el gráfico X'-R", que está explicada detalladamente en el apartado anterior. Por lo que solamente se van a explicar los cambios significantes entre un libro y otro.

El gráfico S, se basa en el cálculo de la desviación típica, como se explica en el apartado de Metodologías Y Técnicas, por lo que habrá que modificar la vista Datos, para que tenga esto en cuenta. En lugar de tener una columna de la cuadrícula de datos, dedicada a obtener el rango de las muestras, se debe de introducir una columna en su lugar, en la cual se calcule la desviación típica para cada muestra (Tabla 27). A continuación, se adjunta la ilustración correspondiente a la vista Datos.

Desviación Típica
$=SI(F10<>"";DESVEST.M(F10:XF10);"")$

Tabla 27: Desviación típica para c.p X'-S

INICIO		GRÁFICOS		BORRAR FILA		Errores gráfico X'		Errores gráfico S	
NºObs	12	LCSx	11,028	LCSs	0,484	A	punto anomalo	F	punto anomalo
NºMuestras	25	LCx	10,768	LCs	0,294	T	Tendencia	G	Dientes de Sierra
Unidades de medida	cm	LCix	10,507	LCis	0,104	R	Racha puntos	H	Racha puntos
						D	Dientes de sierra	J	Tendencia
						C	Cambio brusco	X	Cambio brusco

X'	S	FALLOS X'	FALLOS S	Nº Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10,417	0,170	A	OK	1	10,500	10,200	10,300	10,500	10,700	10,100	10,300	10,500	10,400	10,400
10,458	0,202	A	OK	2	10,200	10,600	10,700	10,600	10,400	10,500	10,700	10,600	10,100	10,500
11,025	0,214	C	OK	3	11,000	11,100	10,800	11,100	11,300	10,500	11,200	11,100	10,900	11,000
11,125	0,198	A	OK	4	11,200	10,900	11,200	11,000	11,500	11,000	11,000	11,000	11,100	10,900
10,992	0,406	OK	X	5	11,200	11,000	11,200	10,400	11,500	11,000	11,100	10,400	11,100	10,300
10,800	0,354	C	OK	6	10,400	11,300	11,000	11,000	10,800	10,800	11,400	11,000	10,300	10,800
10,850	0,624	OK	FX	7	11,400	11,000	10,300	10,200	11,600	10,100	11,100	10,200	11,300	10,100
10,283	0,262	AC	GX	8	10,200	10,400	10,800	10,000	10,400	10,500	10,500	10,100	9,900	10,100
11,267	0,137	AC	OK	9	11,200	11,300	11,200	11,300	11,500	11,000	11,400	11,300	11,100	11,200
11,100	0,222	A	OK	10	11,100	10,800	11,300	11,300	11,400	10,700	10,900	11,300	11,000	11,200
10,458	0,207	AC	OK	11	10,400	10,600	10,200	10,600	10,600	10,000	10,700	10,600	10,900	10,500
10,475	0,352	A	X	12	10,400	11,100	10,400	10,200	10,600	10,200	11,200	10,200	10,900	10,100
10,733	0,274	C	OK	13	10,900	10,900	10,700	10,400	11,100	10,500	11,000	10,400	10,700	10,900
10,633	0,350	OK	G	14	10,400	11,200	11,000	10,400	10,600	10,700	11,300	10,400	10,900	10,900
10,475	0,553	A	FX	15	10,300	10,600	9,600	11,200	10,500	9,500	10,700	11,200	10,200	11,100
10,650	0,385	C	X	16	10,700	10,800	11,200	10,100	10,900	11,000	10,900	10,100	10,600	10,000
10,650	0,157	R	X	17	10,600	10,400	11,000	10,700	10,800	10,700	10,500	10,700	10,500	10,600
10,633	0,242	R	OK	18	10,700	10,900	10,400	10,500	10,900	10,200	11,000	10,500	10,600	10,400
10,108	0,247	ARC	OK	19	9,800	10,400	10,200	10,300	10,000	10,000	10,500	10,300	9,700	10,200

Ilustración: Vista Datos control de producción X'-S

El resto de vistas y de componentes son iguales a los comentados en el libro de control de producción correspondiente al gráficos X'-R.

Tras calcular, tanto el promedio de las medias como el promedio de las desviaciones típicas, y utilizando los límites previamente obtenidos, se podrán dibujar los gráficos, presentes en la vista Gráficos.

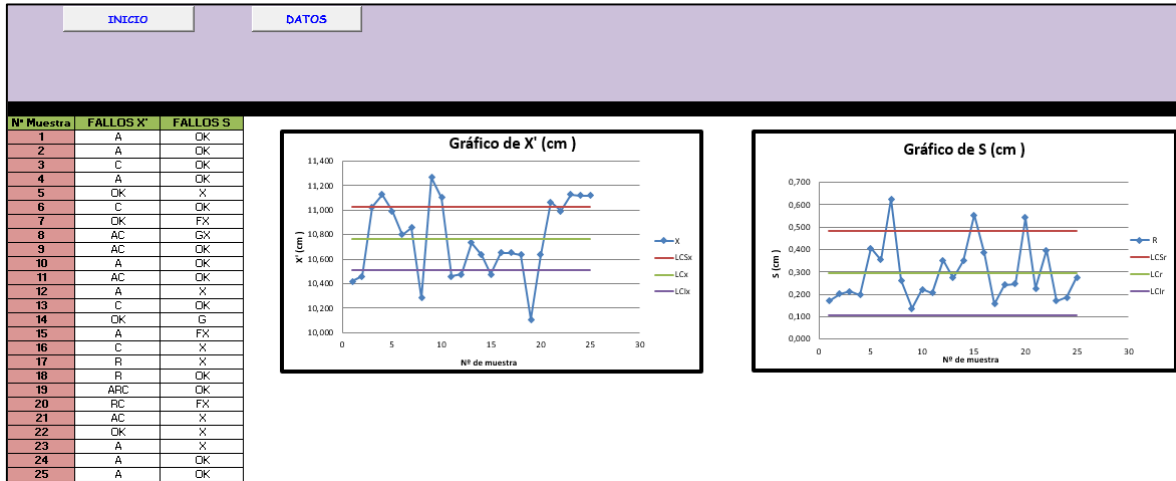


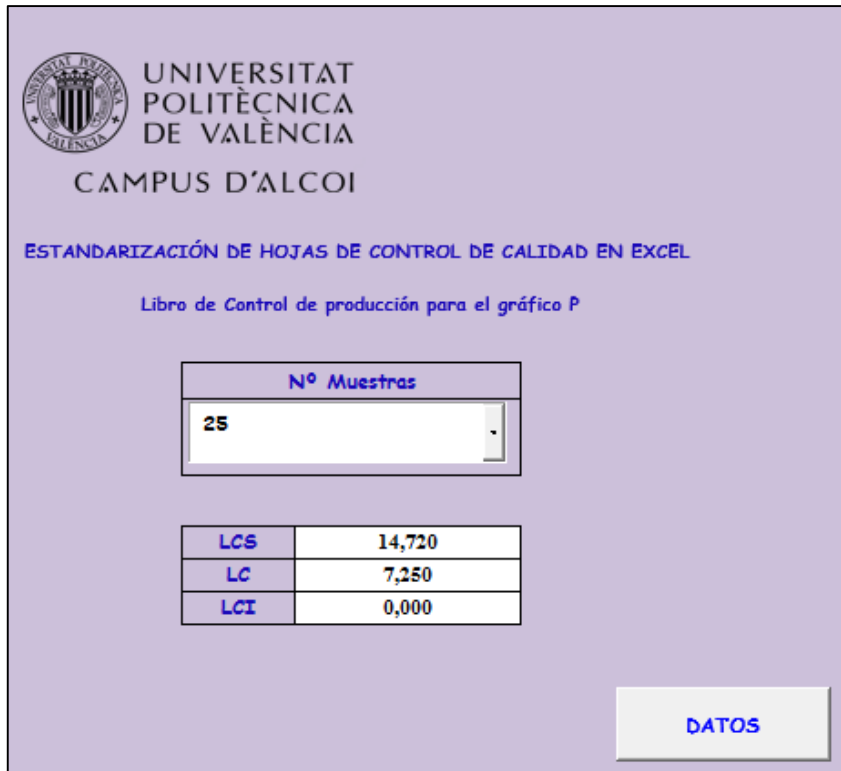
Ilustración: Vista Gráficos control de producción X'-S

3.12 Control de producción para el gráfico NP

Se ha creado un nuevo libro de Excel, para llevar a cabo el análisis de la producción de la empresa, utilizando para ellos los límites obtenidos en el libro de gráficos de control por atributos NP.

En este nuevo libro, cambian algunas de las vistas con respecto a los libros de control de producción para los gráficos por variables. En el siguiente apartado, se van a comentar cuales son las vista que se han modificado y cuáles son los cambios realizados.

En la vista Inicio, se ha eliminado el desplegable de N° de observaciones, ya que solamente serán necesarios el n° de muestras y los límites de control obtenidos previamente.



Nº Muestras	
	25

LCS	14,720
LC	7,250
LCI	0,000

DATOS

Ilustración: Vista Inicio control de producción NP

En la vista Datos, se eliminan las columnas referentes a la media y al rango, en su lugar, se introduce una columna en la que el usuario deberá de introducir el número de unidades defectuosas. El resto de elementos y funciones se mantiene igual que en los anteriores libros, ya explicados.

INICIO		GRÁFICOS		BORRAR FILA		Errores gráfico X'	
N°muestras	25	LCS	14,720			A	punto anómalo
		LC	7,250			T	Tendencia
		LCI	0,000			R	Racha puntos
						D	Dientes de sierra
						C	Cambio brusco

N° Muestra	unidades Defectuosas (n)	FALLOS NP
1	3,000	OK
2	8,000	C
3	3,000	C
4	5,000	OK
5	4,000	OK
6	17,000	AC
7	10,000	TPC
8	9,000	R
9	4,000	RC
10	6,000	R
11	9,000	R
12	10,000	R
13	12,000	R
14	13,000	R
15	14,000	RD
16	8,000	RC
17	10,000	R
18	11,000	R
19	9,000	R
20	5,000	R
21	7,000	R
22	9,000	R
23	5,000	R
24	3,000	R
25	13,000	RC

Ilustración 66: Vista Datos control de producción NP

En la vista Gráficos, se han seleccionado los datos para dibujar el gráfico, en este caso, el eje Y está formado por los datos existentes en la columna de unidades defectuosas. A continuación, se muestra una ilustración de la vista Gráficos, mostrando cada uno de los errores presentes por cada muestra.

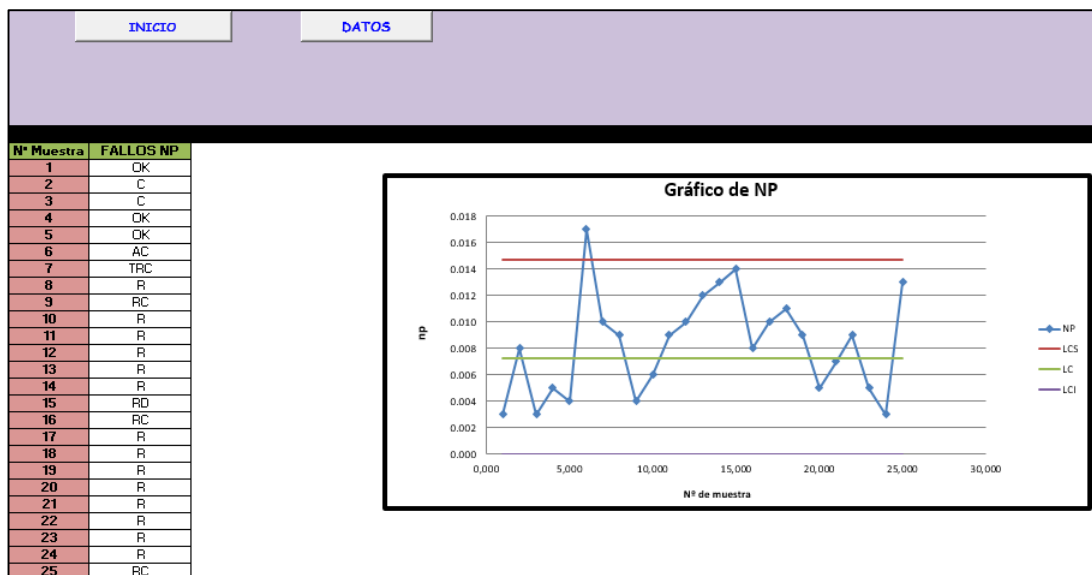


Ilustración: Vista Gráficos control de producción NP

3.13 Control de producción para el gráfico P

Se ha creado un nuevo libro de Excel, para llevar a cabo el análisis de la producción de la empresa, utilizando para ellos los límites obtenidos en el libro de gráficos de control por atributos P.

Este nuevo libro es idéntico que el anterior, es decir, que el libro de control de producción para el gráfico NP. Solamente cambia, en cuanto a la hora de introducir los datos en la vista Datos, ya que, en esta ocasión el número de unidades verificadas (n), no es constante, por lo que el usuario deberá de introducirlas junto al número de unidades defectuosas por cada muestra, de este modo se podrá calcular el tanto por uno de unidades defectuosas, que se obtendrá de la división entre estos dos campos (tabla 28). En la siguiente ilustración se muestra el resultado, tras haber introducido los campos y calcular los datos.

Tanto por uno Unidad Defectuosa
$=SI(Y(B10<>"";C10<>""));C10/B10;""))$

Tabla 28: Cálculo de (p) para c.p de P

INICIO		GRÁFICOS		BORRAR FILA		Errores gráfico P	
N°muestras	25	LCS	0,240	LC	0,140	A	punto anómalo
		LCI	0,000			T	Tendencia
						R	Racha puntos
						D	Dientes de sierra
						C	Cambio brusco
N° Muestra	Unidades Verificadas (n)	Unidades defectuosas (np)	T. por uno Unidad defectuosa= p	FALLOS P			
1	100,000	6,000	0,060	OK			
2	50,000	8,000	0,160	C			
3	75,000	5,000	0,067	C			
4	50,000	5,000	0,100	OK			
5	200,000	16,000	0,080	OK			
6	100,000	20,000	0,200	C			
7	50,000	4,000	0,080	TC			
8	50,000	9,000	0,180	C			
9	75,000	6,000	0,080	TC			
10	150,000	18,000	0,120	OK			
11	100,000	18,000	0,180	OK			
12	50,000	10,000	0,200	OK			
13	100,000	21,000	0,210	OK			
14	50,000	11,000	0,220	OK			
15	200,000	46,000	0,230	D			
16	50,000	8,000	0,160	OK			
17	100,000	20,000	0,200	R			
18	50,000	13,000	0,260	AR			
19	150,000	27,000	0,180	R			
20	50,000	5,000	0,100	OK			
21	75,000	9,000	0,120	OK			
22	400,000	72,000	0,180	OK			
23	200,000	20,000	0,100	OK			
24	50,000	3,000	0,060	OK			
25	300,000	46,000	0,153	C			

Ilustración: Vista Datos control de producción P

Una vez estén todos los campos completos y calculados, desde la vista Gráficos se podrá observar la evolución de nuestra producción analizada, y comprobar si existe algún error en cada muestra, gracias a las columnas de errores calculadas. Para dibujar, el gráfico P, se ha seleccionado la columna del tanto por uno de unidades defectuosas (p) para el eje Y, mientras que las muestras componen el eje X. Además de los límites de control, que se habían introducido anteriormente.

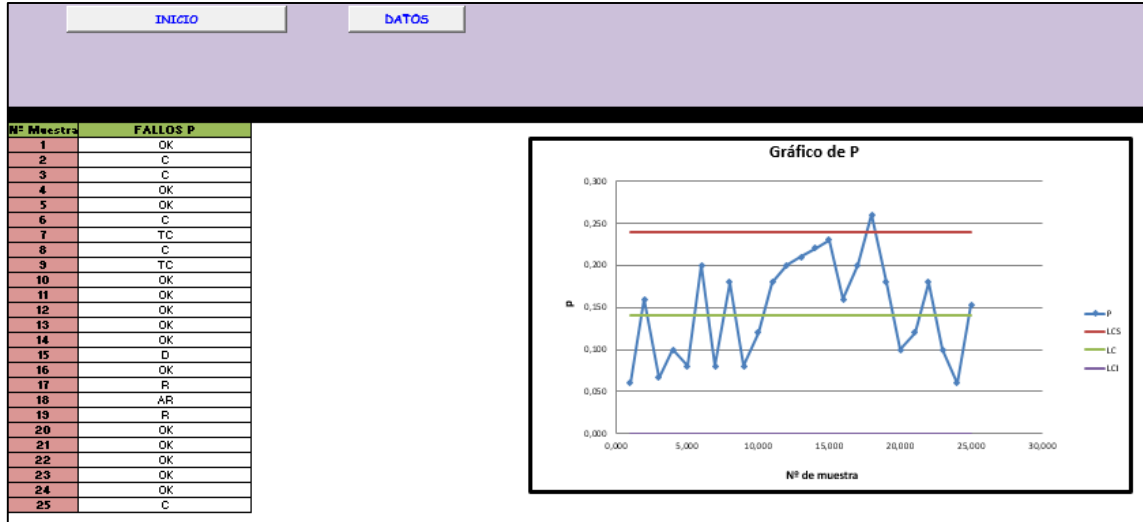


Ilustración: Vista Gráficos control de producción P

3.14 Control de producción para el gráfico C

Se ha creado un nuevo libro de Excel, para llevar a cabo el análisis de la producción de la empresa, utilizando para ellos los límites obtenidos en el libro de gráficos de control por atributos C.

En este libro se ha modificado la vista Inicio, para incluir un despegable, donde el usuario pueda seleccionar el número de deméritos con el que va a trabajar.



LCS	25,780
LC	14,400
LCI	0,000

Ilustración: Vista Inicio control de producción C

Por lo que respecta a la vista Datos, como el número de unidades verificadas (n) es constante, como se explica en el apartado de Metodologías y Técnicas, el usuario simplemente deberá de introducir la información para cada demérito y muestra. Además, se debe de incluir una nueva columna, que sea la suma de todos los deméritos por muestra, es decir, el número total de deméritos (c) (tabla 29).

Total Deméritos
$=SI(D10<>"";SUMA(D10:XF10);"")$

Tabla 29: Total deméritos para c.p de C

INICIO		GRÁFICOS		BORRAR FILA		Errores gráfico X'	
Nºdeméritos	2	LCS	25,780			A	punto anomalo
Nºmuestras	25	LC	14,400			T	Tendencia
		LCI	0,000			R	Racha puntos
						D	Dientes de sierra
						C	Cambio brusco

Nº Muestra	FALLOS C	Total deméritos = c	1	2
1	OK	18,000	5,000	13,000
2	OK	13,000	3,000	10,000
3	OK	13,000	4,000	9,000
4	OK	15,000	4,000	11,000
5	OK	12,000	6,000	6,000
6	OK	17,000	5,000	12,000
7	R	14,000	2,000	12,000
8	R	6,000	3,000	3,000
9	RC	25,000	6,000	19,000
10	RC	16,000	4,000	12,000
11	R	15,000	0,000	15,000
12	R	12,000	5,000	7,000
13	R	14,000	8,000	6,000
14	R	6,000	2,000	4,000
15	R	9,000	5,000	4,000
16	R	11,000	4,000	7,000
17	R	12,000	6,000	6,000
18	R	13,000	5,000	8,000
19	R	14,000	8,000	6,000
20	RD	15,000	6,000	9,000
21	RD	18,000	5,000	13,000
22	ARDC	28,000	7,000	21,000
23	RC	16,000	1,000	15,000
24	R	13,000	5,000	8,000
25	R	15,000	9,000	6,000

Ilustración: Vista Datos control de producción C

Por otra parte, en la vista Gráficos no se añaden nuevos cambios, sino que simplemente se cogerán como datos para dibujar los gráficos, los siguientes campos: los límites de control y para el eje X e Y, el número de muestras y la columna del total de deméritos (c), respectivamente.



Ilustración: Vista Gráficos control de producción C

3.15 Control de producción para el gráfico U

Se ha creado un nuevo libro de Excel, para llevar a cabo el análisis de la producción de la empresa, utilizando para ellos los límites obtenidos en el libro de gráficos de control por atributos U.

Para este libro, se ha modificado la vista Inicio, incluyendo un despegable para que el usuario pueda introducir el número de deméritos con el que va a realizar el análisis.



Ilustración: Vista Inicio control de producción U

En este caso, en la vista Datos el usuario deberá introducir el número de unidades verificadas (n), ya que no es constante, como se explica en el apartado de Metodologías y Técnicas. Por otra parte, se incluyen dos columnas de datos más; la primera de ellas, es el cálculo de la suma de deméritos por muestra, es decir, el número total de deméritos. La otra columna, se refiere al tanto por uno de deméritos, que se obtiene al dividir el total de deméritos entre el número de unidades verificadas.

Total Deméritos	Tanto por uno deméritos (u)
<code>=SI(F10<>"";SUMA(F10:XFD10);"")</code>	<code>=SI(Y(D10<>"";E10<>"");D10/E10;"")</code>

INICIO		GRÁFICOS		BORRAR FILA		Errores gráfico U	
Nºdeméritos	2	LCS	0,090			A	punto anomalo
Nºmuestras	25	LC	0,005			T	Tendencia
		LCI	0,000			R	Racha puntos
						D	Dientes de sierra
						C	Cambio brusco

Nº Muestra	FALLOS U	nto por uno deméritos =	Total deméritos	idades Verificadas	1	2
1	OK	0,060	18,000	300,000	5,000	13,000
2	OK	0,065	13,000	200,000	3,000	10,000
3	OK	0,070	7,000	100,000	4,000	3,000
4	OK	0,053	21,000	400,000	4,000	17,000
5	OK	0,060	12,000	200,000	6,000	6,000
6	AC	0,110	22,000	200,000	7,000	15,000
7	RC	0,062	31,000	500,000	2,000	29,000
8	R	0,050	5,000	100,000	5,000	0,000
9	RC	0,082	82,000	1000,000	30,000	52,000
10	R	0,080	16,000	200,000	7,000	9,000
11	R	0,068	34,000	500,000	2,000	32,000
12	R	0,055	11,000	200,000	5,000	6,000
13	R	0,040	4,000	100,000	1,000	3,000
14	R	0,030	12,000	400,000	0,000	12,000
15	RD	0,025	20,000	800,000	5,000	15,000
16	RD	0,023	7,000	300,000	4,000	3,000
17	R	0,050	5,000	100,000	2,000	3,000
18	R	0,060	3,000	50,000	1,000	2,000
19	R	0,062	37,000	600,000	8,000	29,000
20	R	0,070	28,000	400,000	6,000	22,000
21	R	0,053	16,000	300,000	5,000	11,000
22	R	0,050	5,000	100,000	4,000	1,000
23	R	0,069	48,000	700,000	1,000	47,000
24	R	0,065	13,000	200,000	5,000	8,000
25	R	0,060	6,000	100,000	3,000	3,000

Ilustración: Vista Datos control de producción U

Por lo que respecta a la vista Gráficos, se cogerán tanto las muestras como el tanto por uno de deméritos, para los ejes X e Y respectivamente, de los gráficos. Además de los límites de control, que se habían introducido anteriormente.

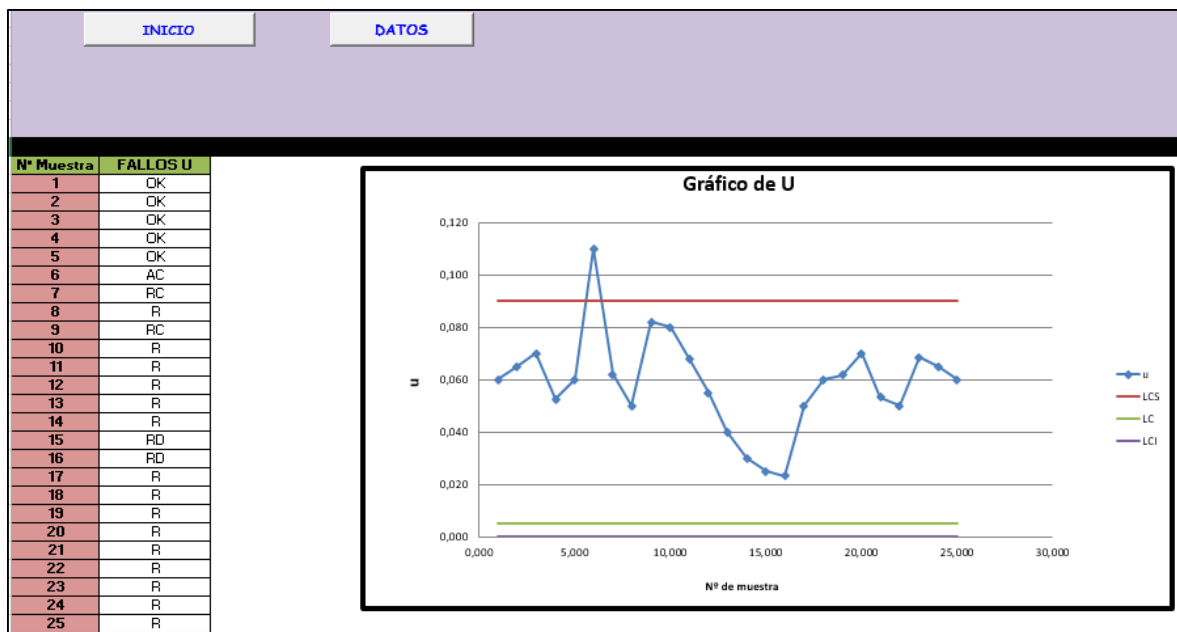


Ilustración: Vista Gráficos control de producción U

4. Conclusiones y Futuras líneas de investigación

La finalidad que se persigue en el proyecto, era el desarrollo de unas hojas de cálculo estándar, utilizando para ello la aplicación Microsoft Excel; en las cuales se pudiera llevar a cabo un control estadístico de calidad, sin necesidad de tener unos conocimientos previos, solamente siguiendo los pasos guiados, ofrecidos en el manual de usuario y aprovechando la propia claridad de las hojas de cálculo.

Como se explicaba en la Introducción del proyecto, se escogió la aplicación de Microsoft Excel, por estar popularmente extendido en la sociedad, de esta forma, habría más facilidades y menos problemas por parte del usuario, a la hora manejar las hojas de cálculo. A pesar de que tiene una licencia de pago, la mayoría de las empresas disponen del paquete Office, por la variabilidad de herramientas de ofimática que ofrece, además su coste no es muy elevado, en comparación con las aplicaciones específicas para llevar a cabo el control estadístico de calidad, como por ejemplo Statgraphics, i68 etc. Asimismo, su potencia de cálculo es considerable, esto también fue un punto a favor, debido a la cantidad de cálculos que se tienen que llevar a cabo.

Se llevaron a cabo seis libros de Excel, en cada uno de ellos contiene uno de los tipos de gráfico de control, donde se explican sus especificaciones y como se ha desarrollado. Por otra parte, también se desarrollaron otros seis nuevos libros, para la parte del control de producción, como se explica en el apartado de Desarrollo. La interacción existente entre los documentos, viene resumida en el manual del usuario adjunto, en el que se especifican cuáles son los pasos que debe de seguir el usuario en cada caso.

Tras finalizar el proyecto, se puede concluir que la aplicación cumple los objetivos mencionados. Por lo que garantiza que cualquier usuario, sin experiencia en el sector, puede llevar a cabo un control estadístico de calidad de su empresa.

Gracias a la realización del proyecto, a nivel personal, he adquirido una base de conocimientos en el lenguaje de programación VBA, además de aumentar mi nivel de experiencia y uso en Microsoft Excel; obteniendo habilidades en el desarrollo de nuevas funciones, macros, implementación de formularios y sus diferentes componentes (botones de formulario, desplegables...). Además de adquirir una amplia base, tanto teórica como práctica de cómo se aplica un control estadístico, a un proceso de producción (SPC). Por último, también me ha ayudado a mejorar una serie de competencias, como son la capacidad de desarrollo, capacidad de organización y gestión del tiempo, y toma de decisiones.

4.1 Mejoras para el Futuro

Por lo que respecta al futuro, se podrían desarrollar nuevas mejoras que harían que el proyecto fuera mucho más consistente, con lo que ayudaría y motivaría al usuario final a su utilización. Algunas de ellas, podrían ser las siguientes:

- Desarrollar unas hojas estándar, de las cartas de control en un software estadístico libre y gratuito, como por ejemplo, el software estadístico R.
- Desarrollar una página web, para publicar los documentos del proyecto y el manual de usuario. De forma que cualquier persona pueda descargárselo, y utilizarlo para su propia empresa.
- Optimizar las hojas de cálculo y las macros que se utilizan en ellas, para que de esta manera se puedan ejecutar desde dispositivos móviles, como tablets o smartphones, ya que su capacidad de cálculo suele ser menor.

5. Bibliografía

- [1] «Significados,» 3 Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://www.significados.com/calidad/>.
- [2] «Monografías,» 5 Mayo 2017. [En línea]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos/ctrolcali/ctrolcali.shtml>
- [3] UPV-EHU, «OCW,» 7 Mayo 2017. [En línea]. Available: https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/7314/mod_resource/content/1/MaterialesEstudio/UT6/SPC-ControlEstadisticoProcesos.pdf.
- [4] A. Ruíz-Falcó Rojas, «Control estadístico de procesos,» Madrid, 2006.
- [5] D. Montgomery, Control estadístico de la calidad, Limusa Wiley, 2004.
- [6] P. E-Math, «SPC,» Universitat Oberta de Catalunya.
- [7] J. Jordán, «Gráficos de control estadístico,» UPV, 2017.
- [8] «Wikipedia,» 21 Marzo 2017. [En línea]. Available: [tps://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_binomial](https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_binomial).
- [9] «Wikipedia,» 21 Marzo 2017. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_de_Poisson.
- [10] ETIG, «Control estadístico de calidad,» Universitat Jaume I, 2003.
- [11] «Wikipedia,» 15 Abril 2017. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel definición de Excel.
- [12] «Wikipedia,» 15 Abril 2017. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Visual_Basic_for_Applications.
- [13] «Excel Total,» 4 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://exceltotal.com/lista-desplegable-en-excel-2010>.

6. Anexo

6.1 Anexo A

Datos de ejemplo, que se han tomado para calcular los gráficos y realizar las capturas de pantalla, correspondientes a las ilustraciones superiores de los gráficos de control por variables y por atributos.

Nº Observaciones: 5		Nº Muestras: 25		
446	434	436	440	440
490	450	444	448	448
442	448	445	437	437
449	449	435	436	436
446	435	444	442	442
438	434	450	424	424
442	437	439	435	435
441	436	439	437	437
438	435	436	450	450
446	446	432	433	433
438	445	500	443	443
438	439	437	443	443
432	448	433	446	446
447	449	437	437	437
446	445	434	449	449
431	433	446	443	443
445	500	444	444	444
436	446	436	441	441
435	442	441	446	446
432	440	432	442	442
431	425	436	454	454
431	425	436	454	454
431	425	436	454	454
431	425	436	454	454
431	425	436	454	454

6.2 Anexo B

Datos de ejemplo, que se han tomado para calcular los gráficos y realizar las capturas de pantalla, correspondientes a las ilustraciones superiores de los gráficos de control por variables \bar{X} -S.

Muestra	Obs1	Obs2	Obs3	Obs4	Obs5	Obs6	Obs7	Obs8	Obs9	Obs10	Obs11	Obs12
1,0	10,5	10,2	10,3	10,5	10,7	10,1	10,3	10,5	10,4	10,4	10,5	10,6
2,0	10,2	10,6	10,7	10,6	10,4	10,5	10,7	10,6	10,1	10,5	10,2	10,4
3,0	11,0	11,1	10,8	11,1	11,3	10,5	11,2	11,1	10,9	11,0	11,1	11,2
4,0	11,2	10,9	11,2	11,0	11,5	11,0	11,0	11,0	11,1	10,9	11,3	11,4
5,0	11,2	11,0	11,2	10,4	11,5	11,0	11,1	10,4	11,1	10,3	11,3	11,4
6,0	10,4	11,3	11,0	11,0	10,6	10,8	11,4	11,0	10,3	10,8	10,4	10,6
7,0	11,4	11,0	10,3	10,2	11,6	10,1	11,1	10,2	11,3	10,1	11,4	11,6
8,0	10,2	10,4	10,8	10,0	10,4	10,5	10,5	10,0	10,1	9,9	10,2	10,4
9,0	11,2	11,3	11,2	11,3	11,5	11,0	11,4	11,3	11,1	11,2	11,3	11,4
10,0	11,1	10,8	11,0	11,3	11,4	10,7	10,9	11,3	11,0	11,2	11,2	11,3
11,0	10,4	10,6	10,2	10,6	10,6	10,0	10,7	10,6	10,3	10,5	10,4	10,6
12,0	10,4	11,1	10,4	10,2	10,6	10,2	11,2	10,2	10,3	10,1	10,4	10,6
13,0	10,9	10,9	10,7	10,4	11,1	10,5	11,0	10,4	10,7	10,3	10,9	11,0
14,0	10,4	11,2	11,0	10,4	10,6	10,7	11,3	10,4	10,3	10,3	10,4	10,6
15,0	10,3	10,6	9,6	11,2	10,5	9,5	10,7	11,2	10,2	11,1	10,3	10,5
16,0	10,7	10,8	11,2	10,1	10,9	11,0	10,9	10,1	10,6	10,0	10,7	10,8
17,0	10,6	10,4	11,0	10,7	10,8	10,7	10,5	10,7	10,5	10,6	10,6	10,7
18,0	10,7	10,9	10,4	10,5	10,9	10,2	11,0	10,5	10,6	10,4	10,7	10,8
19,0	9,8	10,4	10,2	10,3	10,0	10,0	10,5	10,3	9,7	10,2	9,9	10,0
20,0	10,5	10,1	10,2	11,5	10,7	10,0	10,2	11,5	10,4	11,4	10,5	10,6
21,0	11,1	11,2	11,1	10,8	11,4	10,9	11,3	10,8	11,0	10,7	11,2	11,3
22,0	11,2	10,5	11,4	10,6	11,5	11,2	10,6	10,6	11,1	10,5	11,3	11,4
23,0	11,1	11,2	11,2	11,0	11,4	11,0	11,3	11,0	11,0	10,8	11,2	11,3
24,0	11,0	11,3	11,3	11,0	11,3	11,1	11,4	11,0	10,9	10,8	11,1	11,2
25,0	11,2	11,3	11,0	10,9	11,5	10,7	11,4	10,9	11,1	10,7	11,3	11,4

6.3 Anexo C

Datos de ejemplo, que se han tomado para calcular los gráficos y realizar las capturas de pantalla, correspondientes a las ilustraciones superiores de los gráficos de control por atributos NP.

Muestra	Unidades verificadas = n	Unidades defectuosas = np
1	50	3
2	50	8
3	50	3
4	50	5
5	50	4
6	50	10
7	50	10
8	50	9
9	50	4
10	50	6
11	50	9
12	50	8
13	50	12
14	50	6
15	50	8
16	50	8
17	50	10
18	50	17
19	50	9
20	50	5
21	50	7
22	50	9
23	50	5
24	50	3
25	50	13

6.4 Anexo D

Datos de ejemplo, que se han tomado para calcular los gráficos y realizar las capturas de pantalla, correspondientes a las ilustraciones superiores de los gráficos de control por atributos P.

Muestra	Unidades verificadas = n	Unidades defectuosas	Tanto por uno U.Def = p
1	100	6	0,06
2	50	8	0,16
3	75	5	0,0667
4	50	5	0,1
5	200	16	0,08
6	100	20	0,2
7	50	10	0,2
8	50	9	0,18
9	75	6	0,08
10	150	18	0,12
11	100	18	0,18
12	50	8	0,16
13	100	25	0,25
14	50	6	0,12
15	200	24	0,12
16	50	8	0,16
17	100	20	0,2
18	50	13	0,26
19	150	27	0,18
20	50	5	0,1
21	75	9	0,12
22	400	72	0,18
23	200	20	0,1
24	50	3	0,06
25	300	46	0,1533

6.5 Anexo E

Datos de ejemplo, que se han tomado para calcular los gráficos y realizar las capturas de pantalla, correspondientes a las ilustraciones superiores de los gráficos de control por atributos C.

Muestra	Und. Verific = n	Demérito I	Demérito II	Total Demérito = c
1	200	5	13	18
2	200	3	10	13
3	200	4	9	13
4	200	4	11	15
5	200	6	6	12
6	200	5	12	17
7	200	2	12	14
8	200	5	5	10
9	200	6	17	23
10	200	4	12	16
11	200	0	15	15
12	200	5	7	12
13	200	8	6	14
14	200	2	10	12
15	200	5	4	9
16	200	4	7	11
17	200	6	6	12
18	200	5	8	13
19	200	8	5	13
20	200	6	8	14
21	200	5	7	12
22	200	4	21	25
23	200	1	15	16
24	200	5	8	13
25	200	9	6	15

6.6 Anexo F

Datos de ejemplo, que se han tomado para calcular los gráficos y realizar las capturas de pantalla, correspondientes a las ilustraciones superiores de los gráficos de control por atributos U.

Muestra	Und. Verific = n	Demérito I	Demérito II	Total Demérito	Tanto por uno deméritos = u
1	300	5	13	18	0,06
2	200	3	10	13	0,065
3	100	4	3	7	0,07
4	400	4	17	21	0,0525
5	200	6	6	12	0,06
6	200	7	15	22	0,11
7	500	2	29	31	0,062
8	100	5	0	5	0,05
9	1000	6	52	58	0,058
10	200	4	9	13	0,065
11	500	0	32	32	0,064
12	200	5	6	11	0,055
13	100	4	3	7	0,07
14	400	2	21	23	0,0575
15	800	5	45	50	0,0625
16	300	4	15	19	0,0633
17	100	2	3	5	0,05
18	50	1	2	3	0,06
19	600	8	29	37	0,0617
20	400	6	22	28	0,07
21	300	5	11	16	0,0533
22	100	4	1	5	0,05
23	700	1	47	48	0,0686
24	200	5	8	13	0,065
25	100	3	3	6	0,06

6.6 Anexo G

Datos de ejemplo, que se han tomado para calcular los gráficos y realizar las capturas de pantalla, correspondientes a las ilustraciones superiores de los gráficos de control de producción para el gráfico NP.

Límites de Control	
LCS	14,72
LC	7,25
LCI	0

Muestra	Unidades verificadas = n	Unidades defectuosas = np
1	50	3
2	50	8
3	50	3
4	50	5
5	50	4
6	50	17
7	50	10
8	50	9
9	50	4
10	50	6
11	50	9
12	50	10
13	50	12
14	50	13
15	50	14
16	50	8
17	50	10
18	50	11
19	50	9
20	50	5
21	50	7
22	50	9
23	50	5
24	50	3
25	50	13

6.6 Anexo H

Datos de ejemplo, que se han tomado para calcular los gráficos y realizar las capturas de pantalla, correspondientes a las ilustraciones superiores de los gráficos de control de producción para el gráfico P.

Límites de Control	
LCS	0,24
LC	0,14
LCI	0

Muestra	Unidades verificadas = n	Unidades defectuosas	Tanto por uno U.Def = p
1	100	6	0,06
2	50	8	0,16
3	75	5	0,06
4	50	5	0,10
5	200	16	0,08
6	100	20	0,20
7	50	4	0,08
8	50	9	0,18
9	75	6	0,08
10	150	18	0,12
11	100	18	0,18
12	50	10	0,20
13	100	21	0,21
14	50	11	0,22
15	200	46	0,23
16	50	8	0,16
17	100	20	0,20
18	50	13	0,26
19	150	27	0,18
20	50	5	0,1
21	75	9	0,12
22	400	72	0,18
23	200	20	0,1
24	50	3	0,06
25	300	46	0,15

6.6 Anexo I

Datos de ejemplo, que se han tomado para calcular los gráficos y realizar las capturas de pantalla, correspondientes a las ilustraciones superiores de los gráficos de control de producción para el gráfico C.

Límites de Control	
LCS	25,78
LC	14,40
LCI	0

Muestra	Und. Verific = n	Demérito I	Demérito II	Total Demérito = c
1	200	5	13	18
2	200	3	10	13
3	200	4	9	13
4	200	4	11	15
5	200	6	6	12
6	200	5	12	17
7	200	2	12	14
8	200	3	3	6
9	200	6	19	25
10	200	4	12	16
11	200	0	15	15
12	200	5	7	12
13	200	8	6	14
14	200	2	4	6
15	200	5	4	9
16	200	4	7	11
17	200	6	6	12
18	200	5	8	13
19	200	8	6	14
20	200	6	9	15
21	200	5	13	18
22	200	7	21	28
23	200	1	15	16
24	200	5	8	13
25	200	9	6	15

6.6 Anexo J

Datos de ejemplo, que se han tomado para calcular los gráficos y realizar las capturas de pantalla, correspondientes a las ilustraciones superiores de los gráficos de control de producción para el gráfico U.

Límites de Control	
LCS	0,09
LC	0,05
LCI	0

Muestra	Und. Verific = n	Demérito I	Demérito II	Total Demérito	Tanto por uno deméritos = u
1	300	5	13	18	0,06
2	200	3	10	13	0,07
3	100	4	3	7	0,07
4	400	4	17	21	0,05
5	200	6	6	12	0,06
6	200	7	15	22	0,11
7	500	2	29	31	0,06
8	100	5	0	5	0,05
9	1000	30	52	82	0,08
10	200	7	9	16	0,08
11	500	2	32	34	0,07
12	200	5	6	11	0,06
13	100	1	3	4	0,04
14	400	0	12	12	0,03
15	800	5	15	20	0,03
16	300	4	3	7	0,02
17	100	2	3	5	0,05
18	50	1	2	3	0,06
19	600	8	29	37	0,06
20	400	6	22	28	0,07
21	300	5	11	16	0,05
22	100	4	1	5	0,05
23	700	1	47	48	0,07
24	200	5	8	13	0,07
25	100	3	3	6	0,06

6.6 Anexo G

Tabla de coeficientes, que se toman para realizar el cálculo de los límites de control.

d2	d3	1/d2	D1	D2	D3	D4
1,128	0,853	0,886	0,000	3,686	0,000	3,267
1,693	0,888	0,591	0,000	4,358	0,000	3,575
2,059	0,880	0,486	0,000	4,698	0,000	2,282
2,326	0,864	0,430	0,000	4,918	0,000	2,114
2,534	0,848	0,395	0,000	5,079	0,000	2,004
2,704	0,833	0,370	0,205	5,204	0,076	1,924
2,847	0,820	0,351	0,388	5,307	0,136	4,864
2,970	0,808	0,337	0,547	5,394	0,184	1,816
3,078	0,797	0,325	0,686	5,469	0,223	1,777
3,173	0,787	0,315	0,811	5,535	0,256	1,744
3,258	0,778	0,307	0,923	5,594	0,283	1,717
3,336	0,770	0,300	1,025	5,647	0,307	1,693
3,407	0,763	0,294	1,118	5,696	0,328	1,672
3,472	0,756	0,288	1,203	5,740	0,347	1,653
3,532	0,750	0,283	1,282	5,782	0,363	1,637
3,588	0,744	0,279	1,356	5,820	0,378	1,622
3,640	0,739	0,750	1,424	5,856	0,391	1,609
3,689	0,733	0,271	1,489	5,889	0,404	1,596
3,735	0,729	0,268	1,549	5,921	0,415	1,585
3,788	0,724	0,265	1,606	5,951	0,425	1,575
3,819	0,720	0,262	1,660	5,979	0,435	1,565
3,858	0,716	0,259	1,711	6,006	0,443	1,557
3,895	0,712	0,257	1,759	6,032	0,452	1,548
3,931	0,708	0,254	1,805	6,056	0,459	1,541