



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS  
DE AUTOMATIZACIÓN**

**TEMA:**

---

**CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO DE  
ELABORACIÓN DE PVC PARA PLASTICAUCHO  
INDUSTRIAL S.A.**

---

**PROYECTO DE PASANTÍA DE GRADO PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL  
EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN**

**AUTOR:** Renán Andrés González Bassante

**TUTOR:** Ing. MSc. Alexis Sánchez Miño

Ambato Ecuador

Abril / 2007  
**APROBACIÓN DEL TUTOR**

En calidad de Tutor de Investigación sobre el tema:

**“CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PVC PARA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.”**, de **Renán Andrés González Bassante**, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho proyecto de pasantía de grado reúne los requisitos y méritos suficientes de conformidad con el artículo 68 del capítulo IV de Pasantía del reglamento de graduación de Pregrado de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, abril 2007

Ing. Alexis Sánchez Miño

TUTOR

## **AUTORIA**

El presente proyecto de pasantía de grado **“Control Estadístico del Proceso de Elaboración de PVC para Plasticaucho Industrial S.A.”**.

Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprendan del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, abril 2007

Renán Andrés González Bassante

C.I. 180346650-5

## **Dedicatoria**

A mis **padres** por todas sus enseñanzas, cariño y paciencia durante toda mi vida, de manera especial a mi **madre** por ser el pilar fundamental de toda mi formación como persona por su apoyo y por ser madre y amiga a la vez.

A mi **hermana** por estar siempre a mi lado en momentos difíciles y compartir juntos tantas vivencias especiales, por ser una fuente constante de cariño y fraternidad.

A mi **esposa** por todo su amor, respeto, comprensión y cariño, por ser mi compañera, amiga y el amor de mi vida.

A mi **hija** el mejor regalo que Dios y la vida me pudieron dar, por ser mi fuente de inspiración y la fuerza para siempre

salir adelante.

### **Agradecimiento**

A Dios por permitirme vivir y colmarme de bendiciones.

A mis compañeros y amigos con los cuales se ha compartido momentos muy buenos dentro y fuera de las aulas.

A los profesores de la Facultad por impartir todos sus conocimientos y prepararnos para la vida profesional.

A la empresa Plasticaucho Industrial por abrirme las puertas para realizar la pasantía

Al Ing. Alexis Sánchez por guiarme

durante este proceso.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>12</b>
<b>1. EL PROBLEMA .....</b>	<b>12</b>
1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	14
1.4 OBJETIVOS.....	15
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>16</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....</b>	<b>16</b>
<u>EL HOMBRE SIEMPRE SE HA PREOCUPADO POR LA CALIDAD Y DESDE UN PRINCIPIO MANIFESTÓ TAL INQUIETUD AL SELECCIONAR SUS ALIMENTOS Y VESTIDO DE TAL FORMA QUE LO BENEFICIARAN. MÁS TARDE ANTE LA APARICIÓN DE COMUNIDADES HUMANAS SE CREÓ EL MERCADO Y POR LO TANTO DE LA MANUFACTURA DE LOS BIENES CON LA DIFERENCIACIÓN DEL USUARIO Y DEL PRODUCTOR QUE LOS NEGOCIABAN CON LA APRECIACIÓN INDIVIDUAL DE PROTECCIÓN (IMPLICABA UNA GANANCIA EN EL USO Y SATISFACCIÓN DEL BIEN NEGOCIADO).....</u>	<u>16</u>
<u>MÁS TARDE, LA CREACIÓN DE LAS PRIMERAS CIUDADES TRAE COMO CONSECUENCIA UN MERCADO DE BIENES Y SERVICIOS MÁS ESTRUCTURADO Y EL DESARROLLO INCIPIENTE DE ALGUNAS ESPECIFICACIONES Y HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN. CON EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL COMERCIO SE CONSOLIDA LA NECESIDAD DE CONTAR CON CIERTAS DESCRIPCIONES DE LO QUE SE DESEA Y LO QUE SE OFRECE (ESPECIFICACIONES Y GARANTÍAS) PARA FACILITAR EL INTERCAMBIO.....</u>	<u>16</u>
<u>LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL CREA AÚN MÁS NECESIDADES DE ESPECIFICAR LA CALIDAD DE LOS BIENES, LO CUAL ESTABLECE UN PROCESO EVOLUTIVO DE TALES NECESIDADES HASTA NUESTROS DÍAS.....</u>	<u>16</u>
<u>COMO LO EXPRESA BOUNDS "LA CALIDAD HA EVOLUCIONADO A TRAVÉS DE CUATRO ERAS: LA DE INSPECCIÓN (SIGLO XIX) QUE SE CARACTERIZÓ POR LA DETECCIÓN Y SOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS GENERADOS POR LA FALTA DE UNIFORMIDAD DEL PRODUCTO; LA ERA DEL CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO (DÉCADA DE LOS TREINTA) ENFOCADA AL CONTROL DE LOS PROCESOS Y LA APARICIÓN DE MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA EL MISMO FIN Y PARA LA REDUCCIÓN DE LOS NIVELES DE INSPECCIÓN; LA DEL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (DÉCADA DE LOS CINCUENTA), QUE ES CUANDO SURGE LA NECESIDAD DE INVOLUCRAR A TODOS LOS DEPARTAMENTOS DE LA ORGANIZACIÓN EN EL DISEÑO, PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE POLÍTICAS DE CALIDAD"; Y LA ERA DE LA ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE LA CALIDAD TOTAL (DÉCADA DE LOS NOVENTA) DONDE SE HACE HINCAPIÉ EN EL MERCADO Y EN LAS NECESIDADES DEL CONSUMIDOR, RECONOCIENDO EL EFECTO ESTRATÉGICO DE LA CALIDAD COMO UNA OPORTUNIDAD DE COMPETITIVIDAD. ....</u>	<u>17</u>
<b>2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....</b>	<b>18</b>
2.3.1 Elaboración de PVC.....	19
2.3.2 Control estadístico de procesos.....	20

2.3.3 Los Costos de Producción y el Control de Procesos Estadístico.....	21
2.3.4 Cartas de Control.....	30
2.3.5 Interpretación de las Cartas de Control:.....	36
2.3.6 Fórmulas utilizadas.....	38
2.3.7 Bombas de desplazamiento positivo.....	40
2.3.8 Bomba de engranajes.....	44
2.3.9 Bombas de Vacío.....	46
2.3.10 Variadores de Frecuencia.....	56
2.3.11 Estudio del trabajo.....	58
2.4 HIPÓTESIS .....	65
2.5 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES .....	65
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>66</b>
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>66</b>
3.1 ENFOQUE.....	66
3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	66
3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	67
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	67
3.4.1 Universo de la investigación.....	67
3.4.2 Muestra de la investigación.....	67
3.5 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	68
3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS .....	68
3.6.1 Instrumentos y técnicas de investigación.....	68
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>79</b>
<b>4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>79</b>
4.1 REALIZACIÓN DE MEJORAS.....	79
4.2 DETERMINACIÓN Y ESCLARECIMIENTO DE PROBLEMAS.....	85
4.3 DETERMINACIÓN DE LA SOLUCIÓN .....	89
4.4 VISUALIZACIÓN DE LA MEJORA .....	90
4.5 ANÁLISIS FINANCIERO.....	106
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>108</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>108</b>
5.1 CONCLUSIONES.....	108
5.2 RECOMENDACIONES.....	109
<b>CAPITULO VI.....</b>	<b>110</b>
<b>6. PROPUESTA.....</b>	<b>110</b>
6.1 ANÁLISIS DE ESPECIFICACIONES Y DETERMINACIÓN DE LAS ACTIVIDADES CRÍTICAS.....	110
6.2 BIBLIOGRAFÍA .....	114

# ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>FIG. 1 CICLO DE APLICACIÓN DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS</b> .....	<b>21</b>
<b>FIG. 2 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL COSTO DE PRODUCCIÓN ...</b>	<b>22</b>
<b>FIG. 3 ESTADO DEL PROCESO.....</b>	<b>25</b>
<b>FIG. 4 VARIABLES.....</b>	<b>27</b>
<b>FIG. 5 MEJORAMIENTO MEDIANTE PREA.....</b>	<b>28</b>
<b>FIG. 6 CURVA NORMAL.....</b>	<b>30</b>
<b>FIG. 7 BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.....</b>	<b>41</b>
<b>FIG. 8 BOMBA DE ENGRANAJES.....</b>	<b>45</b>
<b>FIG. 10 RASGOS DE PRESIÓN PARA BOMBA DE VACÍO.....</b>	<b>48</b>
<b>FIG. 13 TIPO MÁS COMÚN DE CÁMARA DE METAL.....</b>	<b>52</b>
<b>FIG. 14 BRIDAS.....</b>	<b>53</b>
<b>FIG. 15 SELLOS DE ANILLO.....</b>	<b>53</b>
<b>FIG. 16 VÁLVULAS DE VIDRIO.....</b>	<b>54</b>
<b>FIG. 17 VÁLVULAS DE METAL.....</b>	<b>55</b>
<b>FIG. 18 REPORTE DE PRODUCCIÓN .....</b>	<b>80</b>
<b>FIG. 19 CARTA DE CONTROL.....</b>	<b>81</b>
<b>FIG. 20 PROGRAMA EN EXCEL CON VARIABLES RESINA, DOP Y PARAFINA CLORADA.....</b>	<b>82</b>
<b>FIG. 21 PROGRAMA EN EXCEL CON VARIABLES PARAFINA CLORADA, CARBONATO DE CALCIO Y ACEITE DE SOYA.....</b>	<b>83</b>



<b><u>FIG. 22 PROGRAMA EN EXCEL CON VARIABLES ACEITE DE SOYA Y ESTABILIZANTE.....</u></b>	<b><u>84</u></b>
<b><u>FIG. 23 MAQUINA PA-630.....</u></b>	<b><u>86</u></b>
<b><u>FIG. 24 PROGRAMA SUPERVISOR.....</u></b>	<b><u>87</u></b>
<b><u>FIG. 25 MENÚ PRINCIPAL DEL PROGRAMA SUPERVISOR.....</u></b>	<b><u>88</u></b>
<b><u>FIG. 26 CONFIGURACIÓN DE VARIABLES DEL PROGRAMA SUPERVISOR.....</u></b>	<b><u>89</u></b>
<b><u>FIG. 27 VARIADORES DE FRECUENCIA INSTALADOS.....</u></b>	<b><u>90</u></b>

## **RESUMEN EJECUTIVO**

En el área de Mezclas Termoplásticos durante los últimos años se ha automatizado paulatinamente el proceso de producción con la adquisición y renovación de un software de control para las máquinas elaboradoras de PVC, con el fin de incrementar la productividad de las mismas y garantizar la calidad del PVC elaborado a más de controlar eficazmente los consumos de materiales.

Debido al constante crecimiento del área, nace la necesidad de realizar un control estadístico del proceso de elaboración de PVC, con la finalidad de mejorar el proceso productivo y optimizar los recursos que se utilizan, para lo cual fue necesario evaluar la capacidad actual de producción, recolectar datos y graficarlos en cartas de control, realizar análisis estadísticos para evidenciar como se está comportando el proceso, establecer las posibles soluciones, delimitarlas y ponerlas en práctica con lo cual se evidencia una mejoría lo cual repercute en la mejora de la calidad del producto terminado y reducción de gastos por desperdicio de material, tomando en cuenta las restricciones de productibilidad del área.

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación se engloban todos los elementos necesarios para realizar el control estadístico del proceso de elaboración de PVC.

En el Capítulo I se pone de manifiesto el Problema de Investigación, junto con la justificación y los objetivos planteados para la realización de la pasantía.

En el Capítulo II que corresponde al Marco Teórico, vamos a encontrar toda la teoría necesaria para poder comprender y sustentar la presente investigación, además vamos a encontrar la hipótesis y el señalamiento de las variables.

En el Capítulo III se refiere a la Metodología empleada para realizar el actual trabajo de investigación.

En el Capítulo IV podemos encontrar el Análisis y la Interpretación de los resultados que se han podido evidenciar a lo largo del desarrollo de la pasantía

En el Capítulo V corresponde a las Conclusiones y Recomendaciones generadas de las experiencias vividas y del conocimiento adquirido durante la realización del presente trabajo.

En el Capítulo VI podemos evidenciar la propuesta que se estableció para la mejora en la elaboración del PVC.

## **CAPITULO I**

### **1. EL PROBLEMA**

#### **1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN**

CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PVC  
PARA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.

#### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

- **Contextualización**

En mundo globalizado, en dónde las barreras fronterizas se encuentran en una franca tendencia a desaparecer y la apertura en los mercados mundiales es una realidad latente gracias a los tratados de libre comercio y convenios internacionales, han obligado a las empresas nacionales a ser más competitivas para permanecer activas ya que ahora, no solo se compite con las empresas locales, sino que se deben medir con empresas internacionales que ofrecen los mismos productos y/o servicios pero a un costo mucho menor y con una mayor calidad.

Las empresas que desean sobrevivir en este nuevo panorama deben de optimizar sus procesos y recursos con el fin de crecer y así poder ofrecer

al público un producto y/o servicio competitivo.

En una primera instancia las primeras soluciones propuestas por las empresas, en su mayoría, implican cambios de tecnología, diseño, etc., lo que significa una fuerte inversión. Esta no es una tarea sencilla especialmente para las pequeñas y medianas empresas, las cuales sus posibilidades de grandes inversiones para modificar sus procesos son casi nulas.

Pero las grandes inversiones en tecnología de punta no es el primer paso que deben tomar las empresas, primero deben asegurarse que sus procesos actuales son los más óptimos y para lograrlo contamos con una herramienta sencilla pero poderosa para ayudarnos a tomar decisiones encaminadas a mejorar nuestros procesos, la herramienta del Control Estadístico de Procesos el cuál es un conjunto de herramientas estadísticas que nos permite recopilar, estudiar y analizar la información de procesos repetitivos para poder tomar decisiones encaminados a la mejora de los mismos.

Es importante recalcar que ningún producto o servicio es exactamente igual a otro sin importar que sea realizado por la misma compañía, maquinaria y/o personas. Esto se debe a las variaciones que se encuentran en cualquier proceso por lo que es necesario realizar un monitoreo para asegurar que las variaciones no afecten la calidad del producto o servicio, esto se logra mediante el uso de la herramienta estadística llamada Control Estadístico de Procesos.

La empresa PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A., en el área de elaboración de Mezclado Termoplástico o PVC, la cual esta dedicado a la producción del mismo para el abastecimiento de los procesos en los cuales es utilizado el PVC, constituye un eje fundamental para la producción de la empresa, esta planta esta ubicada en el Parque

Industrial de Ambato IV Etapa, esta área no cuenta con un control estadístico de procesos

Requiriendo PVC para todo lo que comprende: la elaboración de botas y calzado plástico, suelas para calzado de lona, sandalias e inclusive se realiza PVC para la venta a otras empresas. Con una producción diaria de alrededor de 55.000 kg.

Al no tener un correcto control estadístico del proceso podemos tener:

- mala utilización de la materia prima
- producto fuera de especificación.
- no cumplimiento de los requisitos del cliente interno y externo
- no conformidades potenciales dentro del Sistema de Gestión de Calidad.
- costos de producción excesivos.
- incremento de material a reprocesar.

### **Formulación del Problema**

¿Cómo lograr un mejor control estadístico del proceso de elaboración de PVC que permita reducir la mala utilización de la materia prima y las pérdidas monetarias generadas?

### **Delimitación del Problema**

El presente trabajo se realizó en la empresa PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A., durante el periodo Noviembre 2006 – Marzo 2007, abarcando todo lo referente al Control Estadístico del proceso de elaboración de PVC.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Los beneficios que se esperan obtener con la implementación de un control estadístico del proceso son alcanzar mejoras significativas en corto plazo, mejorar la comunicación, promover el trabajo en equipo, y colocar al a esta área en un proceso de mejora continua, en donde los resultados planeados estén bajo control.

El Control Estadístico de Procesos nos sirve para llevar a la empresa del Control de Calidad "Correctivo" por inspección, dependiente de una solo área, al Control de Calidad "Preventivo" por producción, dependiente de las áreas productivas, y posteriormente al Control de Calidad "Predictivo", por diseño, dependiendo de todas las áreas de la empresa.

El Control Estadístico de Procesos deberá ser utilizado por TODO el personal que tenga o pueda tener en sus manos la posibilidad de mejorar algún proceso o reducir reprocesos y desperdicios, lo que se aplica a personal de Mantenimiento, Producción, Compras, Ventas, etc.

En tal virtud esto hace que las empresas se motiven en contratar personal preparado y capacitado a nivel tecnológico para los diferentes procesos productivos y prestación de servicios, obteniendo como resultado un trabajo garantizado y en óptimas condiciones.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **General**

Realizar el control estadístico del proceso de elaboración de PVC en la empresa PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.

### **Objetivos Específicos**

- Mejorar el proceso de elaboración de PVC
- Reducir reprocesos y desperdicios en la elaboración de PVC
- Reducir costos generados en la elaboración de PVC
- Asegurar que los procesos internos sean llevados apropiadamente.
- Estandarizar los formatos de registro de adquisición de datos para el control estadístico.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

El **hombre** siempre se ha preocupado por la calidad y desde un principio manifestó tal inquietud al seleccionar sus **alimentos** y vestido de tal forma que lo beneficiaran. Más tarde ante la aparición de comunidades humanas se creó el mercado y por lo tanto de la **manufactura** de los **bienes** con la diferenciación del usuario y del productor que los negociaban con la apreciación individual de protección (implicaba una ganancia en el uso y satisfacción del bien negociado).

Más tarde, la creación de las primeras ciudades trae como consecuencia un **mercado** de **bienes** y **servicios** más estructurado y el **desarrollo** incipiente de algunas especificaciones y **herramientas** de **medición**. Con el crecimiento y **desarrollo** del **comercio** se consolida la necesidad de contar con ciertas descripciones de lo que se desea y lo que se ofrece (especificaciones y garantías) para facilitar el intercambio.

La **Revolución Industrial** crea aún más necesidades de especificar la calidad de los **bienes**, lo cual establece un **proceso** evolutivo de tales necesidades hasta nuestros días.



Como lo expresa Bounds "la calidad ha evolucionado a través de cuatro eras: la de inspección (siglo XIX) que se caracterizó por la detección y solución de los **problemas** generados por la falta de uniformidad del **producto**; la era del control estadístico del proceso (década de los treinta) enfocada al **control** de los **procesos** y la aparición de **métodos** estadísticos para el mismo fin y para la reducción de los niveles de inspección; la del aseguramiento de la calidad (década de los cincuenta), que es cuando surge la necesidad de involucrar a todos los departamentos de **la organización** en el **diseño, planeación** y ejecución de **políticas** de calidad"; y la era de la administración estratégica de la calidad total (década de los noventa) donde se hace hincapié en el **mercado** y en las necesidades del **consumidor**, reconociendo el efecto estratégico de la calidad como una oportunidad de **competitividad**.

El Control Estadístico de Procesos (C.E.P.), también conocido por sus siglas en inglés "SPC" es un conjunto de herramientas estadísticas que permiten recopilar, estudiar y analizar la información de procesos repetitivos para poder tomar decisiones encaminadas a la mejora de los mismos, es aplicable tanto a procesos productivos como de servicios siempre y cuando cumplan con dos condiciones: Que se mensurable (observable) y que sea repetitivo. El propósito fundamental de C.E.P. es identificar y eliminar las causas especiales de los problemas (variación) para llevar a los procesos nuevamente bajo control.

Después de haber revisado los archivos de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, se ha determinado que no existen trabajos anteriormente elaborados hasta la fecha con respecto al tema Control Estadístico de Procesos

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

**PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.**

Empresa con participación en el mercado con marcas propias e internacionales, oficinas comerciales alineadas y negocios consolidados de productos de caucho

**Misión:**

Damos pasos firmes...sustentados en nuestros principios y valores, talento humano, experiencia, innovación y tecnología, para satisfacer a nuestros clientes y apoyar al desarrollo de la comunidad.

**Visión:**

Grupo empresarial exitoso, que produce y comercializa de manera competitiva principalmente calzado para el mercado latinoamericano, cultivando la fidelidad de sus clientes y actuando responsablemente con la sociedad.

**Iniciativas Estratégicas:**

1. Desarrollar Visión Corporativa.
2. Fortalecer la Gestión Comercial.
3. Enfatizar el desarrollo y completar el portafolio de productos.
4. Delimitar e integrar funciones gerenciales.
5. Desarrollar una cultura de evaluación de resultados.
6. Aprovechar oportunidades en nuevos nichos del mercado.
7. Incursionar en negocio de suministros de calzado.
8. Fortalecer asesoría a clientes.
9. Redefinir negocios con poca presencia.
10. Profundizar conocimiento del mercado y la competencia

**2.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES**

### 2.3.1 Elaboración de PVC

Existen varios pasos en la elaboración de PVC que consisten en los siguientes:

- Cada lunes al iniciar la semana se entrega las fórmulas correspondientes a PVC Negro Botas – Lona, Blanco y Amarillo.
- El operador ingresa los datos de la fórmula al sistema del computador, en el cual crea el número de orden (correspondiente a la semana) y la cantidad de paradas a producir.
- Entonces empieza la carga de resina a la máquina, dependiendo del silo correspondiente al tipo de resina que contenga ejemplo: LG LS-100, Vinilen, Petco.
- Se descarga la resina al mezclador, y cuando alcanza los 50 grados, se incorpora el aceite de soya, estabilizante y parafina. Luego a los 60 grados se incorpora el DOP.
- Al llegar a los 92 grados la mezcla se encuentra incorporada en su totalidad y evacua al Enfriador.
- En el enfriador:

PVC Negro Botas – Lona.- Se incorpora el colorante negro repi, el carbonato de calcio, y la cantidad de PVC Recuperado de acuerdo al tipo de PVC (Botas o Lona).

PVC Blanco.- Se incorpora los colorantes suministrados por Pesaje Mezclas y el 15% de PVC Recuperado Blanco.

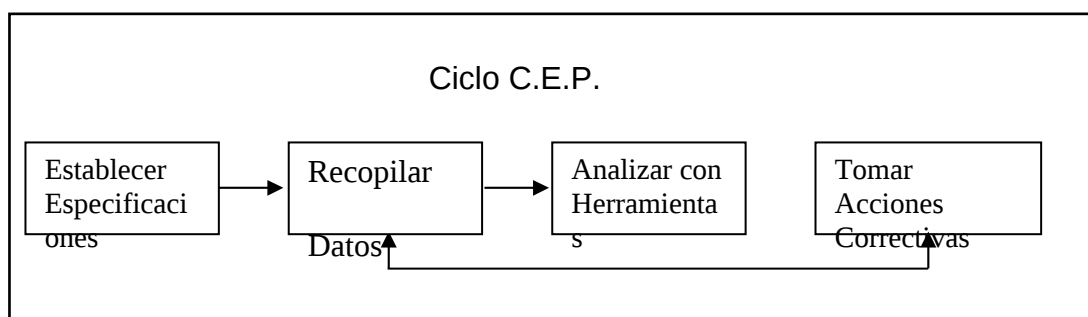
PVC Amarillo.- Se incorpora los colorantes suministrados por Pesaje Mezclas y el 15% de PVC Granulado Amarillo.

PVC Especiales.- Se incorpora los colorantes suministrados por Pesaje Mezclas

- Al llegar a los 50 grados, se evacúa el PVC hacia la tolva en la cual se distribuye hacia los silos madres y hacia los súper sacos, es aquí donde laboratorio toma una muestra para realizar las pruebas y liberar (tarjeta verde) o detener (tarjeta roja) el producto.
- Cuando el producto necesita ser granulado, se procede en el Extrusor a una velocidad de 2:2 a una temperatura promedio de las zonas de calentamiento de 130 grados, y 75 grados en el caso de PVC Expandidos.
- Una vez liberados los sacos de PVC se ubican en la zona de embarque para ser enviados a PLANTA.

### 2.3.2 Control estadístico de procesos

El C.E.P. sirve para llevar a la empresa del Control de Calidad “Correctivo” por inspección, de pendiente de una sola área, al Control de Calidad “Preventivo” por producción, dependiente de las áreas productivas, y posteriormente al Control de Calidad “Predictivo” por diseño, dependiendo de todas las áreas de la empresa. En la figura 1 se muestra el ciclo de aplicación del Control Estadístico de Proceso



### **Fig. 1 Ciclo de aplicación de Control Estadístico de Procesos**

Una empresa que cuenta con Control Estadístico puede mejorar sus procesos, reducir reprocesos y desperdicios, lo que genera una reducción de costos ya que el C.E.P. involucra más que solo crear el producto perfecto, implica además asegurar que los procesos internos son llevados apropiadamente, que el equipo se le da el mantenimiento adecuado y que los recursos suministrados son los adecuados.

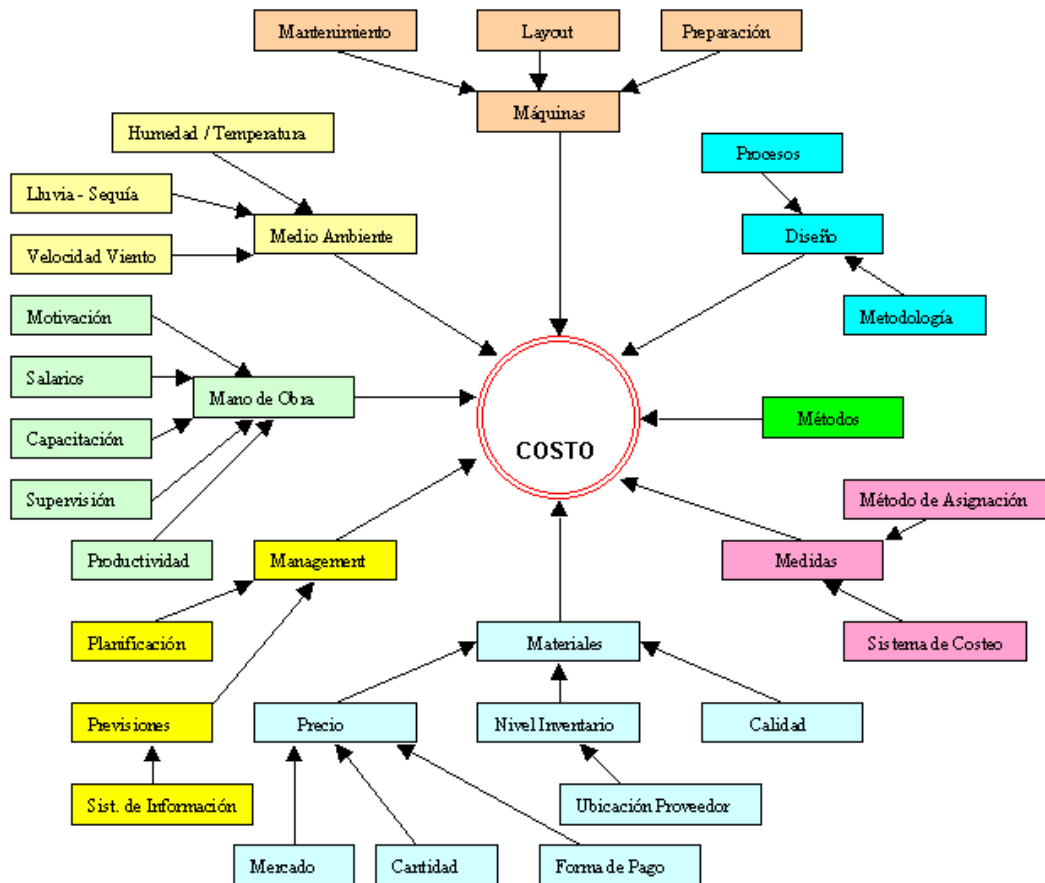
#### **2.3.3 Los Costos de Producción y el Control de Procesos Estadístico**

Los niveles de costo de la generación de productos o servicios son resultantes de diversos factores que se interrelacionan en los procesos productivos.

Así pues bajo ciertas condiciones, y en tanto y en cuanto, no se modifiquen aspectos fundamentales como pueden ser las variaciones en los precios de las materias primas, el costo salarial, los métodos de producción, las características del producto y las máquinas utilizadas, entre otras, el costo promedio en la producción de un bien o servicio evolucionará en el tiempo entre ciertos límites que expresan la capacidad del proceso de generar output dentro de un determinado nivel de costes.

La figura 2 muestra como el costo de producción depende de una serie de factores, los cuales a su vez son productos de otros numerosos factores, es decir el costo de un producto es la resultante de la combinación de factores dentro de un marco sistemático (precio materia prima, costo salarial, métodos de producción, características del producto, maquinaria utilizada, entre otras)

**Fig. 2 Factores que intervienen en el Costo de Producción**



La interacción de los numerosos factores originan el nivel de costo del producto pero el hecho de que los procesos estén expuestos a cambios continuos sufrirán variaciones llamadas naturales (aleatorias) y especiales (atribuibles).

Las variaciones atribuibles se deben a una causa concreta, tal como las diferencias entre el rendimiento de diversas máquinas, operarios o materiales.

Las variaciones de este tipo no son aleatorias, y pueden conducir a variaciones excesivas en los procesos. Si existen causas de variaciones atribuibles en un proceso, entonces se dice que el proceso está “fuera de control”.

Las variaciones debidas a causas atribuibles suelen ser excesivas, y no se pueden utilizar métodos de Control Estadístico de Procesos (CEP) para predecirlas.

Las variaciones aleatorias surgen como consecuencia de la interacción de una gran variedad de factores, tales como la temperatura, la presión atmosférica y la tolerancia normal de operación de la maquinaria. Estas variaciones son aleatorias, en general pequeñas, y no se pueden atribuir a ninguna causa concreta. Se dice que un proceso es “estable” o que está “dentro de control” si la variabilidad del proceso es consecuencia únicamente de variaciones aleatorias.

Y es el control de las variaciones lo que lleva a una empresa a reducir sus costos de fabricación, ya que al identificar cada una de las causas de las variaciones y se eliminan de ser necesario, el resultado se ve reflejado inmediatamente en la reducción de reprocesos, reducción de desperdicio y un latente aumento en la productividad.

Al contar con procesos certificados se puede ofrecer productos y servicios a precios verdaderamente competitivos y con alta calidad, garantizando así la satisfacción de los clientes.

Distinguir entre un tipo de variación y otro, resulta de fundamental importancia a la hora de adoptar decisiones. Las decisiones correctas son ajustar el proceso cuando está fuera de control, y dejarlo solo cuando está bajo control.

El riesgo de ajustar innecesariamente un proceso bajo control equivale a un error tipo I; si no se corrige un proceso que esté fuera de control, es un error tipo II. La aplicación correcta del control estadístico del proceso reduce al mínimo estos riesgos.

	Estado del proceso	
Decisión	Bajo control	Fuera de control
Ajustar el proceso	<b>Error tipo I</b>	<b>Decisión correcta</b>
Dejarlo solo	<b>Decisión correcta</b>	<b>Error tipo II</b>

**Fig. 3 Estado del proceso**

Aún queda por definir que es el control estadístico de procesos (CEP). La misma es una técnica estadística para asegurar que los procesos cumplen con los estándares. Como se dijo anteriormente todos los procesos están sujetos a ciertos grados de variabilidad, por tal motivo es necesario distinguir entre las variaciones por causas naturales y por causas imputables, desarrollando una herramienta simple pero eficaz para separarlas: el gráfico de control.



Las variaciones naturales afectan a todos los procesos de producción, y siempre son de esperar. Este tipo de variaciones son las diferentes fuentes de variación de un proceso que está bajo control estadístico. Se comportan como un sistema constante de causas aleatorias. Aunque sus valores individuales sean todos diferentes, como grupo forman una muestra que puede describirse a través de una distribución. Cuando estas distribuciones son normales, se caracterizan por dos parámetros. Estos parámetros son: la media de la tendencia central y la desviación estándar.

Mientras los costos evolucionen dentro de los límites de control, se dice que el proceso está “bajo control”, y se toleran pequeñas variaciones.

Los procedimientos para establecer un control estadístico del comportamiento de los costos implica:

1. establecer la “capacidad del proceso”;
2. crear un gráfico de control;
3. recoger datos periódicos y representarlos gráficamente;
4. identificar desviaciones;
5. identificar las causas de las desviaciones;
6. perpetuar los efectos positivos y corregir las causas de los negativos.

Sobre la base de un período, cuya amplitud está en función de las características del proceso y del bien o servicio) se procede a calcular el Promedio, el cual pasa a ser el Costo Medio del Proceso (CMP) y los respectivos Límites de Control Superior (LCS) e Inferior (LCI). Se determina el Costo Máximo Aceptable (CMA) que no es otra cosa que el Coste Objetivo, al cual se pretende llegar para lograr una determinada

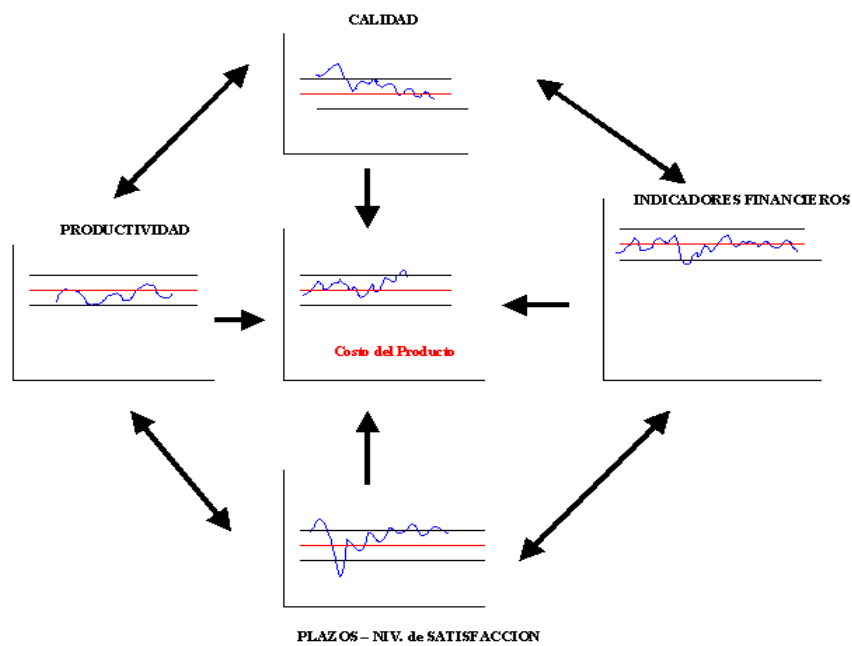
rentabilidad dado un precio de mercado. Se procede a calcular la Capacidad del Proceso (CP) que es igual al CMA dividido el LCS.

En cada oportunidad que se produce un cambio estructural o significativo sea por decisión de la empresa (cambio en el tipo de material, variaciones de diseño, nueva maquinaria, cambio de proveedor), o por razones ajenas (cambios de precios de la materia prima, variación en el costo de los combustibles o energía eléctrica) se debe proceder a efectuar el recálculo del CMP y de los LCS, LCI, CMA y CP.

Objetivo fundamental de la dirección de la empresa es reducir el CMP y las variaciones de manera tal de alejar el LCS del CMA permitiendo una mayor CP.

Cuanto más cortos sean los períodos de tiempo para los cuales se efectúan los cálculos de los costes, más rápido podrán adoptarse medidas correctivas para tener bajo control los procesos.

El seguimiento mediante el sistema de CEP (SPC en sus siglas en inglés) para otras variables tanto financieras, como de calidad, productividad, plazos o tiempos de entrega o procesamientos y niveles de satisfacción de los usuarios, permiten tener un cuadro de mando integral (CMI) que sirve para comprender mejor el comportamiento de los costos y la íntima interrelación entre los diversos factores.

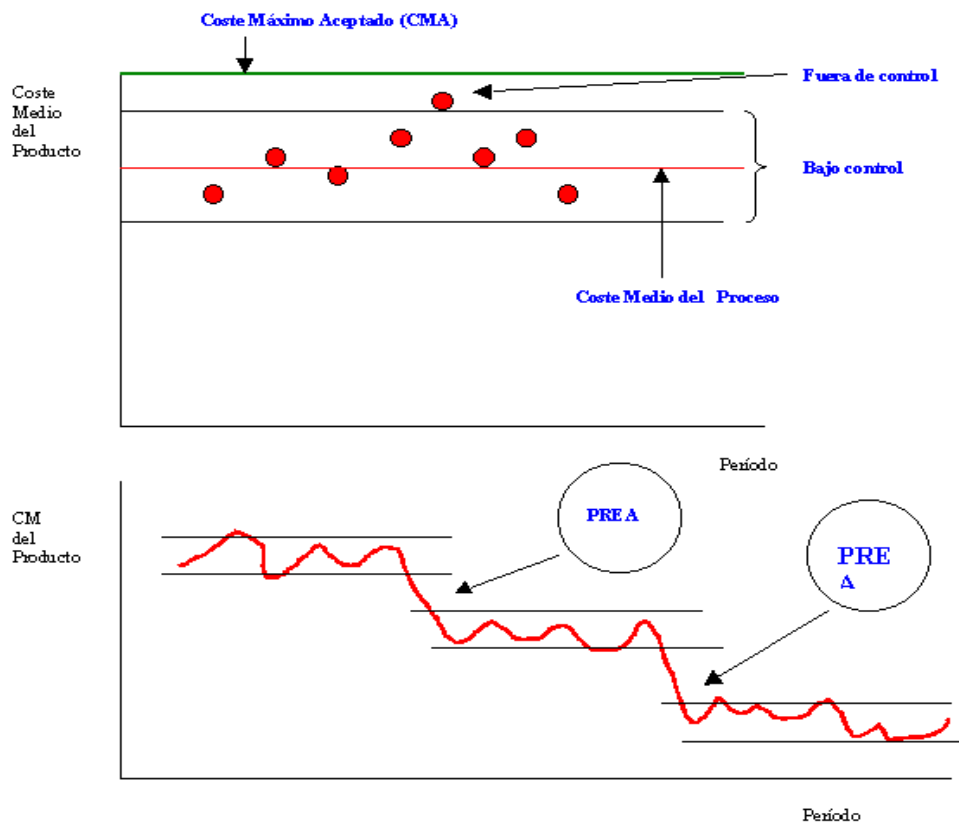


**Fig. 4 Variables**

Mediante la utilización de las diversas herramientas de gestión, los Círculos de Calidad y los Equipos de Mejora procederán a analizar las variaciones graficadas en los CEP procediendo a estandarizar el proceso en primer lugar (ponerlo bajo “control estadístico”) para luego proceder a mejorar los estándares, logrando mayores niveles de productividad, mejores niveles de calidad, menores niveles de inventario, mejores plazos de respuestas y menores niveles de costos.

En este proceso cobra fundamental importancia la rueda de Deming, consistente en el proceso de **Planificar – Realizar – Evaluar – Actuar** (PREA).

PREA, y el método científico en general, requiere necesariamente nuevas ideas acerca de cómo hacer que las cosas funcionen mejor. Sin ellas no se logra el mejoramiento.

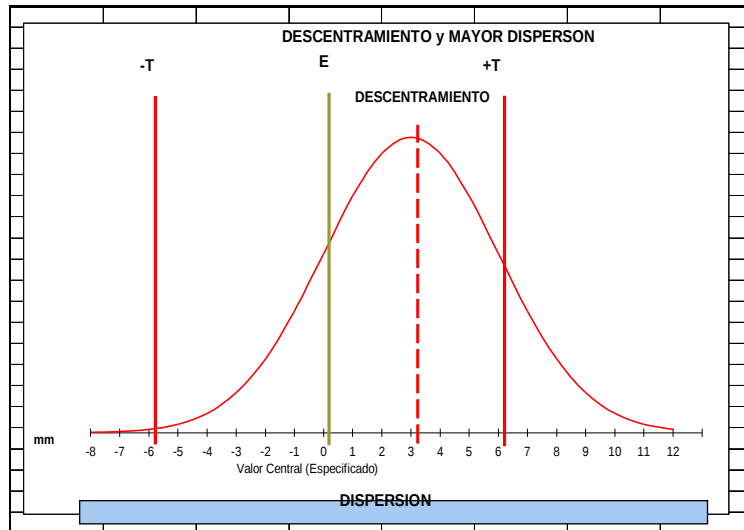


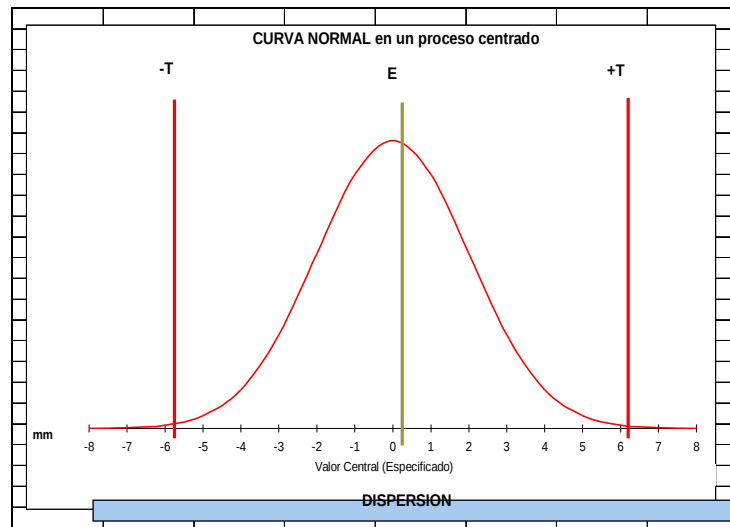
**Fig. 5 Mejoramiento mediante PREA**

**Centramiento y variación**

- En un proceso se debe trabajar conforme lo establece una especificación, es decir, siempre debe tender a un valor central.
- En una distribución de las observaciones o medidas individuales de un proceso, podemos observar que estos valores se separan o dispersan del valor central o especificado, esto se denomina variación o dispersión.

- En la naturaleza y en los procesos industriales esta distribución es uniforme a ambos lados del valor central, esta distribución se llama distribución normal, siendo simétrica alrededor de la media.





**Fig. 6 Curva Normal**

### 2.3.4 Cartas de Control

Entre las más importantes herramientas en el control estadístico de la calidad es la gráfica o carta de control, también llamada gráfica de Shewart, por ser este economista quien la investigó y la puso en práctica aproximadamente en el año 1920.

Una de sus principales características es la capacidad de diferenciar las causas asignables de las no asignables de la variación de la calidad. Las gráficas de control son útiles para vigilar la variación de un proceso en el tiempo, probar la efectividad de las acciones de mejora emprendidas y para estimar la capacidad de un proceso.

Su uso posibilita el diagnóstico y corrección de muchas dificultades presentes en un proceso, en donde no sólo es necesario mejorar la calidad sino que también hay que reducir el desperdicio y el “reproceso”.

En el control estadístico de la calidad se habla de un mejoramiento continuo, por esto las gráficas de control se deben utilizar en forma

permanente para observar el comportamiento del proceso, aún cuando los resultados revelen que se trata de un proceso estable, ya que se puede lograr mayor uniformidad modificando el proceso básico a través de ideas correctivas.

Es aconsejable analizar primero el diagrama de la variabilidad, ya que si este indica la presencia de condiciones fuera de control, la interpretación del diagrama al promedio será incorrecta.

Las diferencias que existen entre las gráficas **R** y las **s**, son, en primer lugar que las gráficas R se calculan con mayor facilidad y su explicación es más sencilla, en cambio en las gráficas s, se usan todos los datos, en consecuencia, es más precisa.

Las cartas de control se elaboran teniendo en cuenta los siguientes pasos:

1. **Definir la característica de la calidad a evaluar**: la variable deberá ser medible y expresable en números, por lo general están expresadas en función de longitud, masa, tiempo, corriente eléctrica, temperatura, etc.
2. **Escoger el subgrupo racional**: los datos que se reúnen en forma aleatoria no se los considera racionales, un subgrupo racional es aquel en el que la variación que se produce dentro del grupo mismo se debe a causas fortuitas; esa variación sirve para calcular los límites de control y la variación entre un subgrupo y otro sirve para evaluar la estabilidad a largo plazo. Una regla práctica es utilizar gráficas  $\bar{x}$  y  $s$  en vez de  $\bar{x}$  y R cuando el tamaño del subgrupo es mayor que 15.

3. **Reunir los datos necesarios:** los mismos se deben registrar en tablas sencillas para facilitar los cálculos de  $\bar{X}$ , R, s.
4. **Calcular la línea central de ensayo y los límites de control:** según los parámetros estadísticos conocidos, las fórmulas a utilizar son:

Método	Gráfica $\bar{X}$	Gráfica R	Gráfica s
$\mu_x$ y $\sigma_x$ conocidas	$CL = \mu_x$ $UCL_{\bar{X}} = \mu_x + A\sigma_x$ $LCL_{\bar{X}} = \mu_x - A\sigma_x$	$CL = d_2\sigma_x$ $UCL_R = D_2\sigma_x$ $LCL_R = D_1\sigma_x$	$CL = \bar{s} = c_4\sigma_x$ $UCL_s = B_6\sigma_x$ $LCL_s = B_5\sigma_x$
$\mu_x$ y $\sigma_x$ estimadas a partir de $\bar{X}$ y R	$CL = \bar{\bar{X}}$ $UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$ $LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$	$CL = \bar{R}$ $UCL_R = D_4\bar{R}$ $LCL_R = D_3\bar{R}$	
$\mu_x$ y $\sigma_x$ estimadas a partir de $\bar{X}$ y $\bar{s}$	$CL = \bar{\bar{X}}$ $UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{s}$ $LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{s}$		$CL = \bar{s}$ $UCL_s = B_4\bar{s}$ $LCL_s = B_3\bar{s}$

Donde:

- $\bar{X}$  Media aritmética
- R Rango
- s Desviación estándar
- $\bar{\bar{X}}$  Media de la sumatoria de las medias aritméticas
- $\bar{R}$  Media de la sumatoria de los rangos
- $\bar{s}$  Media de la sumatoria de las desviaciones estándar

5. **Representar gráficamente las cartas de control:** se realizan con software específico para estadística. Los gráficos consisten en trazar una línea central continua, con los parámetros de  $\bar{R}$ ,  $\bar{s}$  o  $\bar{\bar{X}}$ , y las líneas de los límites superiores e inferiores en línea discontinua y por medio de puntos o marcas, se dibujan los datos.



- **Considerar y evaluar de los resultados obtenidos:** las gráficas de control determinan si el proceso es **“estable o bajo control”** o si se encuentra **“fuera de control”**.

Existen distintos tipos de cartas de control según los datos con los que se cuenta:

### **Carta Media-Rango:**

Se trata de una carta de tipo variable, en la que la medida de tendencia central, la media muestral, esta controlada por la **Carta Media**, en tanto que la variabilidad se controla por medio del rango, lo que constituye la **Carta Rango (R)**.

El rango o amplitud representa la diferencia entre el mayor y el menor valor de las mediciones de una muestra.

### **Carta Media-Rango, con estándar dado:**

La media del proceso sigue una distribución Normal con media  $\mu$  y desviación estándar  $\sigma/\sqrt{n}$ , valores que se suponen conocidos.

En cambio, la medida del Rango (R) no tiene una distribución normal, pero es una variable aleatoria de una muestra. La distribución de R se relaciona aproximadamente con la distribución Chi-Cuadrado.

### **Carta Media:**

Los límites de control están determinados de tal forma que resulta una probabilidad pequeña de que un valor dado de esté fuera de los límites por que, en realidad, el proceso está en control. En virtud del Teorema central del límite, se tiene:

Como resultado, el  $100(1-\alpha)$  % de los valores de caen dentro de los límites cuando el proceso está bajo control si se utilizan los límites:

$$\begin{aligned} \text{L.C.I. } (\bar{X}) &= \mu - z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ \text{L.C.S } (\bar{X}) &= \mu + z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \end{aligned}$$

Como las cartas se basan en los límites  $3. \sigma$ , se tiene:  $Z = 3$ , obteniendo los límites siguientes:

$$\text{L.C.S. } (\bar{X}) = \mu + A \sigma \quad (1)$$

$$\text{L.C. } (\bar{X}) = \mu \quad (2)$$

$$\text{L.C.I. } (\bar{X}) = \mu - A \sigma \quad (3)$$

Donde:

$$A = \frac{3}{\sqrt{n}}$$

### Carta Rango (R):

Si se supone un proceso bajo control, es necesario obtener la relación entre el Rango (R) de una muestra tomada a una población normal con parámetros conocidos y la desviación estándar de la población. Puesto que el Rango es una variable aleatoria, la cantidad  $W = R / \sigma$  (El Rango Relativo) también es una variable aleatoria.

Se refiere con frecuencia al valor esperado de W como, entonces tomado el valor de W anterior se tiene que:

$$\frac{E(R)}{\sigma} = d_2$$

$$E(R) = d_2 \sigma$$

Como además  $R = W \sigma$ , la desviación estándar de R puede obtenerse como

$$\sigma_R = \sigma_w \sigma$$

La desviación estándar de W o sea, es una función del tamaño de muestra n y comúnmente se representa por d3, entonces resulta:

$$\sigma_R = d_3 \sigma$$

Los límites de la carta se basan en la esperanza del Rango, más y menos desviaciones estándar del Rango, o sea

$$E(R) \pm 3\sigma_R$$

Haciendo:  $D2 = d2 + 3 d3$

:  $D1 = d2 - 3 d3$

Los límites de control resultan ser:

$\text{L.C.S. (R)} = D_2 \sigma$ $\text{L.C. (R)} = d \sigma$ $\text{L.C.I. (R)} = D_1 \sigma$
--

**Carta Media Rango Sin Estándar dado:**

En la mayoría de las aplicaciones prácticas  $\mu$  y  $\sigma$  son desconocidos y por consiguiente hay que obtener estimadores de estos parámetros. Es deseable que estos estimadores se basen en por lo menos 25 subgrupos de  $n$  observaciones recogidas mientras el proceso este bajo control.

### Carta Media:

El estimador de  $\mu$  es la gran media y los límites  $3\sigma$  son de la forma

$$\bar{\bar{X}} \pm 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Entonces los límites de control para la Carta Media se calculan a partir de las fórmulas (4), (5) y (6) de la siguiente forma:

$\begin{aligned} \text{L.C.S.}(\bar{X}) &= \bar{\bar{X}} + A_2 R \\ \text{L.C.}(\bar{X}) &= \bar{\bar{X}} \\ \text{L.C.I.}(\bar{X}) &= \bar{\bar{X}} - A_2 R \end{aligned}$
---

Donde  $A_2 = 3 / d_2 \sqrt{n}$ .

### 2.3.5 Interpretación de las Cartas de Control:

- Los puntos no debe considerarse como puntos individuales sino como una distribución.
- No es conveniente dedicar mucha atención al movimiento de los puntos entre los límites de control. Los resultados estarán dispersados al azar.
- Si los puntos caen dentro de los límites, en principio se considera que el proceso esta en estado controlado. Debe señalarse, sin embargo que hablando con rigor, el estado controlado en el gráfico de control se da cuando los puntos

están dispersos al azar entre los límites de control, y forman una distribución normal que tiene a la línea central en el medio.

- Si algunos puntos caen fuera de los límites, seguro que ha tenido lugar una anomalía en el proceso, y el proceso está fuera de control.

- También se considera que en un gráfico el proceso está fuera de control si algunos puntos caen justo en una línea de control, tal situación que se denomina estado “incontrolado” o “fuera de control”.

- Cuando los puntos de un gráfico de control satisfacen las siguientes condiciones se dice que el proceso, de momento, está controlado.

1. Veinticinco puntos consecutivos caen dentro de los límites de control.
2. En treinta y cinco puntos consecutivos, no hay más de uno que caiga fuera de los límites de control.
3. En cien puntos consecutivos, no hay más de dos que caigan fuera de los límites de control.

- Un número consecutivo de puntos que caen a un lado u otro de la línea central se llama “racha” o desviación. Es anómalo que un número grande de puntos consecutivos caiga por arriba o por debajo de la línea central. Generalmente, se considera que está presente una anomalía cuando tiene lugar una racha de siete o más puntos.

- Sin embargo cuando falta una línea de control (la línea de control inferior del gráfico de control R cuando  $n$  es seis o

menor) no se considera que hay presente una anomalía aunque 7 o más puntos tengan en ese lado de la línea central.

- Existe la posibilidad de que haya tenido lugar una anomalía en el proceso si varios puntos aparecen al mismo lado de la línea central, como se describe a continuación:

4. Diez u once puntos consecutivos.

5. Doce o más puntos de catorce puntos consecutivos.

6. Dieciséis o más puntos de veinte puntos consecutivos.

- Cuando los puntos muestran una tendencia hacia arriba o hacia abajo, puede haber presente una anomalía.

- Cuando mas de la mitad de los puntos caen fuera de los límites de control, o cuando la mayoría de los puntos están apiñados alrededor de la línea central en una banda la mitad de ancha que la de los límites de control, esto indica que fue inadecuada la formación de subgrupos o la estratificación de los datos para el grafico. Cuando ocurre esto, se debe volver a dibujar el gráfico utilizando una forma diferente de constituir los subgrupos o de estratificar (utilizar para cada maquina una carta de control, preparar cartas de control para materia prima de distintos orígenes, para distintos meses, etc.).

### 2.3.6 Fórmulas utilizadas

Correspondientes a mediciones individuales

Gráfico de Media

$$\mathbf{CMP} = \Sigma \text{Coste Medio} \div n$$

$$\mathbf{LCS} = \mathbf{CMP} + (3 \div d2) \times \mathbf{Amplitud\ Media}$$

$$\mathbf{LCS} = \mathbf{CMP} - (3 \div d2) \times \mathbf{Amplitud\ Media}$$

$$\mathbf{CP} = \mathbf{CMA} \div \mathbf{LCS}$$

Gráfico de Mediana

$$\mathbf{CMP} = \Sigma \text{ Coste Medio} \div n$$

$$\mathbf{LCS} = \mathbf{CMP} + (3,14 \times \text{Mediana de las Amplitudes})$$

$$\mathbf{LCS} = \mathbf{CMP} - (3,14 \times \text{Mediana de las Amplitudes})$$

$$\mathbf{CP} = \mathbf{CMA} \div \mathbf{LCS}$$

Media aritmética  $\bar{x}$  : es la sumatoria de todas las observaciones dividido para el número total de observaciones

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Desviación media absoluta: Se define la desviación media como la media de las diferencias en valor absoluto de los valores de la variable a la media.

$$D_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|$$

Expresión de la varianza muestral: La varianza se define como la media de las diferencias cuadráticas de  $n$  puntuaciones con respecto a su media aritmética

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Expresión de la varianza poblacional:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N}$$

Expresión de la desviación estándar muestral: Es la raíz cuadrada de la varianza

$$\sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Expresión de la desviación estándar poblacional:

$$\sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N}}$$

Coefficiente de variabilidad: El coeficiente de variación o variabilidad es la proporción existente entre desviación típica y media

$$CV = \frac{\text{Desviación típica}}{\text{media}} \times 100$$

### 2.3.7 Bombas de desplazamiento positivo

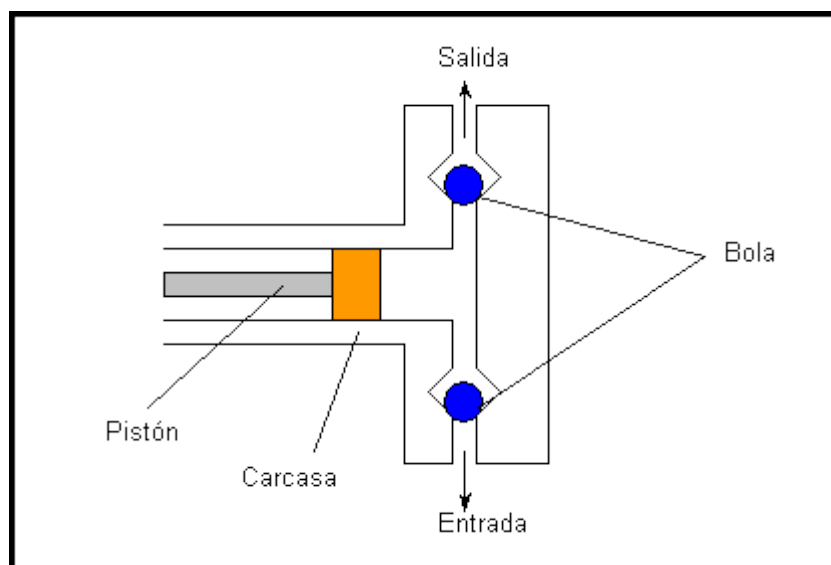
Gracias al movimiento cíclico constante de su parte móvil, una bomba de desplazamiento positivo es capaz de entregar un caudal constante de líquido y soportar (dentro de sus límites) cualquier presión que se requiera.

En otras palabras, una bomba de desplazamiento positivo genera caudal, pero a alta presión.

Una bomba de desplazamiento positivo consiste básicamente de una parte móvil alojada dentro de una carcasa. La bomba mostrada en la figura tiene un émbolo como parte móvil. El eje del émbolo está



conectado a una máquina de potencia motriz capaz de producir un movimiento alternativo constante del émbolo. El puerto de entrada está conectado al depósito, en los puertos de entrada y salida, una bola permite que el líquido fluya en un solo sentido a través de la carcasa. Estas bombas las constituyen las del tipo oleohidráulico, es decir, bombas que además de generar el caudal, lo desplazan al sistema obligándolo a trabajar, este fenómeno se mantiene aún a elevadas presiones de funcionamiento.



**Fig. 7 Bombas de desplazamiento positivo**

Las bombas pueden clasificarse además dependiendo de la forma en que se desplaza la parte móvil de éstas; si el desplazamiento es rectilíneo y alternado, entonces se llamarán oscilantes, y si el elemento móvil gira se llamarán rotativas.

Se dice que una bomba es de desplazamiento No positivo cuando su órgano propulsor no contiene elementos móviles; es decir, que es de una sola pieza, o de varias ensambladas en una sola.

A este caso pertenecen las bombas centrífugas, cuyo elemento propulsor es el rodete giratorio. En este tipo de bombas, se transforma la energía

mecánica recibida en energía hidro-cinética imprimiendo a las partículas cambios en la proyección de sus trayectorias y en la dirección de sus velocidades. Es muy importante en este tipo de bombas que la descarga de las mismas no tenga contrapresión pues si la hubiera, dado que la misma regula la descarga, en el caso límite que la descarga de la bomba estuviera totalmente cerrada, la misma seguiría en movimiento NO generando caudal alguno trabajando no obstante a plena carga con el máximo consumo de fuerza matriz.

Por las características señaladas, en los sistemas hidráulicos de transmisión hidrostática de potencia hidráulica NUNCA se emplean bombas de desplazamiento NO positivo.

Se dice que una bomba es de desplazamiento positivo, cuando su órgano propulsor contiene elementos móviles de modo tal que por cada revolución se genera de manera positiva un volumen dado o cilindrada, independientemente de la contrapresión a la salida. En este tipo de bombas la energía mecánica recibida se transforma directamente en energía de presión que se transmite hidrostáticamente en el sistema hidráulico.

En las bombas de desplazamiento positivo siempre debe permanecer la descarga abierta, pues a medida que la misma se obstruya, aumenta la presión en el circuito hasta alcanzar valores que pueden ocasionar la rotura de la bomba; por tal causal siempre se debe colocar inmediatamente a la salida de la bomba una válvula de alivio o de seguridad con una descarga a tanque y con registro de presión.

### **Características principales**

Estas bombas guían al fluido que se desplaza a lo largo de toda su trayectoria, el cual siempre está contenido entre el elemento impulsor, que puede ser un embolo, un diente de engranaje, un aspa, un tornillo, etc., y la carcasa o el cilindro. “El movimiento del desplazamiento positivo”

consiste en el movimiento de un fluido causado por la disminución del volumen de una cámara. Por consiguiente, en una máquina de desplazamiento positivo, el elemento que origina el intercambio de energía no tiene necesariamente movimiento alternativo (émbolo), sino que puede tener movimiento rotatorio (rotor).

Sin embargo, en las máquinas de desplazamiento positivo, tanto reciprocantes como rotatorias, siempre hay una cámara que aumenta de volumen (succión) y disminuye volumen (impulsión), por esto a éstas máquinas también se les denomina Volumétricas.

Con el nombre general de Bombas Positivas se conoce a las Bombas Reciprocantes y a las Rotatorias, de las cuales a continuación expondremos sus características principales.

### **Ventaja de las bombas positivas**

Las bombas positivas tienen la ventaja de que para poder trabajar no necesitan "cebarse", es decir, no es necesario llenar previamente el tubo de succión y el cuerpo de la bomba para que ésta pueda iniciar su funcionamiento, tal como acontece en las bombas centrífugas. En las bombas positivas, a medida que la bomba por sí misma va llenándose de líquido, éste va desalojando el aire contenida en la tubería de succión, iniciándose el escurrimiento a través del sistema cuando ha acabado de ser desalojado el aire.

Para completar lo antes dicho relativo a las bombas positivas o de presión mecánica ya sea reciprocante o rotatoria y por lo que respecta a la altura de succión más conveniente en ellas.

Queda entendido que la altura práctica de succión aquí indicada, es igual a la distancia vertical a la que puede ser elevada el agua en la succión, menos las pérdidas de carga por fricción y otras si las hay; en el concepto de que la temperatura del agua por manejar.

### **2.3.8 Bomba de engranajes**

Esta es una de los tipos más populares de bombas de caudal constante, Sobro todo si es de engranajes exteriores. En su forma más común, se componen de dos piñones dentados acoplados que dan vueltas, con un cierto juego, dentro de un cuerpo estanco. El piñón motriz esta enchavetado sobre el árbol de arrastre accionando generalmente por un motor eléctrico. Las tuberías de aspiración y de salida van conectadas cada una por un lado, sobre el cuerpo de la bomba.

A consecuencia del movimiento de rotación que el motor le provoca al eje motriz, éste arrastra al engranaje respectivo el que a su vez provoca el giro del engranaje conducido (segundo engranaje). Los engranajes son iguales en dimensiones y tienen sentido de giro inverso.

Con el movimiento de los engranajes, en la entrada de la bomba se originan presiones negativas; como el aceite que se encuentra en el depósito está a presión atmosférica, se produce una diferencia de presión, la que permite el traslado de fluido desde el depósito hacia la entrada de la bomba (movimiento del fluido). Así los engranajes comienzan a tomar aceite entre los dientes y a trasladarlo hacia la salida o zona de descarga. Por efecto del hermetismo de algunas zonas, el aceite queda impedido de retroceder y es obligado a circular en el sistema



**Fig. 8 Bomba de Engranajes**

Los dientes de los piñones al entrar en contacto por el lado de salida expulsa el aceite contenido en los huecos, en tanto que el vacío que se genera a la salida de los dientes del engranaje provoca la aspiración del aceite en los mismos huecos.

Las bombas corrientes de engranajes son de construcción simple, pero tienen el defecto de tener un caudal con pulsaciones.

Los piñones dentados se fabrican con acero Cr-Ni de cementación cementados, templados y rectificadas (profundidad de cementación 1 mm.)

Los ejes de ambos engranajes están soportados por sendos cojinetes de rodillos ubicados en cada extremo. El engranaje propulsor se encuentra acunado a su eje. Como se dijo, el aceite es atrapado en los espacios entre los dientes y la caja de función que los contiene y es transportado alrededor de ambos engranajes desde la lumbrera de aspiración hasta la descarga.

Lógicamente el aceite no puede retornar al lado de admisión a través del punto de engrane.

Los engranajes de este tipo de bomba generalmente son rectos, pero también se emplean engranajes helicoidales, simples o dobles, cuya ventaja principal es el funcionamiento silencioso a altas velocidades.

Cabe destacar un hecho al cual hay que poner preferente atención: deben tomarse precauciones contra el desarrollo de presiones excesivas que pueden presentarse por quedar aceite atrapado entre las sucesivas líneas de contacto de los dientes. Para evitar este inconveniente, se ejecuta en las platinas laterales un pequeño fresado lateral que permite el escape del aceite comprimido, ya sea hacia la salida o hacia la aspiración.

### **2.3.9 Bombas de Vacío**

Las aplicaciones del vacío tanto en la industria como en los laboratorios de investigación son numerosas y variadas. Las bombas de vacío trabajan solamente en un rango de presiones limitado; por ello la evacuación de los sistemas de vacío se realiza en varias etapas, usándose para cada una de ellas una clase de bomba diferente.

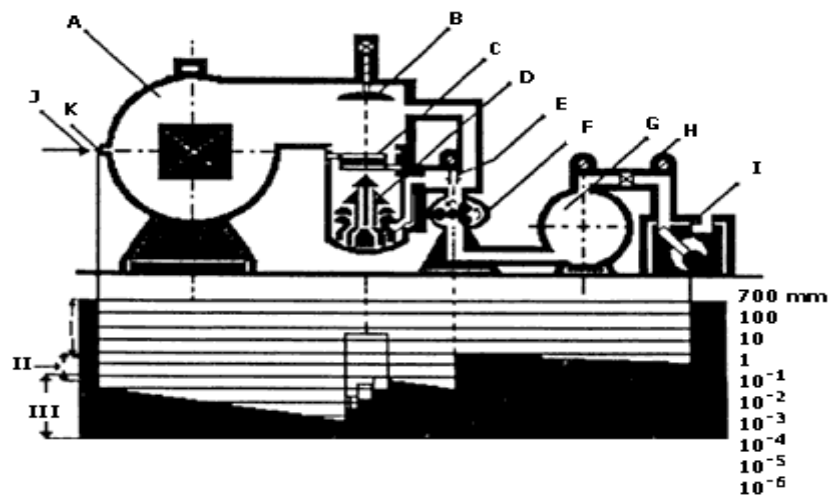
El funcionamiento de una bomba de vacío está caracterizado por su velocidad de bombeo, y la cantidad de gas evacuado por unidad de tiempo. Toda bomba de vacío tiene una presión mínima de entrada, que es la presión más baja que puede obtenerse, y también, un límite superior a la salida o presión previa. Si la presión previa aumenta por encima de este valor, el bombeo cesa.

Las bombas previas, son capaces de bombear a partir de la presión atmosférica, hasta una presión a la cual empiezan a funcionar las bombas de alto vacío. El tipo de bomba previa más corriente es la rotativa con paletas deslizantes.

En esta clase de bombas de vacío debe evitarse la condensación de vapores, en particular el vapor de agua, pues causaría la contaminación del aceite. Por este motivo, la mayoría de las bombas actuales están

### Parámetros y clasificaciones de las bombas de vacío

La selección de la bomba de vacío que va a emplearse para un cierto proceso está definida por sus parámetros específicos, los cuales determinan sus propiedades. Los parámetros más importantes de los sistemas de vacío son: la presión más baja que puede lograr, el intervalo de presión, la velocidad de bombeo, la presión de descarga y el gas residual.



- |                                      |                         |
|--------------------------------------|-------------------------|
| A. Cámara de vacío.                  | I. Bomba de pistón.     |
| B. Válvula principal.                | II. Bombas tipo Roots.  |
| C. Impedancia.                       | III. Bomba de difusión. |
| D. Bomba de difusión.                |                         |
| E. Canal de acceso.                  |                         |
| F. Bomba tipo Roots.                 |                         |
| G. Cámara de prevacío o condensador. |                         |
| H. Medidor de presión.               |                         |
| I. Bomba rotatoria de pistón.        |                         |
| J. Flujo de gas.                     |                         |
| K. Válvula de aguja.                 |                         |

**Fig. 9** Sección transversal esquemática de un sistema industrial de vacío.

Por otra parte, la clasificación de las bombas de vacío se presenta de acuerdo con su intervalo de presión.

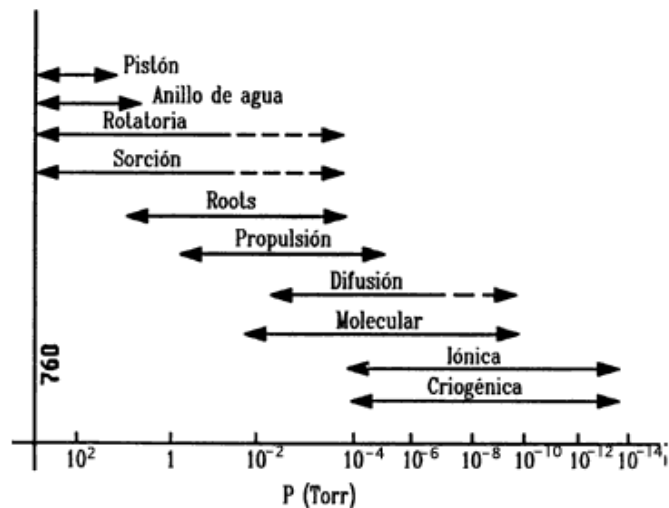


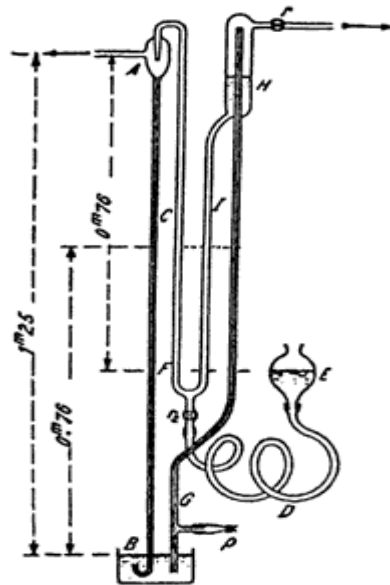
Fig. 10 Rasgos de presión para bomba de vacío.

### Descripción breve de algunas bombas de vacío

Las bombas mecánicas.- Una de las primeras fue la bomba de Sprengel, que hoy en día tiene sólo interés histórico. Fue usada en la primera fábrica de lámparas. Las gotas de mercurio introducidas en el capilar capturan entre ellas burbujas de aire; de esta manera, el sistema evacua el aire del lado del tubo C, llevándolo a través del mercurio hacia la parte de abajo, a la atmósfera.

Hoy en día existen otros tipos de bombas mecánicas como las bombas de pistón, bombas de anillo de agua, bombas de paleta rotatoria, bomba tipo Roots, etc. Las bombas de paleta rotatoria son un ejemplo claro del funcionamiento de este tipo de bombas, éstas consisten en un espacio cilíndrico (estator) que alberga a un cilindro de diámetro menor que gira dentro de él (rotor). En el rotor, las paletas se encuentran sujetas por medio de un resorte.





**Fig. 11 Bomba de Sprengel.**

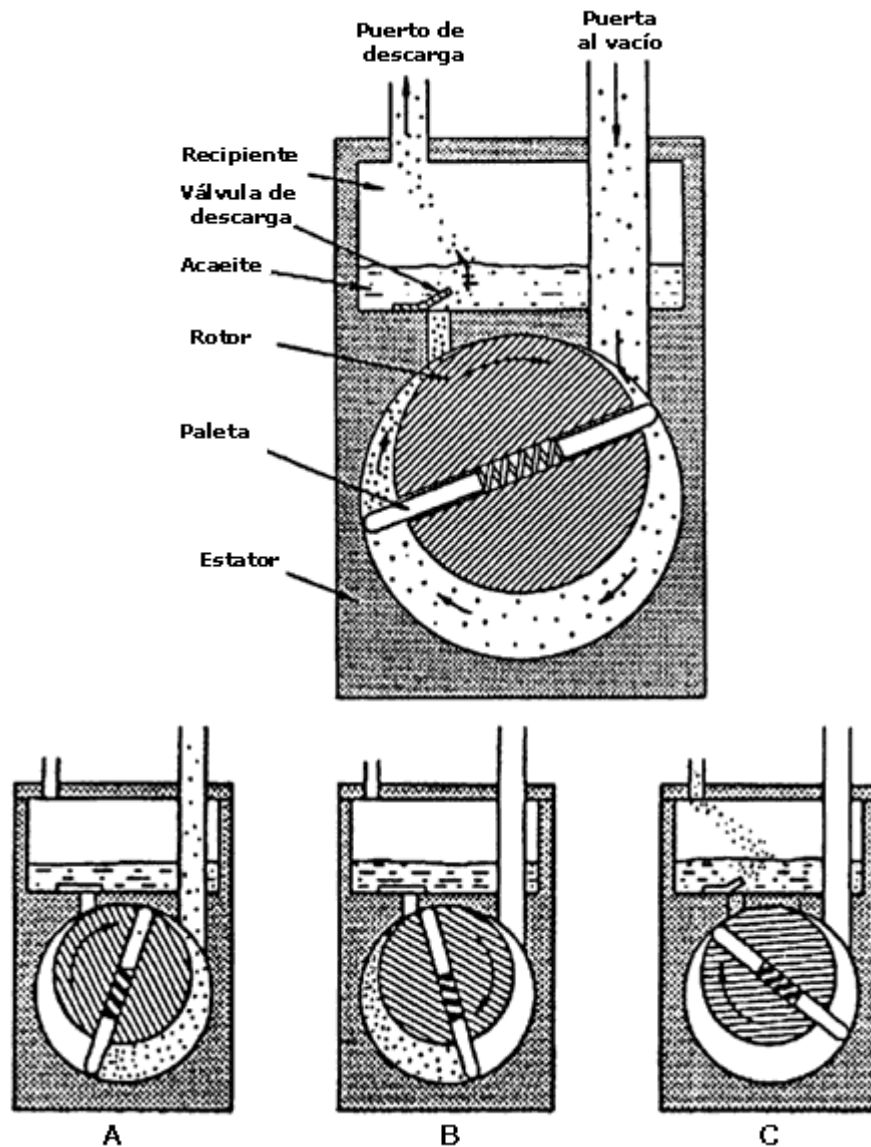
La bomba de paletas rotatorias posee dos ductos, uno de dimensiones mayores respecto al otro. El ducto mayor da al exterior de la bomba (conexión con la cámara a desalojar), y dentro de la bomba hasta el estator; es considerado como la entrada al estator. Por otra parte, el ducto pequeño es la salida del estator y conduce a un recipiente parcialmente lleno de aceite. Al final del ducto menor se coloca una válvula de descarga, la cual regula la salida de gas del estator al recipiente. El recipiente a su vez tiene salida al exterior de la bomba.

El funcionamiento de la bomba de paletas rotatorias es sencillo: al girar el rotor provoca que las paletas se deslicen sobre las paredes del estator (con una presión uniforme debido al resorte que sostiene a las paletas), esto permite la entrada del gas entre el estator y el rotor; después se mueve el volumen de gas contenido en esta región hasta la salida del estator.

Las bombas de vapor.- Un ejemplo de este tipo de bombas de vacío es la bomba de difusión. La ventaja de este tipo de bomba para crear alto vacío, comparado con las bombas mecánicas, es que puede producir

mayor velocidad de bombeo con el mismo tamaño, peso y costo. El primer diseño fue creado por Gaede pensando en términos de la teoría cinética de los gases. La acción de bombeo fue diseñada para la difusión del aire dentro de una nube de mercurio. Las bombas de difusión usan aceite o mercurio como fluido de bombeo.

En un sistema típico de alto vacío, la bomba de difusión toma lugar entre la bomba mecánica y la cámara a evacuar. Estas bombas se construyen de acero inoxidable o aluminio, aunque muchas bombas de tamaño reducido se fabrican de vidrio y algunas tienen cubiertas de este material con chimeneas de metal.



**Fig.12 Bomba mecánica de paleta rotatoria en acción.** A) Las paletas deslizantes se mueven cuando el rotor gira. El volumen entre la entrada y la paleta inferior es incrementado; esto causa que el gas se mueva dentro de esta área desde la entrada. B) El gas ha sido aislado del sistema de vacío y comienza a empujarse hacia la válvula de descarga. C) El gas se comprime ligeramente arriba de la presión atmosférica. La válvula de descarga se abre y el gas es expulsado fuera de la bomba a través del aceite en el recipiente.

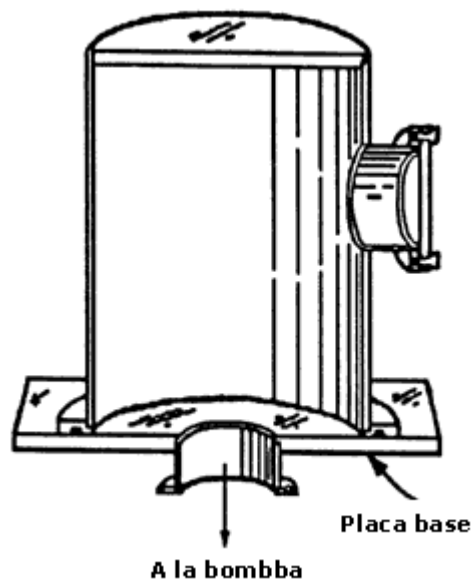
## **Las cámaras, los sellos y las válvulas para vacío**

### **Las cámaras**

Las cámaras o contenedores en los sistemas de vacío se construyen por lo general de vidrio o acero inoxidable. La característica principal que debe tener el material de la cámara es su resistencia a la fuerza ejercida sobre ella por la presión atmosférica. Esto es claro si se considera que la presión atmosférica ejerce una fuerza de un  $1 \text{ kg/cm}^2$  en el área superficial de la cámara. Por ejemplo, una cámara con una superficie de  $1 \text{ m}^2$  debe resistir 10 toneladas de peso.

Las cámaras de metal son hechas, por lo general, en secciones de forma cilíndrica, porque así la cámara puede resistir con mayor facilidad la presión externa. Enrollando una hoja gruesa de metal, los extremos de la cámara cilíndrica son convenientemente cerrados con placas planas de metal.

La capacidad de un cilindro para no colapsarse por la presión externa depende de su diámetro, espesor de las paredes, y la firmeza del material. Después de construida la cámara, es necesario hacerle un electro pulido a la superficie que será expuesta al vacío, para minimizar la cantidad de gas absorbido en las paredes del contenedor.



**Fig. 13 Tipo más común de cámara de metal.**

Se puede utilizar la cámara después de someterla a una limpieza que consta de los siguientes pasos: 1) estregar con gran cantidad de detergente (puede usarse detergente líquido para trastes); 2) enjuagar con agua caliente; 3) enjuagar con agua destilada, y 4) enjuagar con metanol puro.

De esta manera podemos tener un sistema limpio de grasa, aceites y residuos de metal, para obtener la presión deseada. Después de montado todo el equipo es necesario someter la cámara a calentamientos a diferentes temperaturas para propiciar el desgastamiento de las paredes.

Un contenedor puede tener diferentes extensiones (conexiones), en éstas se pueden colocar medidores de presión, calefactores, conexiones eléctricas o electrónicas, fuentes de voltaje, rayos X, ventanas, las diferentes bombas para hacer vacío, espectrómetros de masas, manipuladores de muestras, etc. Todo cuanto sea necesario para trabajar con comodidad, y lo más importante, las herramientas útiles para resolver los problemas que se presentan durante el desarrollo de cierto proceso industrial o algún experimento de interés científico o tecnológico.

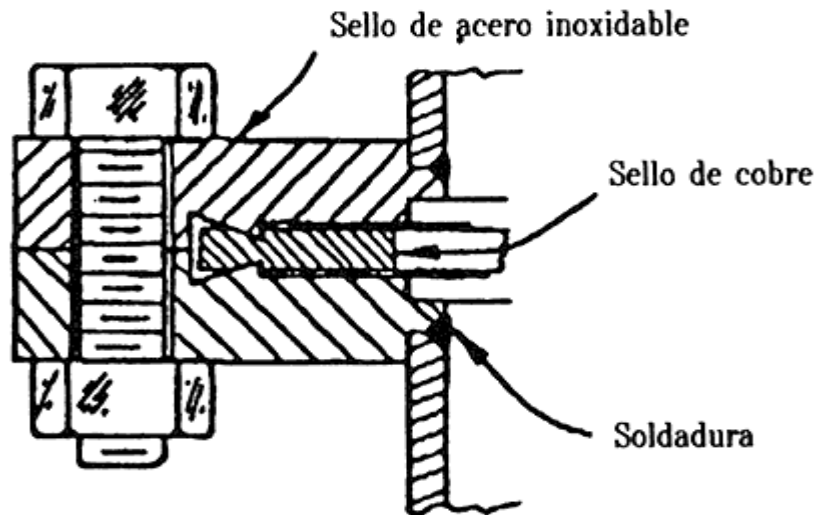


Fig. 14 Bridas

### Los sellos

Las extensiones en las cámaras de vacío son cilíndricas y de diferentes diámetros. Todo tipo de artefactos a introducirse en la cámara vienen montados en las bridas, las cuales funcionan como tapaderas de las extensiones. Para cerrar el sistema, entre las bridas y las extensiones existe una franja triangular para colocar los sellos. En los sistemas de vacío los sellos son en forma de anillos circulares con sección transversal rectangular o circular; son fabricados de materiales de vitón, neopreno o metálicos. Existen sellos estáticos (inmóviles) y sellos mecánicos (movibles dentro del sistema).

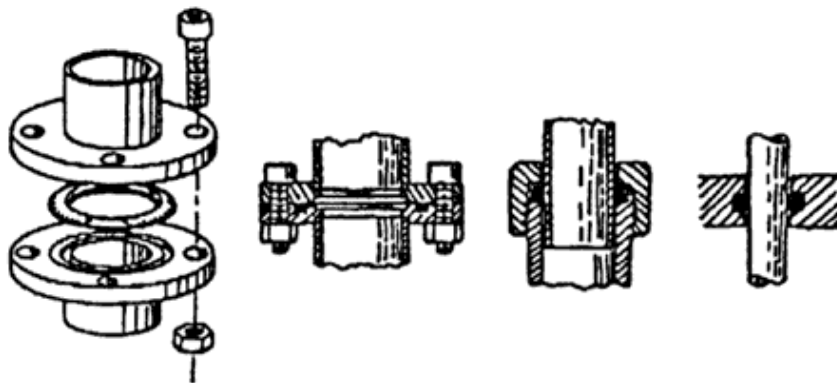


Fig. 15 Sellos de anillo.

Los diámetros internos de los sellos varían de 2-3 mm de d. i. (diámetro interno) hasta varios metros, lo cual da cuenta de la gran variedad de tamaños que se usan.

### Las válvulas

Para el uso en sistemas de vidrio, sistemas de metal en alto vacío y ultra alto vacío existe poca variedad de válvulas en el mercado, ya que por lo general las válvulas de vacío son tan complejas que resulta incosteable para un laboratorio fabricarlas, y son las grandes compañías de equipo para vacío las que las producen.

Se emplean principalmente en sistemas para producción de vacío primario. En la figura se ilustran válvulas de metal: a) la válvula de este tipo se hace de acero inoxidable con sellos de vitón y puede calentarse hasta 200°C; se usa comúnmente en sistemas con bombas de difusión en pequeños sistemas de alto vacío. Las válvulas de metal de la figura se usan para aislar bombas de difusión o bombas iónicas de una cámara de alto vacío; se elaboran con aluminio o acero inoxidable y tienen una apertura interna de 5 a 25 centímetros.

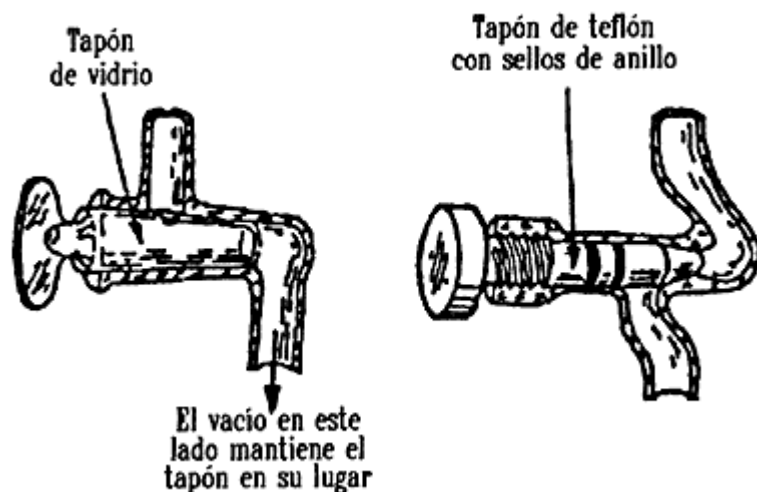
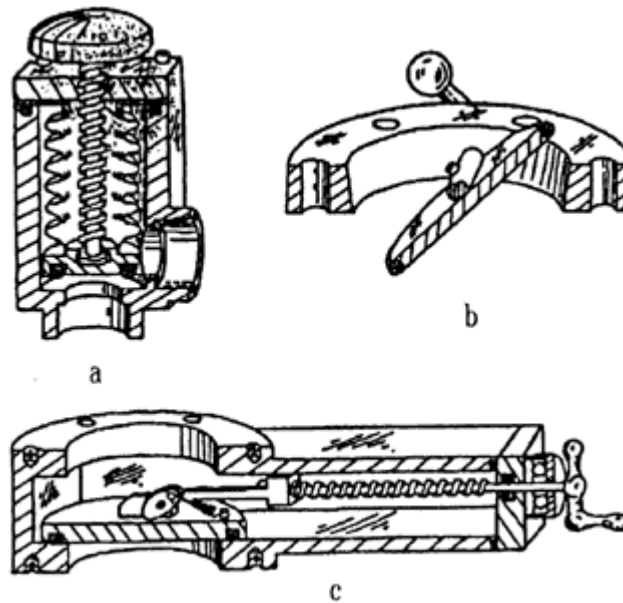


Fig. 16 Válvulas de vidrio.



**Fig. 17 Válvulas de metal.**

### **La manufactura y fabricación de plásticos**

El procesamiento de plásticos requiere de materiales de diversos tipos, éstos se pueden dividir en: 1) componentes naturales, como la celulosa, los productos derivados del petróleo y el hule; 2) componentes químicos, y 3) aditivos, como estabilizadores, antioxidantes y colorantes.

Las técnicas básicas para el procesamiento de plásticos suponen un equipo especial para su fabricación y terminado. Las máquinas para este tipo de operación son máquinas mecánicas, soldadoras, proceso de radiación, metalización al vacío, electro plateado, impresos, pintura y decoración.

La metalización al vacío es uno de los métodos más sencillos para hacer recubrimientos metálicos sobre plásticos. Básicamente consiste en la evaporación del metal, usualmente aluminio, sobre la superficie del plástico dentro de una cámara de alto vacío. Una cámara común mide 2 m de diámetro y contiene manipuladores para rotar las piezas de plástico con la finalidad de obtener un recubrimiento uniforme. Se utiliza un filamento de tungsteno para la evaporación del metal. En el filamento se

deposita el material a evaporarse, se calienta y con esto se provoca la evaporación.

### **2.3.10 Variadores de Frecuencia**

El motor de corriente alterna, a pesar de ser un motor robusto, de poco mantenimiento, liviano e ideal para la mayoría de las aplicaciones industriales, tiene el inconveniente de ser un motor rígido en cuanto a su velocidad. La velocidad del motor asíncrono depende de la forma constructiva del motor y de la frecuencia de alimentación.

Como la frecuencia de alimentación que entregan las Compañías de electricidad es constante, la velocidad de los motores asíncronos es constante, salvo que se varíe el número de polos, el resbalamiento o la frecuencia.

El método más eficiente de controlar la velocidad de un motor eléctrico es por medio de un variador electrónico de frecuencia. No se requieren motores especiales, son mucho más eficientes y tienen precios cada vez más competitivos.

El variador de frecuencia regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor, logrando modificar su velocidad. Sin embargo, simultáneamente con el cambio de frecuencia, debe variarse el voltaje aplicado al motor para evitar la saturación del flujo magnético con una elevación de la corriente que dañaría el motor.

#### **Composición de un variador de frecuencia**

Los variadores de frecuencia están compuestos por:

- **Etapas Rectificadora.** Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, etc.



- **Etapas intermedia.** Filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos.
- **Inversor o "Inverter".** Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Actualmente se emplean IGBT's (Isolated Gate Bipolar Transistors) para generar los pulsos controlados de tensión. Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que incorporan un microprocesador con todas las protecciones por sobrecorriente, sobretensión, baja tensión, cortocircuitos, puesta a masa del motor, sobretemperaturas, etc.
- **Etapas de control.** Esta etapa controla los IGBT para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia. Y además controla los parámetros externos en general, etc.

Los variadores mas utilizados utilizan modulación PWM (Modulación de Ancho de Pulsos) y usan en la etapa rectificadora puente de diodos rectificadores. En la etapa intermedia se usan condensadores y bobinas para disminuir las armónicas y mejorar el factor de potencia. El fabricante que utilizan bobinas en la línea en lugar del circuito intermedio, pero tienen la desventaja de ocupar más espacio y disminuir la eficiencia del variador.

El Inversor o Inverter convierte la tensión continua de la etapa intermedia en una tensión de frecuencia y tensión variables. Los IGBT envían pulsos de duración variable y se obtiene una corriente casi senoidal en el motor.

La frecuencia portadora de los IGBT se encuentra entre 2 a 16kHz. Una portadora con alta frecuencia reduce el ruido acústico del motor pero disminuye el rendimiento del motor y la longitud permisible del cable hacia el motor. Por otra parte, los IGBT's generan mayor calor.

Las señales de control para arranque, parada y variación de velocidad (potenciometro o señales externas de referencia) estén aisladas

galvánicamente para evitar daños en sensores o controles y evitar ruidos en la etapa de control.

### **2.3.11 Estudio del trabajo**

Es la aplicación de ciertas técnicas y en particular el *estudio de métodos* y la *medición del trabajo*, que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada, con el fin de efectuar mejoras.

#### **Estudio de Métodos**

Es el registro y examen crítico sistemático de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo, como medio de idear y aplicar métodos mas sencillos y eficaces y de reducirlos costos.

#### **Medición del trabajo**

Es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida.

#### **Diagrama de flujo del proceso**

##### **Definición**

Es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, los transportes, las inspecciones, las esperas y los almacenamientos que ocurren durante un proceso. Incluye, además, la información que se considera deseable para el análisis, por ejemplo el tiempo necesario y la distancia recorrida. Sirve para las secuencias de un producto, un operario, una pieza, etcétera.

## **Objetivos**

Proporcionar una imagen clara de toda secuencia de acontecimientos del proceso. Mejorar la distribución de los locales y el manejo de los materiales. También sirve para disminuir las esperas, estudiar las operaciones y otras actividades en su relación recíproca. Igualmente para comparar métodos, eliminar el tiempo improductivo y escoger operaciones para su estudio detallado.

## **Identificación**

El diagrama del recorrido debe identificarse mediante un título colocado en su parte superior. Es práctica común encabezarlo con las palabras *Diagrama del proceso de recorrido*. La información para identificarlo siempre es necesaria,

## **Recomendaciones previas a la construcción del diagrama de flujo**

Obténgase un plano del lugar en donde se efectúe el proceso seleccionado. En el plano deben estar representados todos los objetos permanentes como muros, columnas, escaleras, etc., y también los semipermanentes como hacinamientos de material, bancos de servicio, etc. En el mismo plano debe estar localizado, de acuerdo con su posición actual, todo el equipo de manufactura, así como lugares de almacén, bancos de inspección y, si se requiere, las instalaciones de energía. Igualmente, debe decidirse a quién se va a seguir: al hombre o al material, pero sólo a uno, éste debe ser el mismo que se haya seguido en el diagrama del proceso.

*Nota:* el plano puede ser o no a escala, esto depende de los requerimientos para el análisis y de lo detallado del problema. La simbología a emplear se consigna en la tabla

Tabla

SIMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	OPERACIÓN	Indica las principales fases del proceso. Agrega, modifica, montaje, etc.
	INSPECCIÓN	Verifica la calidad y cantidad. En general no agrega valor.
	TRANSPORTE	Indica el movimiento de materiales. Traslado de un lugar a otro.
	ESPERA	Indica demora entre dos operaciones o abandono momentáneo.
	ALMACENAMIENTO	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén.
	COMBINADA	Indica varias actividades simultáneas.

Este diagrama contiene, en general, muchos más detalles que el de operaciones. Por lo tanto, no se adapta al caso de considerar en conjunto ensambles complicados. Se aplica sobre todo a un componente de un ensamble o sistema para lograr la mayor economía en la fabricación, o en los procedimientos aplicables a un componente o una sucesión de trabajos en particular. Este diagrama de flujo es especialmente útil para poner de manifiesto costos ocultos como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales. Una vez expuestos estos periodos no productivos, el analista puede proceder a su mejoramiento.

Además de registrar las operaciones y las inspecciones, el diagrama de flujo de proceso muestra todos los traslados y retrasos de almacenamiento con los que tropieza un artículo en su recorrido por la planta. En él se utilizan otros símbolos además de los de operación e inspección empleados en el diagrama de operaciones. Una pequeña flecha indica transporte, que se define como el movimiento de un lugar a otro, o traslado, de un objeto, cuando no forma parte del curso normal de una operación o una inspección. Un símbolo como la letra D mayúscula

indica demora o retraso, el cual ocurre cuando no se permite a una pieza ser procesada inmediatamente en la siguiente estación de trabajo. Un triángulo equilátero puesto sobre su vértice indica almacenamiento, o sea, cuando una pieza se retira y protege contra un traslado no autorizado. Cuando es necesario mostrar una actividad combinada, por ejemplo, cuando un operario efectúa una operación y una inspección en una estación de trabajo, se utiliza como símbolo un cuadro de 10 mm (o 3/8 plg) por lado con un círculo inscrito de este diámetro. La figura 5.8 ilustra el empleo de los símbolos, los de los diagramas de proceso para identificar una actividad industrial.

Generalmente se usan dos tipos de diagrama de flujo: de producto y operativo. Mientras el diagrama de producto muestra todos los detalles de los hechos que tienen lugar para un producto o a un material, el diagrama de flujo operativo muestra los detalles de cómo una persona ejecuta una secuencia de operaciones.

También puede suceder que al mismo tiempo que ocurre una operación se ejecute una inspección, en cuyo caso se usan los dos símbolos combinados. Por ejemplo, retirar la pieza de una máquina e inspeccionarla al mismo tiempo o al producir una pieza, verificar simultáneamente algunas de sus características.

### **Diagrama de actividades múltiples**

Se define este diagrama como la representación gráfica de la secuencia de elementos que componen las operaciones en que intervienen hombres y máquinas, y que permite conocer el tiempo empleado por cada uno, es decir, conocer el tiempo usado por los hombres y el utilizado por las máquinas.

Con base en este conocimiento se puede determinar la eficiencia de los hombres y de las máquinas con el fin de aprovecharlos al máximo.

El diagrama se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una sola estación de trabajo a la vez. Además, aquí el tiempo es indispensable para llevar a cabo el balance de las actividades del hombre y su máquina.

### **Pasos para realizarlo**

Primero, se debe seleccionar la operación que será diagramada; se recomienda seleccionar operaciones importantes que puedan ser, costosas repetitivas y que causen dificultades en el proceso.

En segundo lugar, determinar dónde empieza y dónde termina el ciclo que se quiere diagramar.

En tercera, observar varias veces la operación, para dividirla en sus elementos e identificarlos claramente.

El siguiente paso se dará cuando los elementos de la operación han sido identificados, entonces se procede a medir el tiempo de duración de cada uno.

Finalmente, con los datos anteriores y siguiendo la secuencia de elementos, se construye el diagrama.

Antes de indicar la forma de construcción del diagrama de proceso hombre-máquina, es necesario hacer notar que este diagrama se efectúa para analizar y mejorar una sola estación de trabajo como previamente se había señalado; este se debe, principalmente, a que actualmente existen máquinas semiautomáticas o automáticas, en las que el personal que las opera permanece ocioso cuando la máquina está funcionando, por lo que sería conveniente asignarle durante su actividad alguna otra tarea o la operación de otras máquinas.

Es entonces importante señalar que dicho diagrama nos permitirá conocer las operaciones y tiempo del hombre, así como sus tiempos de ocio.

Además se conocerá el tiempo de actividad e inactividad de su máquina, así como los tiempos de carga y descarga de la misma.

Una vez que hemos identificado la operación que vamos a diagramar, aplicando los puntos que fueron señalados con anterioridad, se procede a la construcción del diagrama.

### **Construcción del diagrama**

Un primer paso en dicha construcción es seleccionar una distancia en centímetros o en pulgadas que nos represente una unidad de tiempo.

Esta selección se lleva a cabo debido a que los diagramas hombre-máquina se construyen siempre a escala. Por ejemplo, un centímetro representa un centésimo de minuto. Existe una relación inversa en esta selección, es decir, mientras más larga es la duración del ciclo de la operación menor debe ser la distancia por unidad de tiempo escogida.

Cuando hemos efectuado nuestra selección se inicia la construcción del diagrama; como es normal, éste se debe identificar con el título de diagrama de proceso hombre-máquina.

Se incluye además información tal como operación diagramada, método presente o método propuesto, número de piano, orden de trabajo indicando dónde comienza el diagramado y dónde termina, nombre de la persona que lo realiza, fecha y cualquier otra información que se juzgue conveniente para una mejor comprensión del diagrama.

Una vez efectuados estos pasos previos a la izquierda del papel, se hace una descripción de los elementos que integran la operación.

Hacia el extremo de la hoja se colocan las operaciones y tiempos del hombre, así como también los tiempos inactivos del mismo.

El tiempo de trabajo del hombre se representa por una línea vertical continua; cuando hay un tiempo muerto o un tiempo de ocio, se representa con una ruptura o discontinuidad de la línea. Un poco más hacia la derecha se coloca la gráfica de la máquina o máquinas; esta gráfica es igual a la anterior, una línea vertical continua indica tiempo de actividad de la máquina y una discontinuidad representa inactivo. Para las máquinas, el tiempo de preparación así como el tiempo de descarga, se representan por una línea punteada, puesto que las máquinas no están en operación pero tampoco están inactivas.

En la parte inferior de la hoja, una vez que se ha terminado el diagrama, se coloca el tiempo total de trabajo del hombre, más el tiempo total de ocio. Así como el tiempo total muerto de la máquina.

Finalmente, para obtener los porcentajes de utilización empleamos las siguientes igualdades.

Ciclo total del operario = preparar + hacer + retirar.

Ciclo total de la máquina = preparar + hacer + retirar.

Tiempo productivo de la máquina = hacer.

Tiempo improductivo del operario = espera.

Tiempo improductivo de la máquina = ocio.

Porcentaje de utilización del operario = tiempo productivo del operador / tiempo del ciclo total.

Porcentaje de la máquina = tiempo productivo de la máquina / tiempo del ciclo total.



## **2.4 HIPÓTESIS**

La falta de un control estadístico de procesos incide negativamente en la elaboración del PVC y genera pérdidas para la empresa

## **2.5 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES**

Variable Independiente:

Control estadístico del proceso

Variable Dependiente:

Elaboración de PVC para Plasticaucho Industrial S.A.

## CAPITULO III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 ENFOQUE

La presente investigación se contextualiza en la modalidad de investigación:

**De campo:** por que se efectuó las actividades en la planta, donde se recolecto y registro la información necesaria referente al problema de estudio así como los elementos necesarios para la realización de esta investigación.

**Bibliográfica:** debido a que los hechos fueron estudiados en primera instancia en base a referencias contenidas en libros, internet, entre otros

#### 3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación abarca una modalidad de nivel práctico y exploratorio pues reconoce las variables que nos competen, el nivel descriptivo, permite caracterizar la realidad investigativa, el nivel correlacional establece la relación entre las variables en estudio y finalmente el nivel explicativo detecta las causas de determinados hechos y canaliza la estructuración de la propuesta de solución a la problemática analizada.

Debido al enfoque es una investigación cuali-cuantitativa pues se obtuvo información directa de la planta investigada, en virtud de los cuales fueron factibles desarrollar un análisis crítico de los resultados y proponer alternativas de solución.

### **3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

a) La acción operativa se fundamentó en un estudio de libros que contengan conocimientos sobre el tema de control estadístico de procesos.

b) Consultas a expertos sobre temas definidos como control estadístico de procesos en una empresa industrial

### **3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.4.1 Universo de la investigación**

El universo de la investigación en cuanto a los datos abarca todas las paradas producidas por la máquina PA-630, durante todos los turnos.

En cuanto se refiere al personal abarca: Plasticaucho Industrial S.A., Mezclado termoplástico o PVC, Jefe de Mezclado termoplástico, Asistente de PVC, Asistente de Mantenimiento de PVC, Desarrollo de Compuestos (Laboratorio), Operadores.

#### **3.4.2 Muestra de la investigación**

Los datos utilizados para las cartas de control corresponden a los datos de los colores negro, amarillo y blanco pertenecientes a todos los turnos, puesto que son los de mayor producción en la sección.

Al ser un trabajo eminentemente técnico, en el cual se involucran las personas que laboran en el área de PVC, no se requiere calcular la muestra.

### **3.5 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

#### **Entrevista**

Realizada al personal que interviene en el proceso de elaboración de PVC.

#### **Observación de campo**

Realizada en el lugar mismo donde se elabora el PVC.

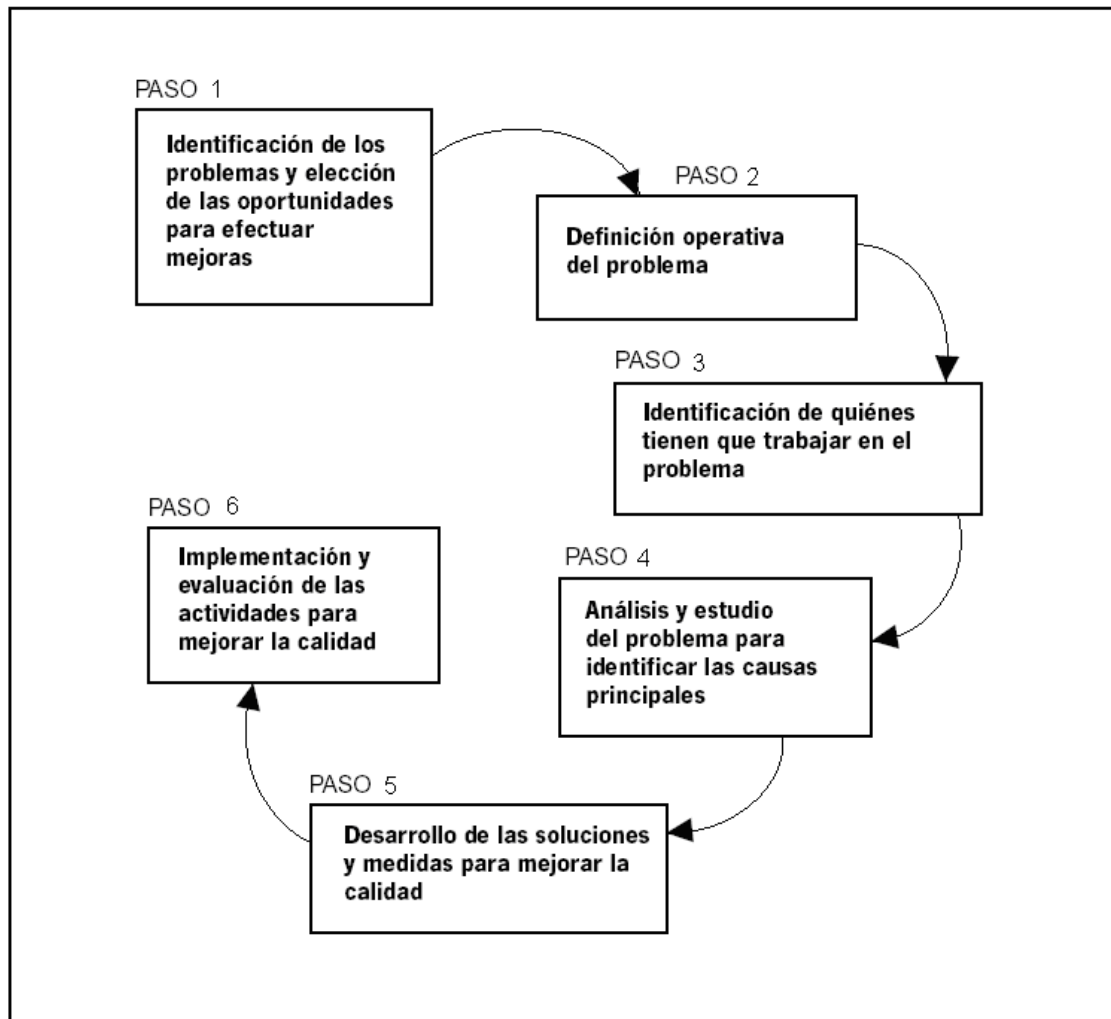
#### **Internet**

Para la búsqueda de nueva información referente al tema.

### **3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS**

#### **3.6.1 Instrumentos y técnicas de investigación**

Para la presente investigación se realizó los siguientes pasos para determinar y mejorar el problema:



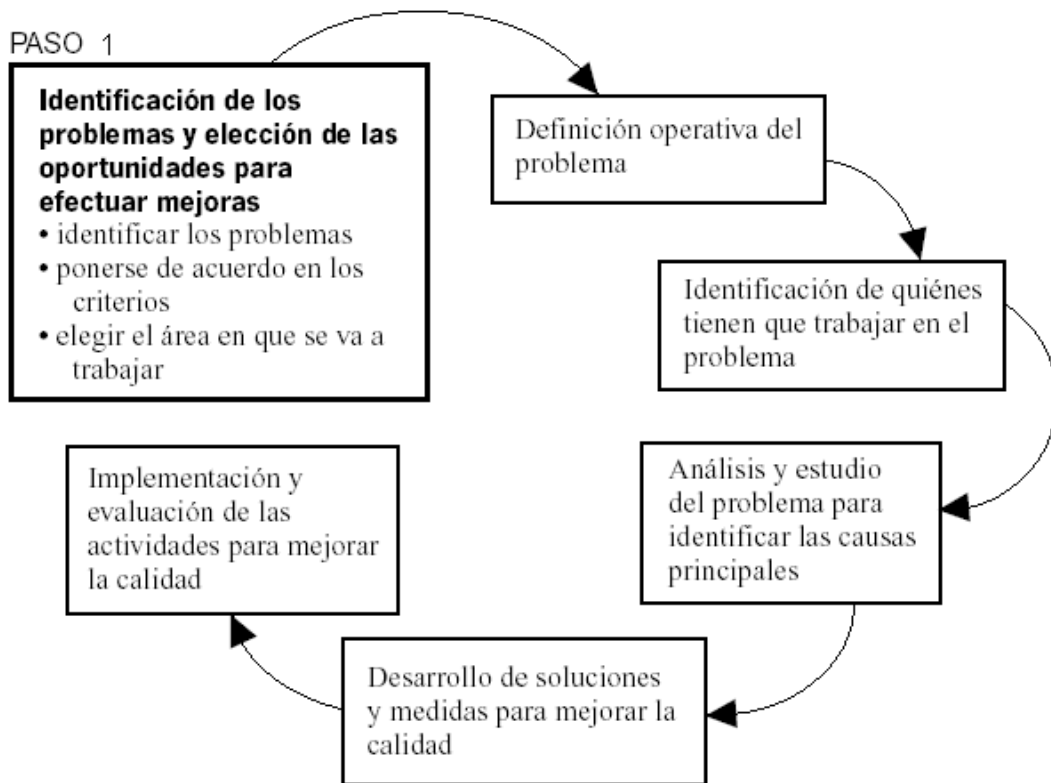
**PASO1.- Identificación de los problemas y elección de las oportunidades para efectuar mejoras**

El mejoramiento del proceso comienza con la identificación de los problemas y la búsqueda de las oportunidades para efectuar mejoras. Si bien algunas personas sostienen que este paso está fuera del proceso de mejoras, se trata de la única forma de empezar. El mejoramiento del proceso no se limita a los “problemas”, sino que va más allá de ellos para abarcar oportunidades de mejoras en situaciones que no han llegado a ser críticas, pero que podrían mejorarse. Al prestar atención oportuna al flujo del proceso y a la identificación y reorganización de las posibles

causas se puede evitar una crisis. Siempre se puede mejorar la calidad y los procesos.

El objetivo de este primer paso es elegir un el problema o proceso sobre el cual concentrarse. En este caso el problema es la mala dosificación de los componentes que forman el PVC, es importante elegir cuidadosamente dónde concentrar los esfuerzos para mejorar el proceso.

Por consiguiente se tienen que elegir las actividades críticas y lograr mejorarlas.



## PASO 2. Definición operativa del problema

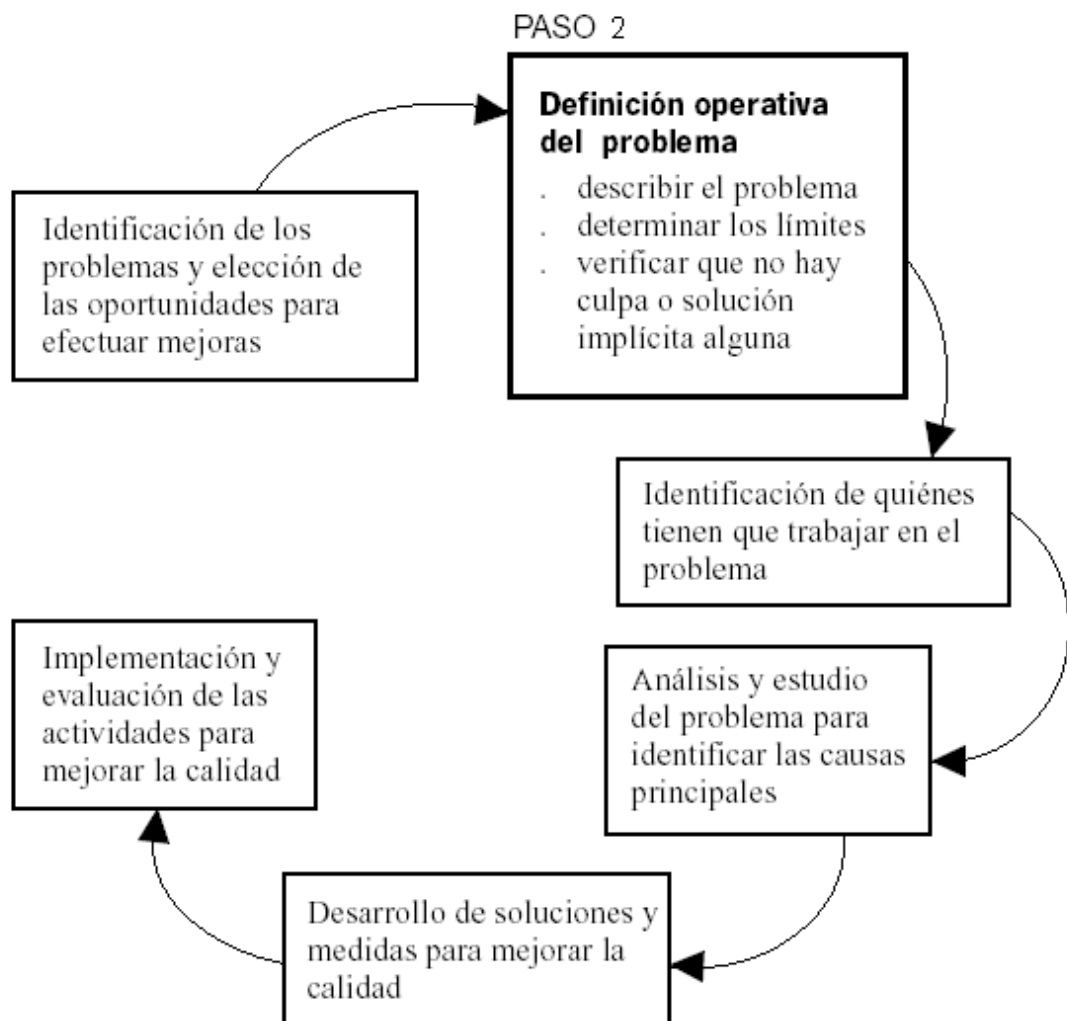
El objeto del Paso 2 es enunciar claramente el “problema” previsto. La definición operativa de un problema o de la deficiencia de calidad expresa la diferencia, en términos específicos y observables, entre la condición

actual de la situación y lo deseado. El enunciado claro de un problema ayuda a concentrar los esfuerzos de resolución de problemas durante todos los demás pasos. Si el problema está mal definido, se notará más adelante en el proceso que cada uno de los miembros del equipo ha venido pensando en un problema “distinto”. La falta de un enunciado claro del problema puede provocar conflictos internos y la pérdida de concentración y motivación.

Al identificar y elegir un problema o un proceso deficiente en el cual concentrarse, es normal pensar en las causas y las medidas correctivas. Sin embargo, es importante no dejar que estas ideas limiten el pensamiento o la creatividad. A esta altura del proceso de mejoramiento, es necesario tener amplitud de criterio con respecto a las causas y las posibles soluciones. La identificación de las causas principales y la generación de soluciones eficaces son las tareas correspondientes a los Pasos 4 y 5, respectivamente. Por lo tanto, una manera de mantener una actitud abierta consiste en formular el enunciado del problema de manera tal que no incluya ninguna sugerencia de su causa o posible solución, ni para que “culpe” implícitamente a alguien por la dificultad. El enunciado de un problema debe aclarar el objeto exacto del mejoramiento de la calidad, indicando claramente qué es deficiente y no por qué o cómo arreglarlo.

Hay tres pasos para definir el problema en términos operativos:

- Describir el problema y cómo se supo que se trataba de un problema.
- Determinar los límites del problema: dónde empieza y dónde termina el problema.
- Comprobar que el enunciado no culpe a nadie ni incluya causa o solución implícita alguna.



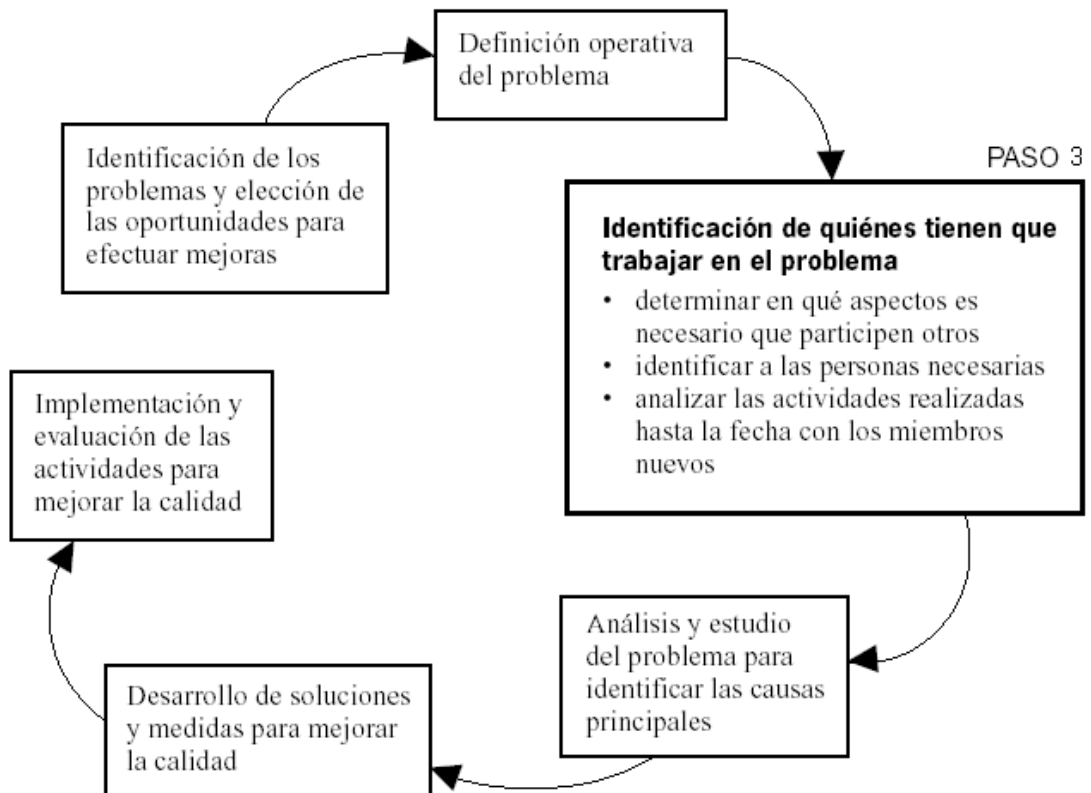
### **PASO 3. Identificación de quiénes tienen que trabajar en el problema**

Muchos problemas o procesos pueden ser resueltos o mejorados mediante prácticas de mejoramiento de la calidad. Sin embargo, una sola persona no cuenta por lo general con toda la información necesaria para solucionar el problema; la mayoría de los problemas necesitan más de una persona para comprender plenamente lo que está sucediendo. Los esfuerzos de mejoramiento de la calidad funcionan mejor cuando quienes participan en el proceso forman parte del análisis y la elaboración de las



soluciones. Para decidir quién va a trabajar en el problema, se requiere lo siguiente:

- identificar a quién tiene que participar y en qué capacidad
- formar el equipo, y
- definir los procedimientos de trabajo del equipo.



#### **PASO 4. Análisis y estudio del problema para identificar las causas principales**

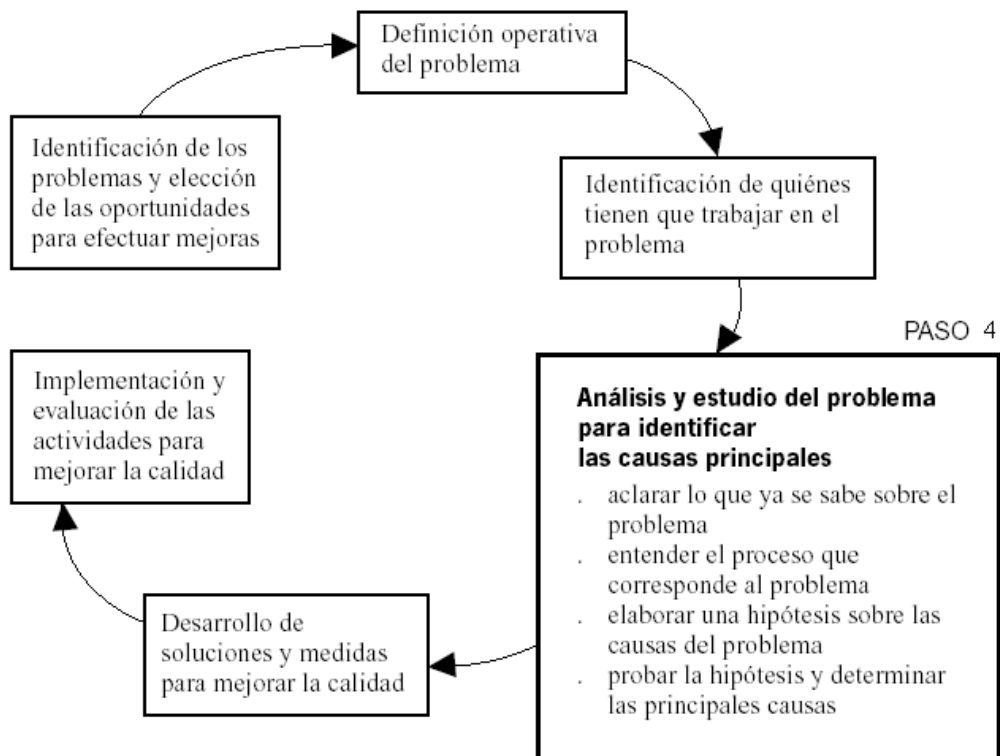
Se trata del paso en el que el equipo (o la persona) va a intentar saber más acerca del problema o la deficiencia de calidad: ¿Por qué se

produce? A menudo la gente identifica un problema, decide que ya saben todo al respecto (inclusive la causa) y sacan una conclusión que ya tenían en mente. Cuando hacen esto, se dan cuenta que el problema no ha sido resuelto, aun cuando se implementó la solución. ¿Por qué? No se extendieron más allá de lo que pensaban ni verificaron sus suposiciones con datos. Las causas de un problema no siempre son obvias.

La buena resolución de un problema implica resistirse a la tentación de sacar conclusiones. El paso que se describe a continuación es el punto crucial del proceso de mejoramiento de la calidad porque aborda la cuestión de ¿Qué es lo que realmente sucede aquí?

El objetivo de este paso es identificar las principales causas del problema con la finalidad de elegir una solución adecuada, lo que puede hacerse muy rápidamente si el problema es sencillo y la causa es obvia, o bien puede tomar más tiempo cuando el problema es más complejo y hay varias causas posibles. El análisis de un problema se asemeja al proceso de pelar una cebolla: hay que sacar muchas capas antes de llegar al “corazón del asunto”, es decir a la causa principal. También se puede ver como una serie de investigaciones para ir limitando el problema. Al exponer los componentes del problema, es posible llegar a la raíz del asunto o la causa subyacente. Dado el carácter variado de los problemas, no hay un solo método para analizarlos, pero los pasos siguientes servirán para que el equipo se mantenga enfocado:

- Repasar el enunciado del problema y aclarar lo que ya se sabe sobre el problema: quién, qué, dónde, cuándo, con qué frecuencia.
- Entender el proceso en el que se produce el problema.
- Elaborar una hipótesis sobre las causas del problema.
- Probar la hipótesis y determinar las causas principales.
- Estudiar la causa y decidir si es necesario modificar la composición del equipo.

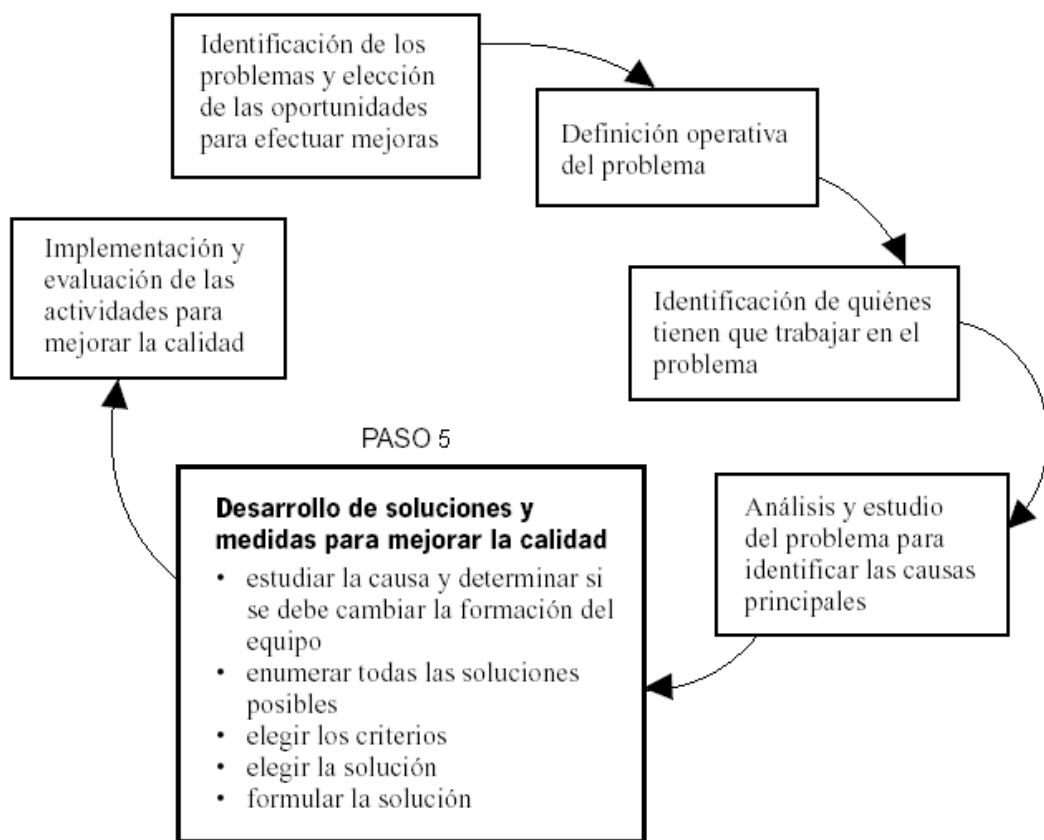


## **PASO 5. Desarrollo de las soluciones y medidas para mejorar la calidad**

El objetivo de este paso es elaborar una solución que resuelva el problema eliminando sus causas. La formulación de una solución no siempre resulta una tarea sencilla y muchas soluciones fracasan porque no se analizaron bien antes de implementarlas. A esta altura no hay que apurarse por encontrar una solución, teniendo en cuenta todo el esfuerzo puesto en la selección y el análisis del problema. El mejor método consiste en pensar en términos amplios y creativos, elaborando en primer lugar una lista de posibles soluciones para luego analizar cada una cuidadosamente antes de elegir la adecuada.

La elección y formulación de una solución involucra varios subpasos:

- enumerar todas las soluciones posibles,
- seleccionar los criterios para encontrar la solución que funcione mejor,
- elegir una solución que se implementará,
- describir la solución de una manera práctica y factible.



### **PASO 6. Implementación y evaluación de las actividades para mejorar la calidad**

El mejoramiento de la calidad depende de una implementación eficaz de la solución correspondiente. Si la planificación, implementación y observación y control de una solución son deficientes, hasta la solución

mejor elegida no resolverá el problema. Este último paso, que normalmente se conoce con el nombre de ciclo de PEVA: Planear Ejecutar Verificar Actuar y está destinado a cerciorarse de que la solución esté bien implementada.

Este último paso comprende cuatro actividades principales:

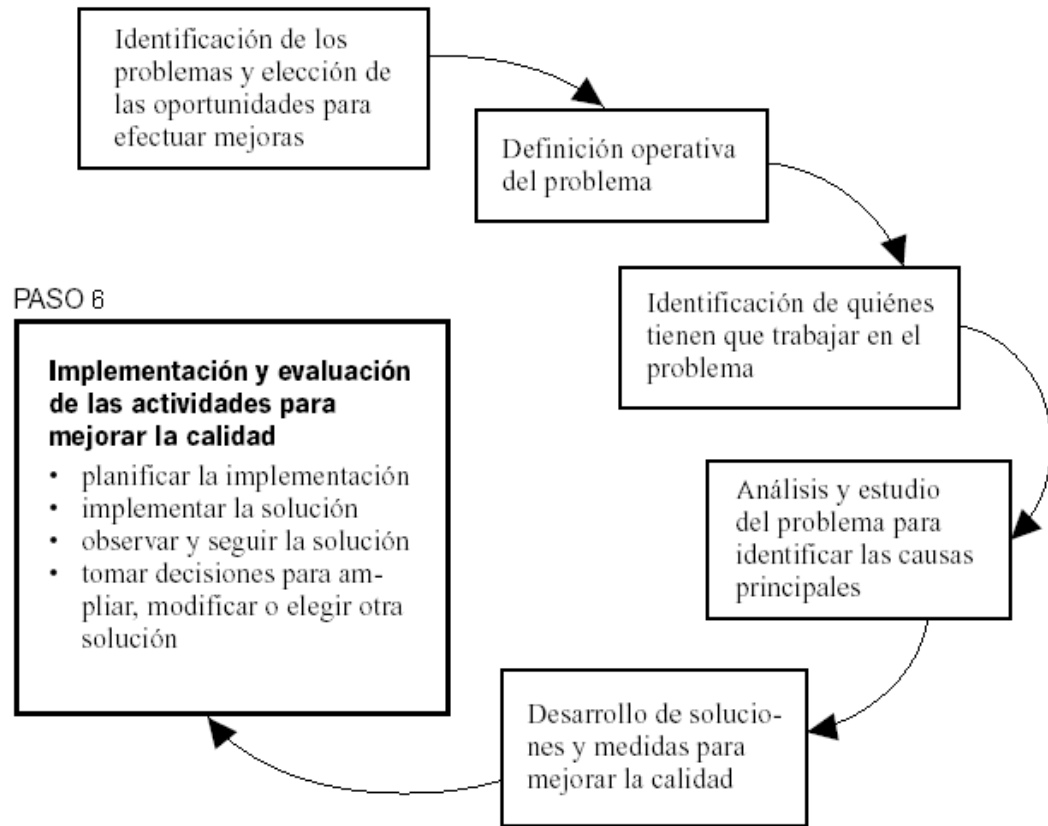
- la planificación de la implementación de la solución (PLANEAR),
- la implementación de la solución (EJECUTAR),
- el seguimiento para determinar si la solución ha logrado los resultados previstos (VERIFICAR),
- las decisiones de ampliar la implementación, modificar la solución o elegir alguna otra solución para probar (ACTUAR).

Casi todas las soluciones requerirán algunos cambios en la labor, el comportamiento o las funciones de las personas y sus responsabilidades. La gente a menudo se siente amenazada por los cambios, a menos que esté convencida de que son sumamente necesarios, puedan ver la forma en que mejorarán las circunstancias y entiendan los cambios que se producirán. Es fundamental reconocer la oposición al cambio y encararla directamente; en caso contrario, se socavarán los esfuerzos por resolver el problema.

Algunas estrategias para reducir la oposición al cambio incluyen lo siguiente:

- invitar a la gente a participar en la planificación del cambio,
- proporcionar un panorama completo del cambio,
- compartir información sobre los cambios: el carácter secreto de algo y las sorpresas provocan ansiedad,
- demostrar un compromiso con el cambio: comportarse como ejemplo,

- brindar muestras positivas de apoyo ante los cambios y los primeros aciertos.



## **CAPITULO IV**

### **4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1 REALIZACIÓN DE MEJORAS**

Como primer paso se realizó un diagrama de flujo del proceso para la máquina PA- 630 responsable del proceso de producción de PVC para poder visualizar de mejor manera como se encontraba el proceso el cual se podrá visualizar como Anexo B.

Para poder realizar el control estadístico del proceso de elaboración de PVC, se debían recolectar los datos provenientes de cada parada y separados por variables las cuales son: Resina, DOP, Parafina Clorada, Carbonato de Calcio, Aceite Epoxidado de Soya y Estabilizante para PVC.

Los datos de las paradas se guardan en una base de datos a la cual se puede acceder mediante un programa realizado en Oracle, en primera instancia los datos obtenidos se imprimían en los reportes de producción, posteriormente estos datos eran pasados manualmente, es decir uno por uno a las cartas de control, de esta manera se generaban los gráficos para ser analizados en forma visual y después en forma estadística para determinar como se estaba comportando cada una de las variables, si estaban fuera de control o si se estaban controladas.

produc-rec-034: Visualización Previa

Archivo Visualizar Ayuda

MEZCLADO TERMOPLASTICO

REPORTE DE PRODUCCION POR TURNO DIARIO PA\_630

Fecha Inicial: 20-NOV-06 **Turno 2** Código: PRODUC-REG-034

Fecha Final: 20-NOV-06

Estado Proceso: PROCESADO

Temp. Ing. ACE-EST: 50.00 Temp. Ing. DOP-PAR 85.00 Temp.Desc MC: 105.00 Temp. Desc MF: 50.00

Operador	Ord. Producción	Descripción Material	Batches	Resina	CACO	ACE.	ESTAB.	PARAF.	DOP.	BPT.
PILATA SIG	47 / 1	PVC BLANCO LG	1 1 / 16	142.30	17.10	5.41	5.82	22.50	112.80	367.80
PILATA SIG	47 / 1	PVC BLANCO LG	2 2 / 16	142.30	17.70	5.67	5.58	22.80	112.60	383.70
PILATA SIG	47 / 1	PVC BLANCO LG	3 3 / 16	142.30	14.90	5.73	5.72	22.70	113.00	379.50
PILATA SIG	47 / 1	PVC BLANCO LG	4 4 / 16	142.30	14.50	7.08	5.83	22.80	112.70	385.50
PILATA SIG	47 / 1	PVC BLANCO LG	5 5 / 16	142.30	12.20	7.05	5.77	22.80	112.90	377.00
PILATA SIG	47 / 1	PVC BLANCO LG	6 6 / 16	142.30	14.50	7.00	5.75	23.00	113.00	378.30
PILATA SIG	47 / 1	PVC BLANCO LG	7 7 / 16	142.30	14.20	7.01	5.79	22.70	112.70	375.10
PILATA SIG	47 / 1	PVC BLANCO LG	8 8 / 16	142.30	15.30	6.85	5.90	22.80	113.20	371.70
PILATA SIG	47 / 1	PVC BLANCO LG	9 9 / 16	142.30	15.00	6.84	5.80	22.90	112.80	372.20
PILATA SIG	47 / 1	PVC BLANCO LG	10 10 / 16	142.30	15.10	6.99	5.74	22.80	113.20	371.70
PILATA SIG	47 / 1	PVC BLANCO LG	11 11 / 16	141.60	14.10	7.07	5.79	22.80	112.50	369.00
PILATA SIG	47 / 1	PVC BLANCO LG	12 12 / 16	141.60	14.90	7.07	5.67	22.70	113.00	373.50
PILATA SIG	47 / 1	PVC BLANCO LG	13 13 / 16	141.60	14.70	7.08	5.75	22.70	112.90	371.40
PILATA SIG	47 / 1	PVC BLANCO LG	14 14 / 16	141.60	13.80	6.79	5.79	22.80	112.50	365.50
PILATA SIG	47 / 1	PVC BLANCO LG	15 15 / 16	141.60	13.70	6.99	5.77	22.70	113.30	365.20
PILATA SIG	47 / 1	PVC BLANCO LG	16 16 / 16	141.60	14.00	7.03	5.75	22.80	113.00	374.10

Inicio Windows ... Mis docum... Microsoft ... SAP Lo... Oracle... Reportes ... Report... ES 16:25

Fig. 18 Reporte de Producción

Al hacer un análisis con los datos obtenidos se pudo evidenciar que las variables estaban fuera de control debido a que los puntos salían fuera de los límites de control y de especificación.

Esto se pudo evidenciar debido a que los puntos en las gráficas de las cartas de control tenían un comportamiento muy irregular y manifestaban tendencias además la desviación típica o estándar, es decir la diferencia en + o – la media tenía unos valores muy altos en casi todas las variables por lo que se determinó que es necesario solucionar este problema para que las variables estén dentro de un proceso controlado.



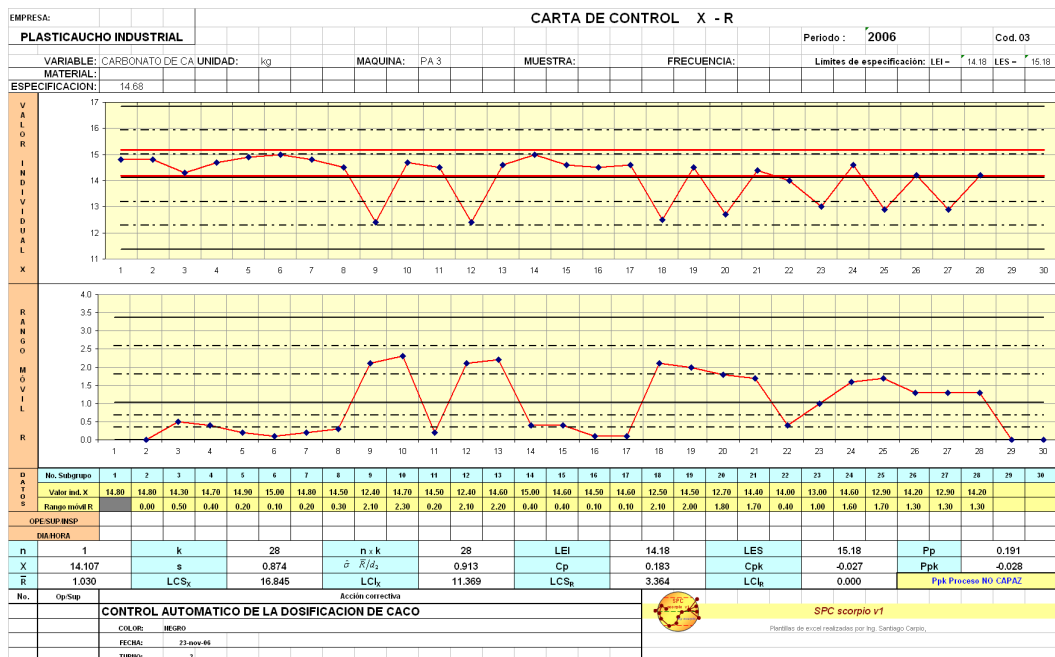


Fig. 19 Carta de Control

Una vez evidenciado que el problema existe se procedió a buscar las causas del porqué se estaba presentando este proceso fuera de control. Al realizar los procesos expuestos en el procesamiento y análisis utilizando una herramienta que permite determinar los problemas con sus causas y consecuencias para poder llegar a establecer la solución en 6 pasos y mediante reuniones realizadas con el personal que labora en el área se llego a establecer algunos problemas los cuales se procedió a investigarlos para determinar si al solucionarlos se podía llegar a la solución.

Para que la adquisición de datos no se realice manualmente pasando los datos que se imprimían en los reportes de producción se utilizó un programa realizado en Excel para que se extraiga los datos de la base de datos y se puedan visualizar estos datos actualizándolos todos los turnos y de esta manera se consiguió agilizar el proceso una vez que para poderlos ubicar en las cartas de control únicamente se tenían que copiar estos datos y pegarlos en las cartas para que se generaran los gráficos y poder disminuir el tiempo que tomaba pasar los datos manualmente.

Microsoft Excel - PARADAS 2007

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

75%

Arial 10

F3072 10

	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	TURNO	ORDEN_PROD	SUBORDEN	NOM_RECETA	NUM_BATCH	NUM_BATCHES	T_REC_BR	R_REC_BR	T_REC_DOP	R_REC_DOP	T_REC_PAR	R_REC
3696	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	2	16	138.1	137.9	125.7	126.1	13.8	
3697	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	3	16	138.1	137.9	125.7	126	13.8	
3698	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	4	16	138.1	138.5	125.7	126.1	13.8	
3699	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	5	16	138.1	138.5	125.7	126.1	13.8	
3700	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	6	16	138.1	138.5	125.7	126	13.8	
3701	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	7	16	138.1	137.9	125.7	125.7	13.8	
3702	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	8	16	138.1	137.9	125.7	125.8	13.8	
3703	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	9	16	138.1	138.5	125.7	126	13.8	
3704	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	10	16	138.1	137.9	125.7	125.8	13.8	
3705	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	11	16	138.1	138.5	125.7	125.7	13.8	
3706	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	12	16	138.1	137.9	125.7	125.7	13.8	
3707	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	13	16	138.1	137.9	125.7	125.8	13.8	
3708	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	14	16	138.1	137.9	125.7	126.3	13.8	
3709	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	15	16	138.1	138.5	125.7	125.9	13.8	
3710	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	16	16	138.1	138.5	125.7	126	13.8	
3711	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	1	10	138.1	138.5	125.7	125.9	13.8	
3712	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	2	10	138.1	138.5	125.7	125.5	13.8	
3713	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	3	10	138.1	138.5	125.7	125.7	13.8	
3714	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	4	10	138.1	138.5	125.7	126.1	13.8	
3715	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	5	10	138.1	137.9	125.7	125.6	13.8	
3716	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	6	10	138.1	138.5	125.7	125.8	13.8	
3717	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	7	10	138.1	137.9	125.7	125.8	13.8	
3718	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	8	10	138.1	137.9	125.7	125.5	13.8	
3719	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	9	10	138.1	137.9	125.7	125.7	13.8	
3720	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	10	10	138.1	137.9	125.7	125.7	13.8	
3721	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	1	17	138.1	138.6	125.7	125.9	13.8	
3722	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	2	17	138.1	138.5	125.7	126.6	13.8	
3723	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	3	17	138.1	137.9	125.7	125.9	13.8	
3724	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	4	17	138.1	137.9	125.7	125.8	13.8	
3725	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	5	17	138.1	138.5	125.7	125.5	13.8	
3726	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	6	17	138.1	137.9	125.7	125.6	13.8	
3727	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	7	17	138.1	138.5	125.7	125.6	13.8	
3728	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	8	17	138.1	138.5	125.7	125.8	13.8	
3729	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	9	17	138.1	137.9	125.7	125.8	13.8	
3730	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	10	17	138.1	138.5	125.7	126.1	13.8	
3731	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	11	17	138.1	138.5	125.7	125.7	13.8	
3732	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	12	17	138.1	137.9	125.7	125.7	13.8	
3733	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	13	17	138.1	138.5	125.7	125.9	13.8	

BDD/Hoja1

Inicio SAPLPD - SAPLPD SAP Logon ... Calculadora Bandeja de ent... Explorador ... Microsoft O... ES 15:12

Fig. 20 Programa en Excel con variables Resina, DOP y Parafina Clorada

Microsoft Excel - PARADAS 2007

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

Escriba una pregunta

Arial 10

F3072 10

	A	B	C	E	F	G	M	N	O	P	Q	T	F
	TURNOS	ORDEN_PROD	SUBORDEN	NOM_RECETA	NUM_BATCH	NUM_BATCHES	R_REC_PAR	T_REC_BCA	R_REC_BCA	T_REC_ACE	R_REC_ACE	T_F	
3696	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	2	16	13.5	14.8	14.4	6.91	6.89		
3697	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	3	16	13.7	14.8	14.3	6.91	7.2		
3698	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	4	16	13.6	14.8	14.5	6.91	6.81		
3699	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	5	16	13.6	14.8	14.3	6.91	6.95		
3700	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	6	16	13.5	14.8	14.3	6.91	6.82		
3701	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	7	16	13.6	14.8	14.4	6.91	7.34		
3702	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	8	16	13.4	14.8	14.6	6.91	7.29		
3703	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	9	16	13.4	14.8	14.5	6.91	6.96		
3704	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	10	16	13.6	14.8	14.5	6.91	7.36		
3705	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	11	16	13.6	14.8	14.2	6.91	6.73		
3706	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	12	16	13.4	14.8	13.9	6.91	7.37		
3707	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	13	16	13.5	14.8	14.5	6.91	6.87		
3708	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	14	16	13.4	14.8	14.3	6.91	7.3		
3709	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	15	16	13.5	14.8	14.5	6.91	7.24		
3710	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	16	16	13.6	14.8	14.1	6.91	6.75		
3711	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	1	10	13.9	14.8	14.7	6.91	6.84		
3712	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	2	10	14.2	14.8	14.3	6.91	7.38		
3713	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	3	10	13.6	14.8	14.3	6.91	6.87		
3714	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	4	10	13.4	14.8	14.1	6.91	7.33		
3715	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	5	10	13.5	14.8	14.6	6.91	6.82		
3716	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	6	10	13.7	14.8	14.4	6.91	6.67		
3717	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	7	10	13.9	14.8	14.5	6.91	6.61		
3718	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	8	10	13.5	14.8	14.7	6.91	6.61		
3719	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	9	10	13.7	14.8	14.4	6.91	6.61		
3720	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	10	10	13.6	14.8	14.6	6.91	7.15		
3721	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	1	17	13.6	40.3	40.6	6.9	6.52		
3722	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	2	17	13.7	40.3	39.4	6.9	6.61		
3723	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	3	17	13.8	40.3	41.4	6.9	6.64		
3724	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	4	17	13.7	40.3	41.5	6.9	6.89		
3725	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	5	17	13.5	40.3	40.7	6.9	6.76		
3726	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	6	17	13.6	40.3	40.4	6.9	6.6		
3727	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	7	17	13.6	40.3	40.8	6.9	6.7		
3728	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	8	17	13.7	40.3	40.3	6.9	6.6		
3729	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	9	17	13.5	40.3	40.7	6.9	7.13		
3730	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	10	17	13.7	40.3	40.7	6.9	6.63		
3731	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	11	17	13.7	40.3	40.6	6.9	6.6		
3732	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	12	17	13.5	40.3	40.2	6.9	6.6		
3733	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	13	17	13.6	40.3	40.7	6.9	6.67		

BDD / Hoja1

Dibujo Autoformas

Listo NUM

Inicio SAPLPD ... 3 SAP ... Calculad... Bandeja... 2 Expl... 4 Micr... Docume... Dibujo - ... ES 15:14

Fig. 21 Programa en Excel con variables Parafina Clorada, Carbonato de Calcio y Aceite de Soya

Microsoft Excel - PARADAS 2007

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

Escriba una pregunta

Arial 10

F3072 10

	A	B	C	E	F	G	Q	R	S	T	AD
	TURNO	ORDEN_PROD	SUBORDEN	NOM_RECETA	NUM_BATCH	NUM_BATCHES	R_REC_ACE	T_REC_EST	R_REC_EST	R_REC_BPT	T_REC_TEMP_BDF
3696	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	2	16	6.89	5.53	5.34	352.4	
3697	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	3	16	7.2	5.53	5.3	364.9	
3698	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	4	16	6.81	5.53	5.35	357.7	
3699	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	5	16	6.95	5.53	5.25	356.3	
3700	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	6	16	6.82	5.53	5.38	359.9	
3701	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	7	16	7.34	5.53	5.4	360.6	
3702	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	8	16	7.29	5.53	5.37	355.4	
3703	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	9	16	6.96	5.53	5.49	355.6	
3704	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	10	16	7.36	5.53	5.33	357.3	
3705	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	11	16	6.73	5.53	5.29	357.9	
3706	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	12	16	7.37	5.53	5.41	352.8	
3707	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	13	16	6.87	5.53	5.4	370	
3708	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	14	16	7.3	5.53	5.45	354.3	
3709	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	15	16	7.24	5.53	5.45	354.2	
3710	2	12	32	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	16	16	6.75	5.53	5.4	0	
3711	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	1	10	6.84	5.53	5.47	347.8	
3712	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	2	10	7.38	5.53	5.41	352.1	
3713	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	3	10	6.87	5.53	5.51	355.7	
3714	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	4	10	7.33	5.53	5.26	353	
3715	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	5	10	6.82	5.53	5.48	351.2	
3716	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	6	10	6.67	5.53	5.54	357.2	
3717	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	7	10	6.61	5.53	5.34	357.2	
3718	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	8	10	6.61	5.53	5.33	358.8	
3719	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	9	10	6.61	5.53	5.39	344.2	
3720	3	12	33	SE PVC BLANCO MEZCLADO LONA	10	10	7.15	5.53	5.45	390.6	
3721	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	1	17	6.52	5.52	5.4	370	
3722	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	2	17	6.61	5.52	5.35	403.8	
3723	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	3	17	6.64	5.52	5.51	402.4	
3724	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	4	17	6.89	5.52	5.38	406.7	
3725	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	5	17	6.76	5.52	5.29	399.6	
3726	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	6	17	6.6	5.52	5.35	401.5	
3727	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	7	17	6.7	5.52	5.32	403.1	
3728	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	8	17	6.6	5.52	5.31	393.2	
3729	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	9	17	7.13	5.52	5.28	405	
3730	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	10	17	6.63	5.52	5.4	402.5	
3731	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	11	17	6.6	5.52	5.31	399.9	
3732	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	12	17	6.6	5.52	5.27	404.5	
3733	3	12	34	SE PVC NEGRO MEZCLADO (BOTA)	13	17	6.67	5.52	5.34	406.3	

BDD / Hoja1

Dibujo Autoformas

Inicio SAPLPD ... SAP ... Calculad... Bandeja... 2 Expl... 4 Micr... Docume... Dibujo - ... ES 15:15

Fig. 22 Programa en Excel con variables Aceite de Soya y Estabilizante

## 4.2 DETERMINACIÓN Y ESCLARECIMIENTO DE PROBLEMAS

Algunos de los problemas establecidos fueron los siguientes:

### **La vibración**

La máquina esta sometida a vibración debido a que para el movimiento de las aspas para la homogenización y enfriamiento de los materiales se cuenta con gigantes motores, los cuales están unidos a las aspas por medio de poleas.

Al tener esta vibración se pensó que esto podía estar afectando a las balanzas digitales que determinan la cantidad que ingresa de cada elemento.

Después de un estudio mediante la contratación de una empresa que realiza un análisis de vibraciones se determinó que las balanzas no se ven afectadas por la vibración puesto que se encuentran montadas en una estructura independiente.



**Fig. 23 Maquina PA-630**

### **Diferencias encontradas**

Durante la recolección de la información se pudo evidenciar que existía diferencias entre los datos que arrojaba el reporte de producción, con el número que se podía visualizar en el programa supervisor y el valor que se registra en el display de las balanzas.

Se procedió a notificar de este particular al personal de mantenimiento para que tome las medidas correctivas del caso ya que no se tenía una certeza de cual valor era el real.

El personal de mantenimiento supo manifestar que ese problema era

debido a la interfaz utilizada para transmitir los datos del PLC al computador y que los datos que se debe asumir como reales son los que se graban en la base de datos para ser visualizados en el reporte de producción además de que establecen una evidencia tangible de los datos, por lo que se descarto este detalle como el problema causante de la mala dosificación

Estas diferencias se las va a poder evidenciar de mejor manera en el Anexo D.

### Límites de dosificación

La máquina PA-630 cuenta con un sistema de dosificación automático el cual es controlado mediante un programa supervisor

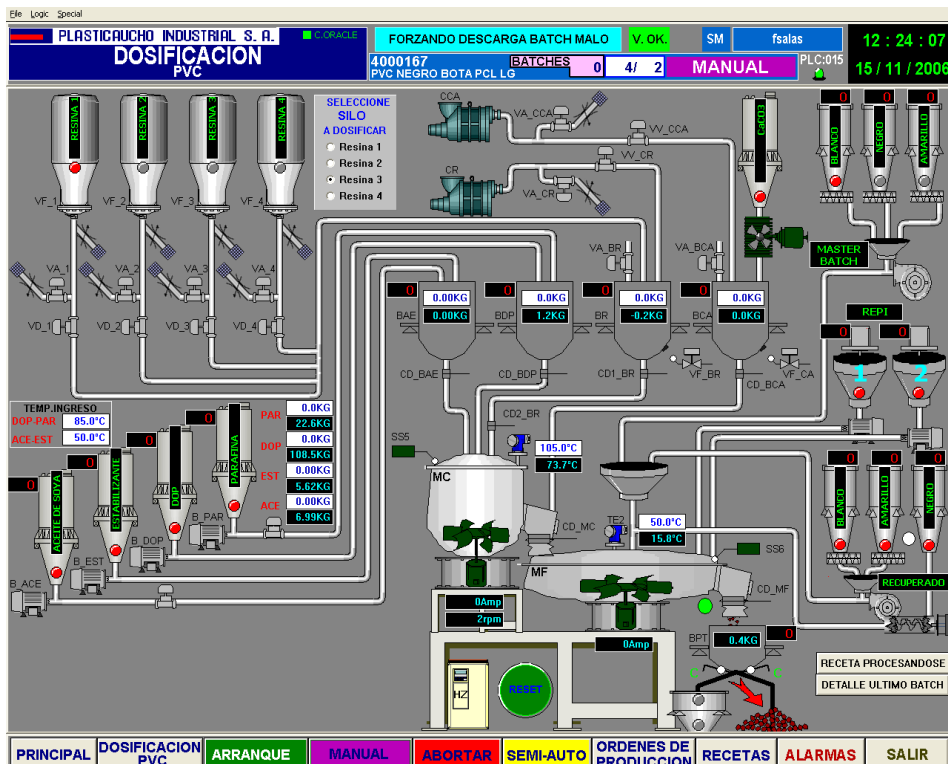


Fig. 24 Programa Supervisor

Este programa cuenta con un menú en el cual se puede navegar con



algunas opciones como históricos de la producción y la configuración de los límites de dosificación



**Fig. 25 Menú Principal del programa supervisor**

Al escoger configuración del sistema se puede acceder a la configuración de los límites de control dentro de los cuales se tienen algunas variables utilizadas para la elaboración del PVC.

Los parámetros que se utilizan para generar el control de las variables son los de corte y ajuste, lo cual tiene incidencia en las bombas para utilizadas para la dosificación de los elementos.

Al proceder a cambiar estos límites para analizar su efecto se detectó que no tenían mayor incidencia sobre la dosificación de las variables ya que no existe una buena conexión entre el supervisor y el PLC encargado del control de la dosificación



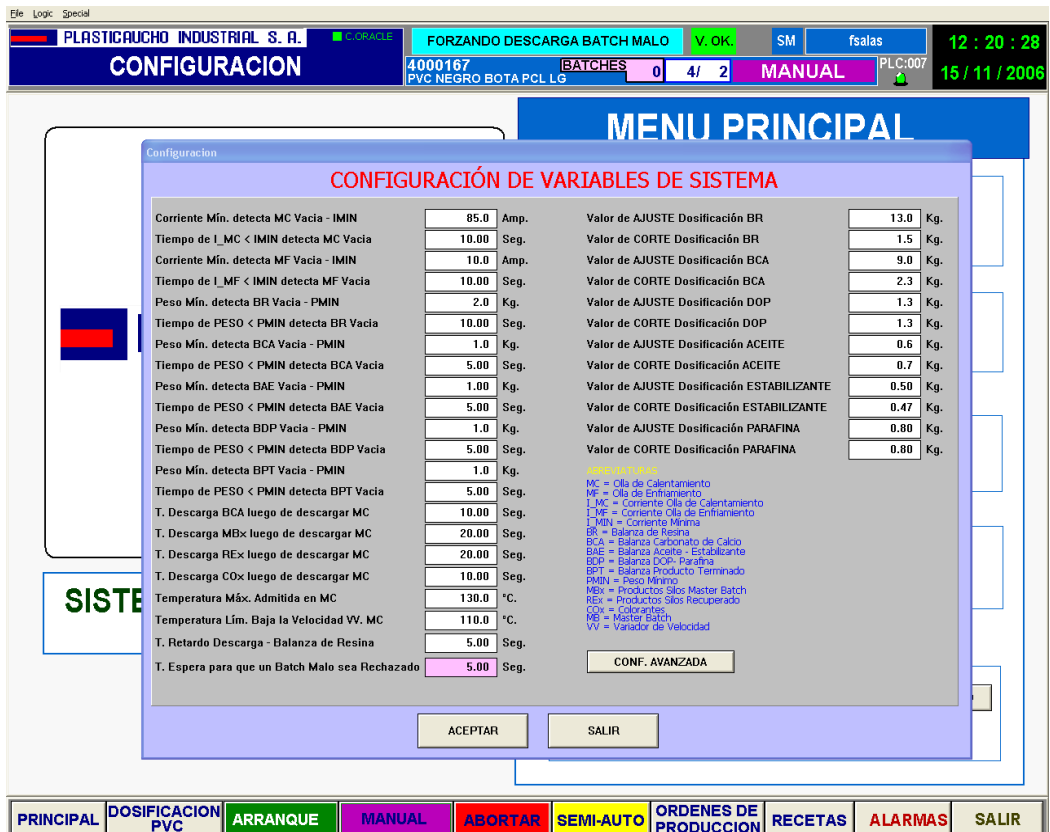


Fig. 26 Configuraci3n de variables del programa supervisor

#### 4.3 DETERMINACI3N DE LA SOLUCI3N

Al determinar que no se podía realizar un control efectivo de los límites de corte y ajuste se procedi3 a establecer como la soluci3n la incorporaci3n de variadores de frecuencia para poder controlar de mejor manera la dosificaci3n por parte de las bombas y así obtener un control por parte de los operadores desde el programa supervisor



**Fig. 27 Variadores de frecuencia instalados**

Una vez realizados estas mejoras se puede evidenciar una mejoría notable en la dosificación de cada una de las variables.

#### **4.4 VISUALIZACIÓN DE LA MEJORA**

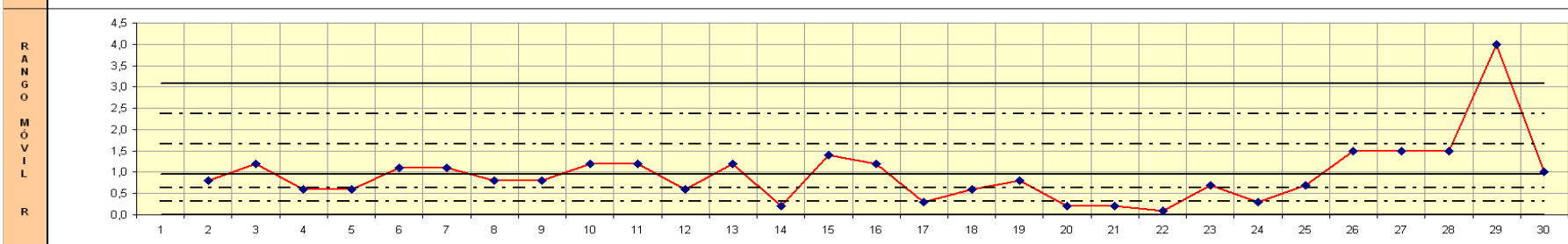
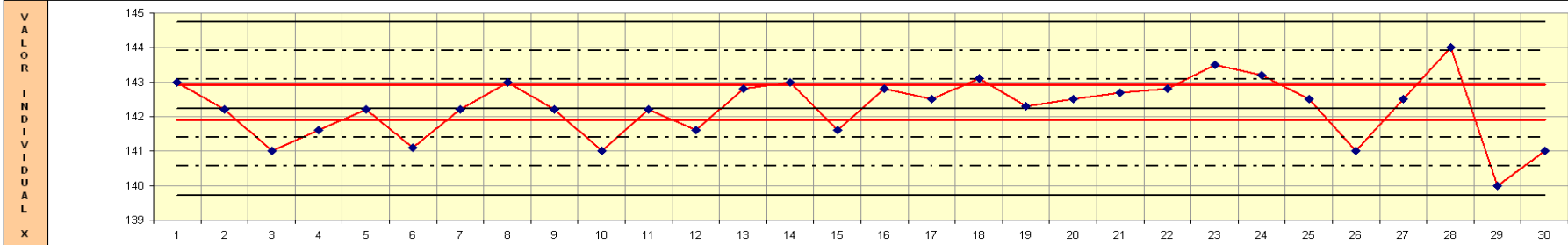
A continuación se procede a evidenciar como estaba el proceso antes del control estadístico y como quedo después de realizar el control estadístico

**ANTES**

# RESINA


## CARTA DE CONTROL X - R

EMPRESA:	PLASTICAUCHO INDUSTRIAL															Periodo :	2006	Cod. 03
VARIABLE:	RESINA	UNIDAD:	kg	MAQUINA:	PA 3	MUESTRA:		FRECUENCIA:		Límites de especificación: LEI =		141,92	LES =	142,92				
MATERIAL:																		
ESPECIFICACION:	142,419																	



D A T O S	No. Subgrupo	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	26	27	28	29	30
	Valor ind. X	143.00	142.20	141.00	141.60	142.20	141.10	142.20	143.00	142.20	141.00	142.20	141.60	142.80	143.00	141.60	142.80	142.50	143.10	142.30	142.50	142.70	142.80	143.50	143.20	142.50	141.00	142.50	144.00	140.00	141.00
	Rango móvil R		0,80	1,20	0,60	0,60	1,10	1,10	0,80	0,80	1,20	1,20	0,60	1,20	0,20	1,40	1,20	0,30	0,60	0,80	0,20	0,20	0,10	0,70	0,30	0,70	1,50	1,50	1,50	4,00	1,00
OPE/SUP:INSP																															
DIA.HORA																															
n	1	k						30	n x k						30	LEI	141,92	LES	142,92	Pp	0,186										
X	142,237	s						0,895	$\bar{\sigma} \bar{R}/d_2$						0,838	Cp	0,199	Cpk	0,126	Ppk	0,118										
$\bar{R}$	0,945	LCS <sub>X</sub>						144,749	LCI <sub>X</sub>						139,724	LCS <sub>R</sub>	3,087	LCI <sub>R</sub>	0,000	Ppk Proceso NO CAPAZ											

No.	Op/Sup	Acción correctiva	
<b>CONTROL AUTOMATICO DE LA DOSIFICACION DE RESINA</b>			
COLOR:		NEGRO	
FECHA:		30-Nov-06	
TURNO:		1	



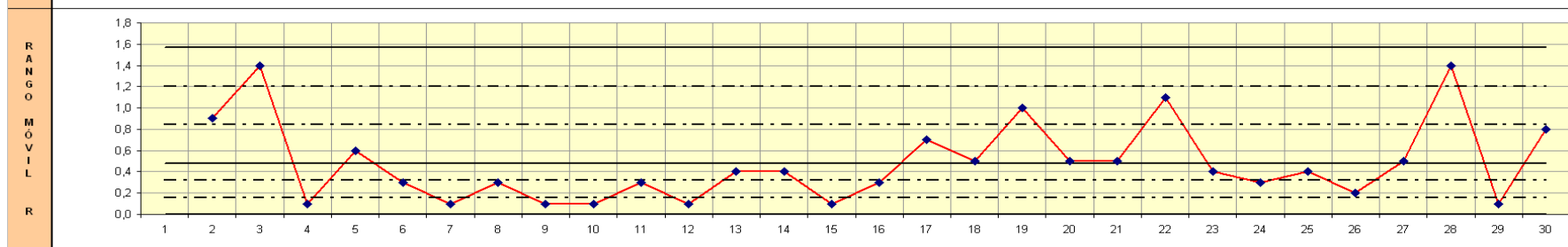
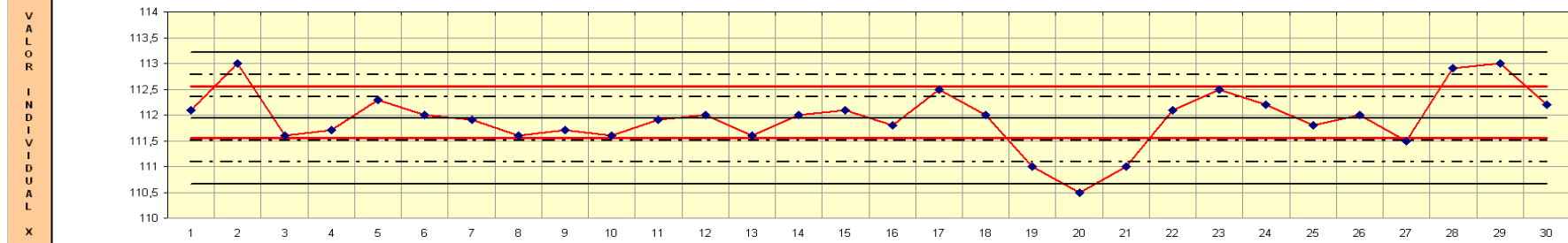
**SPC scorpio v1**

Plantillas de excel realizadas por Ing. Santiago Carpio,

# DOP


## CARTA DE CONTROL X - R

EMPRESA:	PLASTICAUCHO INDUSTRIAL															Periodo :	2006		Cod.03
VARIABLE:	DOP		UNIDAD:	kg		MAQUINA:	PA 3		MUESTRA:			FRECUENCIA:			Límites de especificación: LEI = 111,56 LES = 112,56				
MATERIAL:																			
ESPECIFICACION:	112,056																		



D A T O S	No. Subgrupo	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	26	27	28	29	30
	Valor ind. X	112,10	113,00	111,60	111,70	112,30	112,00	111,90	111,60	111,70	111,60	111,90	112,00	111,60	112,00	112,10	111,80	112,50	112,00	111,00	110,50	111,00	112,10	112,50	112,20	111,80	112,00	111,50	112,90	113,00	112,20
Rango móvil R		0,90	1,40	0,10	0,60	0,30	0,10	0,30	0,10	0,10	0,30	0,10	0,40	0,40	0,10	0,30	0,70	0,50	1,00	0,50	0,50	1,10	0,40	0,30	0,40	0,20	0,50	1,40	0,10	0,80	

OPE/SUP/INSP																															
DIA/HORA																															
n	1	k		30		n x k		30		LEI		111,56		LES		112,56		Pp		0,302											
X	111,937	s		0,551		$\hat{\sigma}$ $\bar{R}/d_2$		0,425		Cp		0,392		Cpk		0,299		Ppk		0,230											
R	0,479	LCS <sub>X</sub>		113,211		LCI <sub>X</sub>		110,662		LCS <sub>R</sub>		1,566		LCI <sub>R</sub>		0,000		Ppk Proceso NO CAPAZ													
No.	Op/Sup	Acción correctiva																													
		<b>CONTROL AUTOMATICO DE LA DOSIFICACION DE DOP</b>																													
		COLOR:		NEGRO																											
		FECHA:		30-Nov-06																											
		TURNO:		1																											

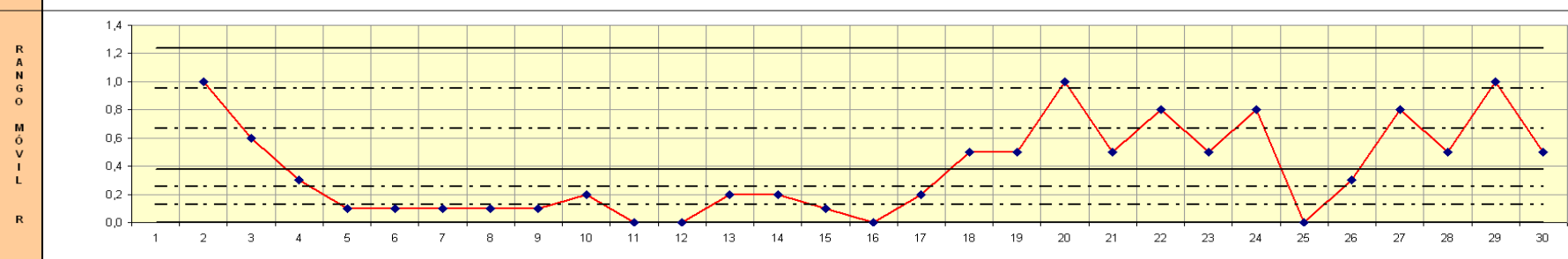
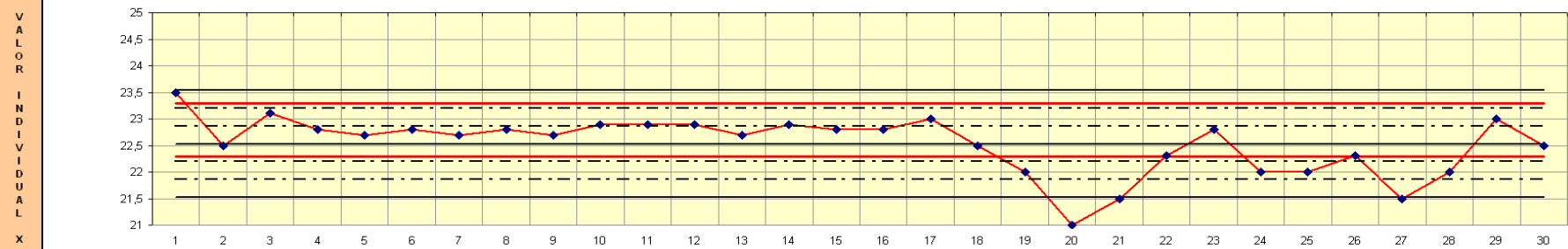


**SPC scorpio v1**  
Plantillas de excel realizadas por Ing. Santiago Carpio.

# PARAFINA CLORADA

## CARTA DE CONTROL X - R

EMPRESA:	PLASTICAUCHO INDUSTRIAL															Periodo :	2006		Cod. 03
VARIABLE:	PARAFINA CLORADA/UNIDAD:		kg	MAQUINA:	PA 3		MUESTRA:	FRECUENCIA:		Límites de especificación:		LEI=	22,287	LES=	23,287				
MATERIAL:																			
ESPECIFICACION:	22,787																		

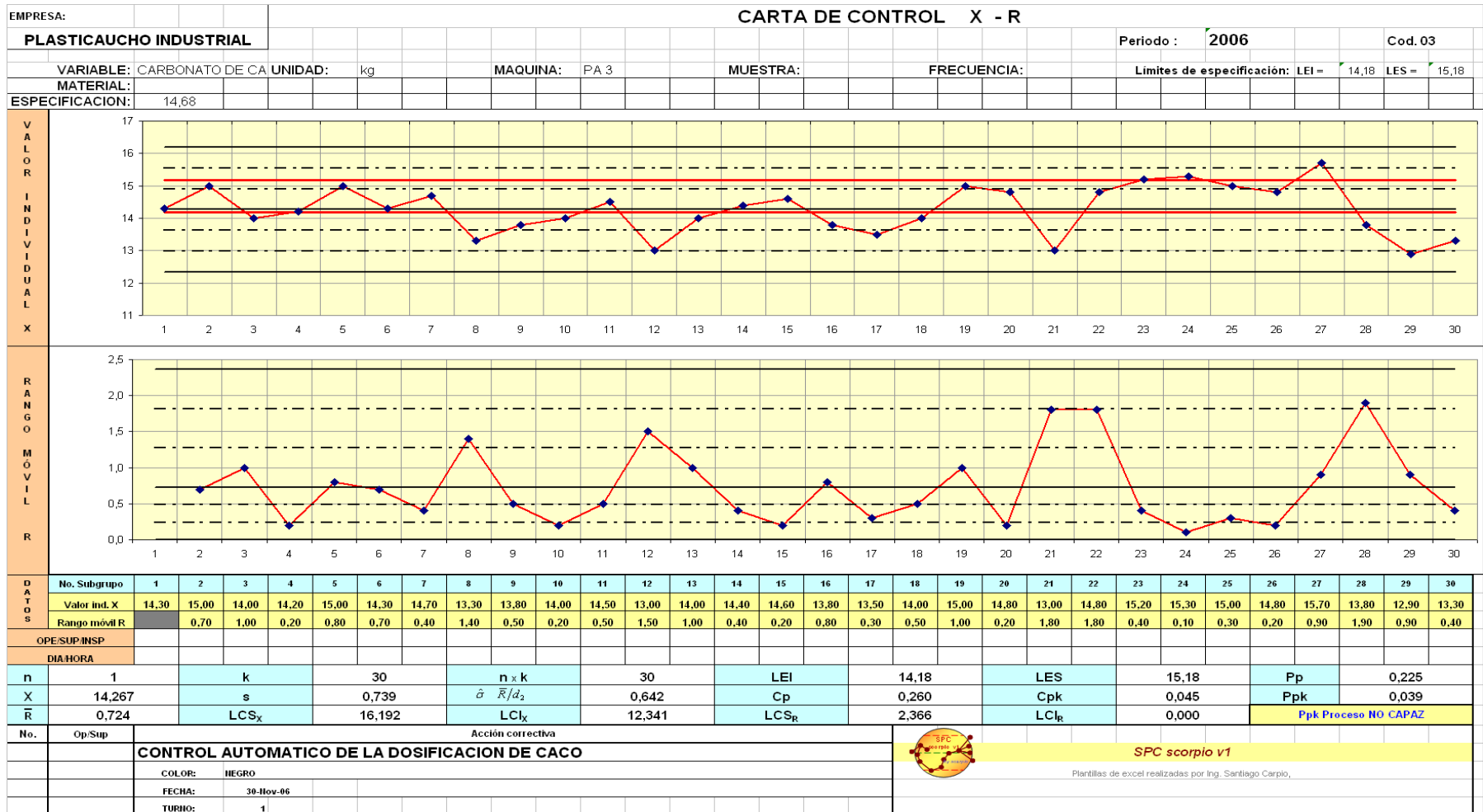


DATOS	No. Subgrupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Valor ind. X		23.50	22.50	23.10	22.80	22.70	22.80	22.70	22.80	22.70	22.90	22.90	22.90	22.70	22.90	22.80	22.80	23.00	22.50	22.00	21.00	21.50	22.30	22.80	22.00	22.00	22.30	21.50	22.00	23.00	22.50
Rango móvil R			1.00	0.60	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20	0.00	0.00	0.20	0.20	0.10	0.00	0.20	0.50	0.50	1.00	0.50	0.80	0.50	0.80	0.00	0.30	0.80	0.50	1.00	0.50

OPE/SUP-INSP																																	
DIA/HORA																																	
n	1	k		30		n x k		30		LEI		22,29		LES		23,29		Pp		0,308													
X	22,530	s		0,541		$\hat{\sigma} \bar{R}/d_2$		0,336		Cp		0,496		Cpk		0,241		Ppk		0,150													
R	0,379	LCS <sub>X</sub>		23,539		LCI <sub>X</sub>		21,521		LCS <sub>R</sub>		1,239		LCI <sub>R</sub>		0,000		Ppk Proceso NO CAPAZ															
No.	Op/Sup	Acción correctiva																															
		<b>CONTROL AUTOMATICO DE LA DOSIFICACION DE PLC</b>																															
		COLOR: NEGRO																															
		FECHA: 30-Nov-06																															
		TURNO: 1																															

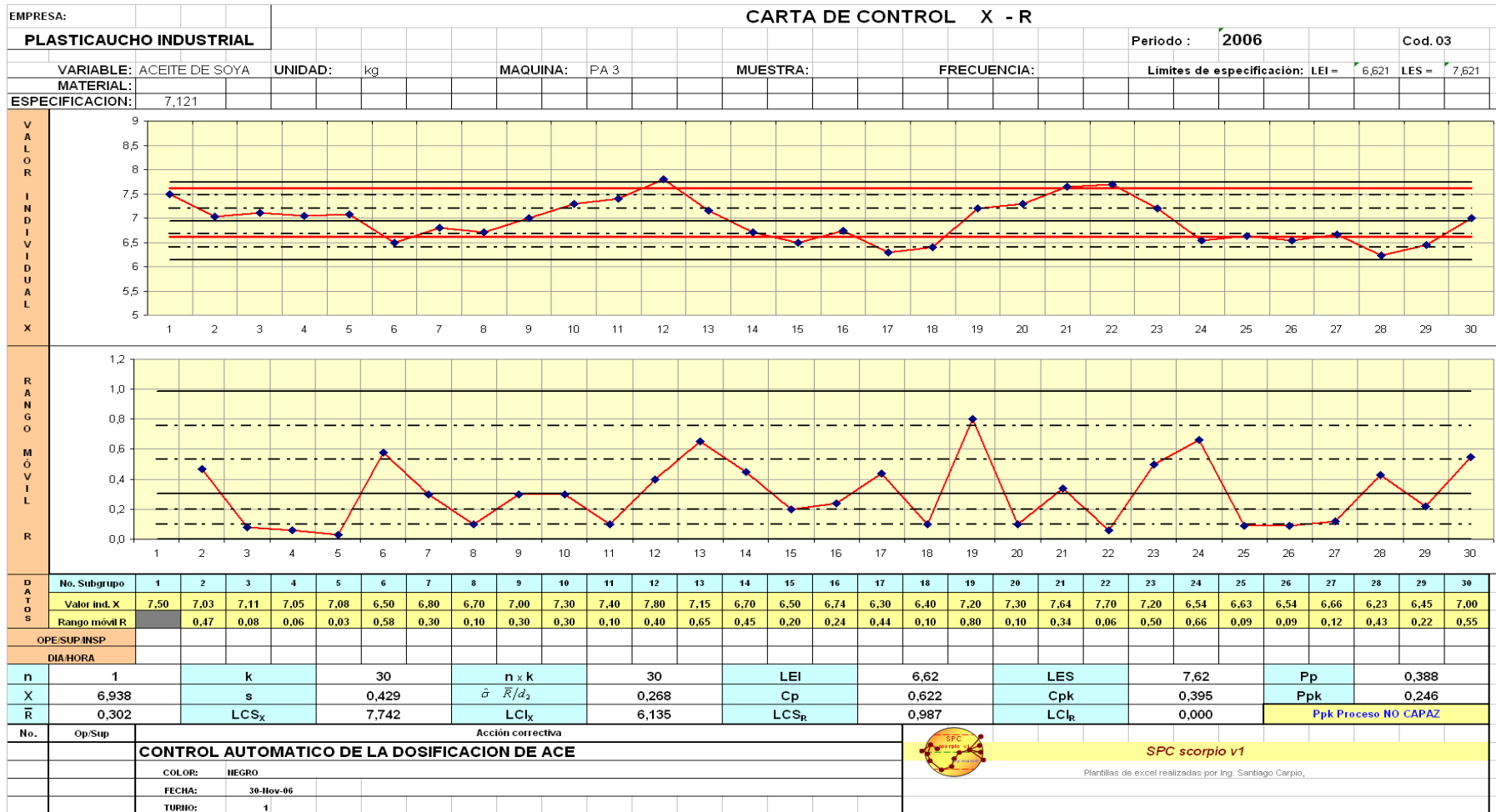
**SPC scorpio v1**  
Plantillas de excel realizadas por Ing. Santiago Carpio.

## CARBONATO DE CALCIO



## ACEITE DE SOYA





## ESTABILIZANTE

EMPRESA:

**PLASTICAUCHO INDUSTRIAL**

**CARTA DE CONTROL X - R**

Periodo: **2006**

Cod. 03

VARIABLE: ESTABILIZANTE UNIDAD: kg

MAQUINA: PA 3

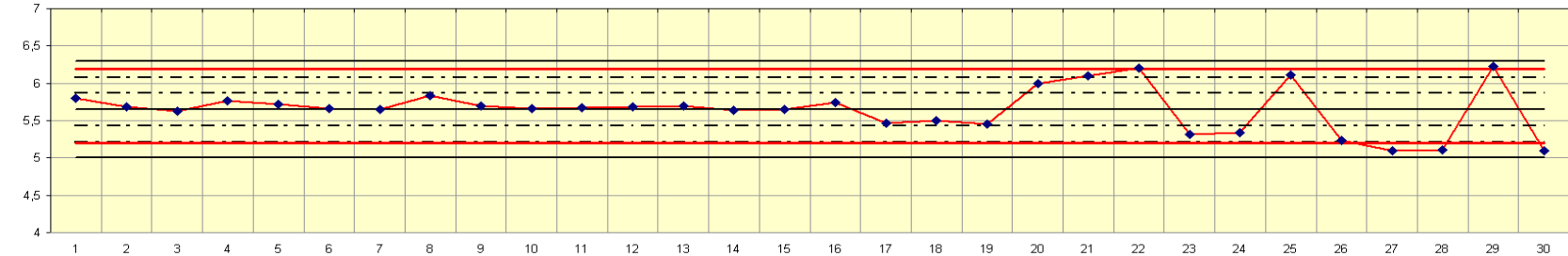
MUESTRA:

FRECUENCIA:

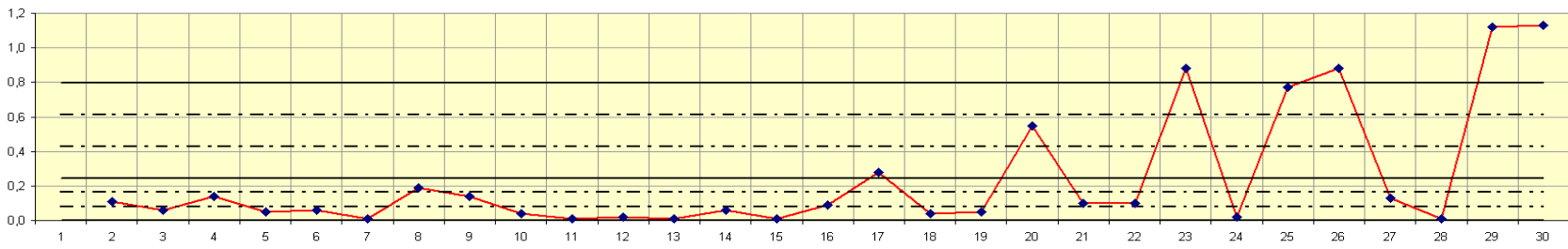
Limites de especificación: LEI = 5,197 LES = 6,197

MATERIAL:  
ESPECIFICACION: 5,697

VALOR INDIVIDUAL X



RANGO MÓVIL R




DATOS

No. Subgrupo	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	26	27	28	29	30
Valor ind. X	5,80	5,69	5,63	5,77	5,72	5,66	5,65	5,84	5,70	5,66	5,67	5,69	5,70	5,64	5,65	5,74	5,46	5,50	5,45	6,00	6,10	6,20	5,32	5,34	6,11	5,23	5,10	5,11	6,23	5,10
Rango móvil R		0,11	0,06	0,14	0,05	0,06	0,01	0,19	0,14	0,04	0,01	0,02	0,01	0,06	0,01	0,09	0,28	0,04	0,05	0,55	0,10	0,10	0,88	0,02	0,77	0,88	0,13	0,01	1,12	1,13

OPE/SUP-INSP  
DIA/HORA

n	1	k	30	n x k	30	LEI	5,20	LES	6,20	Pp	0,552
X	5,649	s	0,302	$\hat{\sigma} \bar{R}/d_2$	0,216	Cp	0,772	Cpk	0,698	Ppk	0,498
$\bar{R}$	0,243	LCS <sub>X</sub>	6,296	LCL <sub>X</sub>	5,001	LCS <sub>R</sub>	0,795	LCL <sub>R</sub>	0,000	Ppk Proceso <b>NO</b> CAPAZ	

No.	Op/Sup	Acción correctiva
<b>CONTROL AUTOMATICO DE LA DOSIFICACION DE ESTABILIZANTE</b>		
	COLOR:	NEGRO
	FECHA:	30-Nov-06
	TURNO:	1



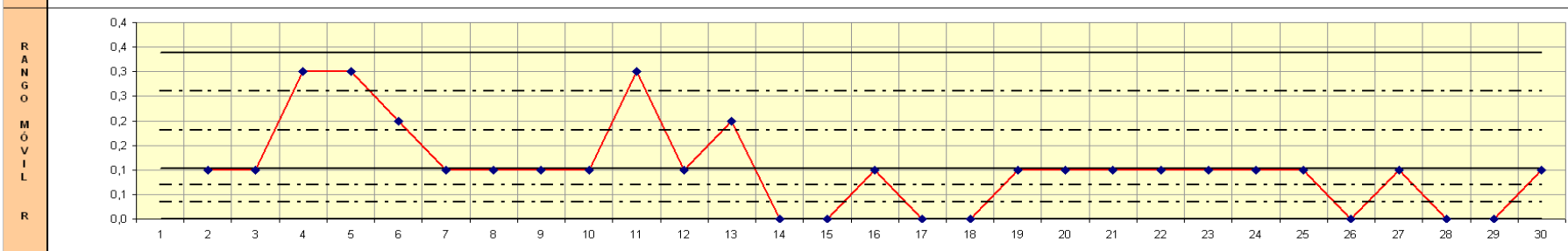
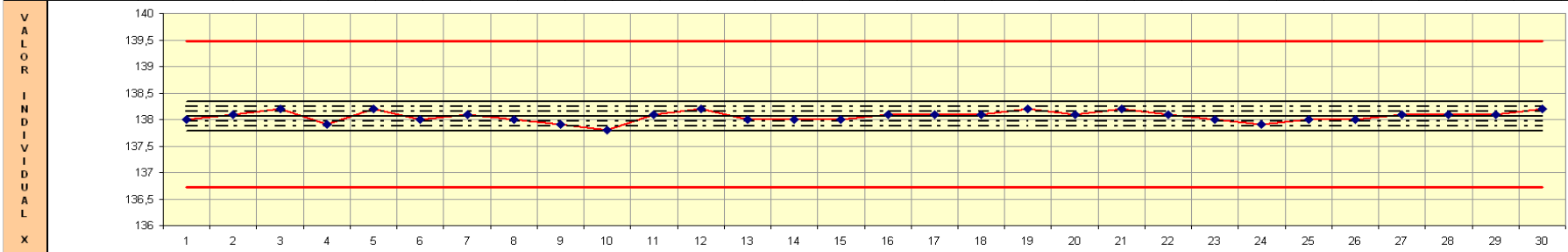
**SPC scorpio v1**

Plantillas de excel realizadas por Ing. Santiago Carpio.

AHORA


RESINA

EMPRESA:	PLASTICAUCHO INDUSTRIAL															Periodo :	2007	Cod. 03
VARIABLE:	RESINA	UNIDAD:	kg	MAQUINA:	PA 3	MUESTRA:		FRECUENCIA:		Límites de especificación:		LEI =	136,72	LES =	139,48			
MATERIAL:																		
ESPECIFICACION:	138,1																	



D A T O S	No. Subgrupo	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	26	27	28	29	30
	Valor ind. X	138,00	138,10	138,20	137,90	138,20	138,00	138,10	138,00	137,90	137,80	138,10	138,20	138,00	138,00	138,10	138,10	138,10	138,10	138,20	138,10	138,20	138,10	138,00	137,90	138,00	138,10	138,10	138,10	138,10	138,20
	Rango móv. R		0,10	0,10	0,30	0,30	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,30	0,10	0,20	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,10	0,00	0,00	0,10
OPE/SUP/INSP																															
DIA/HORA																															
n	1	k			30			n x k			30			LEI			136,72			LES			139,48			Pp		4,435			
X	138,060		s		0,104		$\hat{\sigma} \bar{R}/d_2$		0,092		Cp		5,016		Cpk		4,870		Ppk		4,306										
R	0,103		LCS <sub>X</sub>		138,335		LCI <sub>X</sub>		137,785		LCS <sub>R</sub>		0,338		LCI <sub>R</sub>		0,000		Ppk Proceso CAPAZ												

No.	Op/Sup	Acción correctiva														
		<b>CONTROL AUTOMATICO DE LA DOSIFICACION DE RESINA</b>														
		COLOR: NEGRO														
		FECHA: 26-Mar-07														
		TURNO: 1														



**SPC scorpio v1**

Plantillas de excel realizadas por Ing. Santiago Carpio,

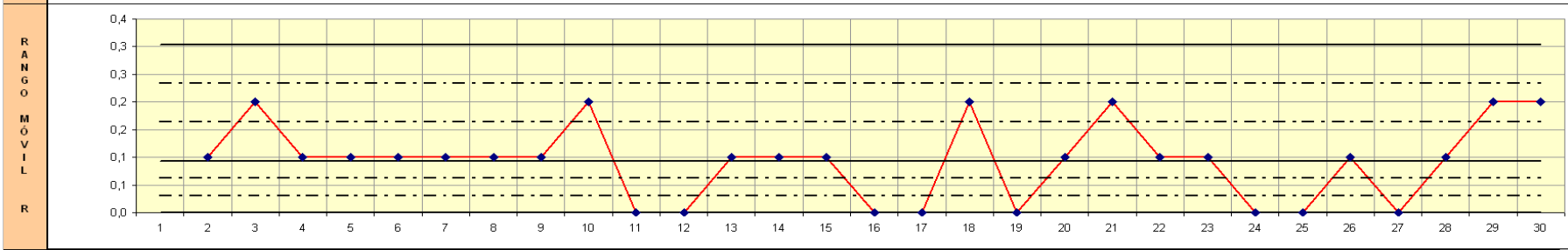
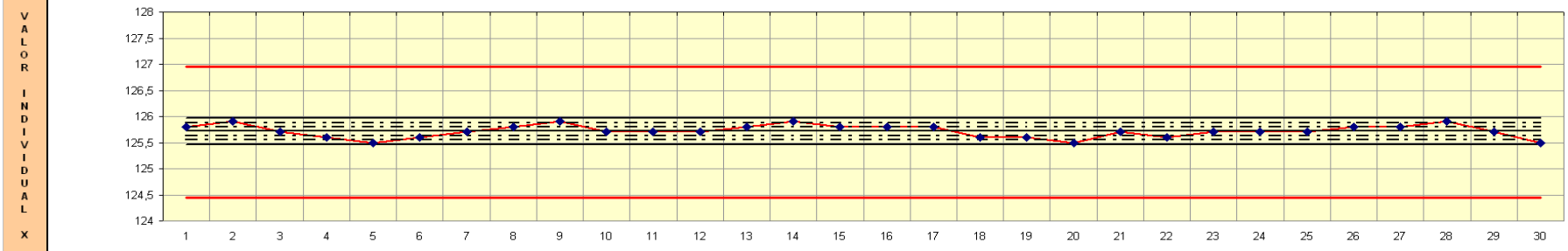
**DOP**

EMPRESA:  
**PLASTICAUCHO INDUSTRIAL**

**CARTA DE CONTROL X - R**

Periodo : **2007** Cod. 03

VARIABLE: DOP UNIDAD: kg MAQUINA: PA 3 MUESTRA: FRECUENCIA: Limites de especificación: LEI = 124,45 LES = 126,95  
 MATERIAL: ESPECIFICACION: 125,7



D A T O S	No. Subgrupo	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	26	27	28	29	30
Valor ind. X		125,80	125,90	125,70	125,60	125,50	125,60	125,70	125,80	125,90	125,70	125,70	125,70	125,80	125,90	125,80	125,80	125,80	125,60	125,60	125,50	125,70	125,60	125,70	125,70	125,70	125,80	125,80	125,90	125,70	125,50
Rango móvil R			0,10	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,20	0,00	0,10	0,20	0,10	0,10	0,00	0,00	0,10	0,00	0,10	0,20	0,20

n	1	k	30	n x k	30	LEI	124,45	LES	126,95	Pp	3,540
X	125,717	s	0,118	$\bar{\sigma}$ $\bar{R}/d_2$	0,083	Cp	5,048	Cpk	4,981	Ppk	3,493
$\bar{R}$	0,093	LCS <sub>X</sub>	125,964	LCL <sub>X</sub>	125,469	LCS <sub>R</sub>	0,304	LCL <sub>R</sub>	0,000	Ppk Proceso CAPAZ	

No. Op/Sup **Acción correctiva**

**CONTROL AUTOMATICO DE LA DOSIFICACION DE DOP**

COLOR: NEGRO

FECHA: 26-Mar-07

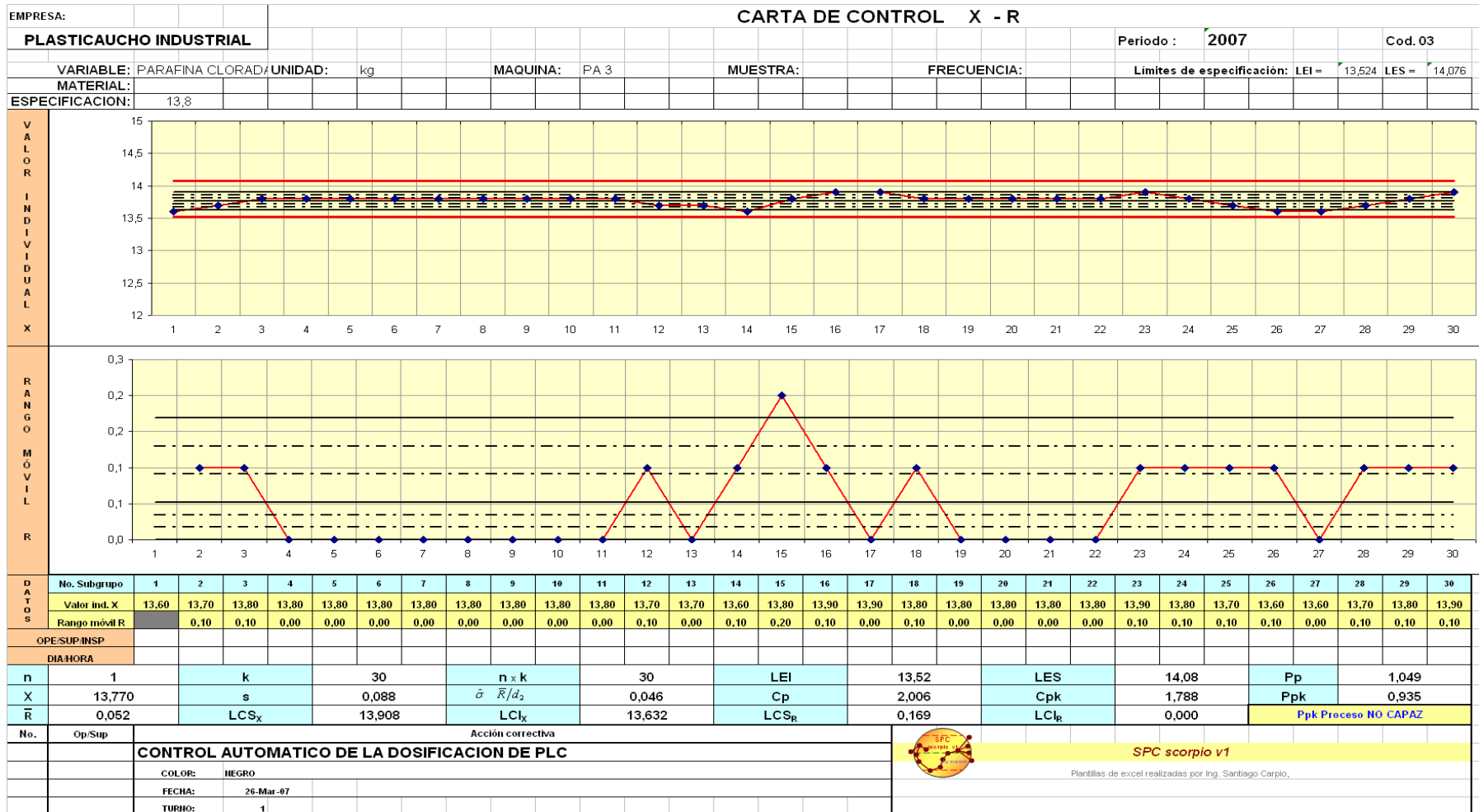
TURNO: 1



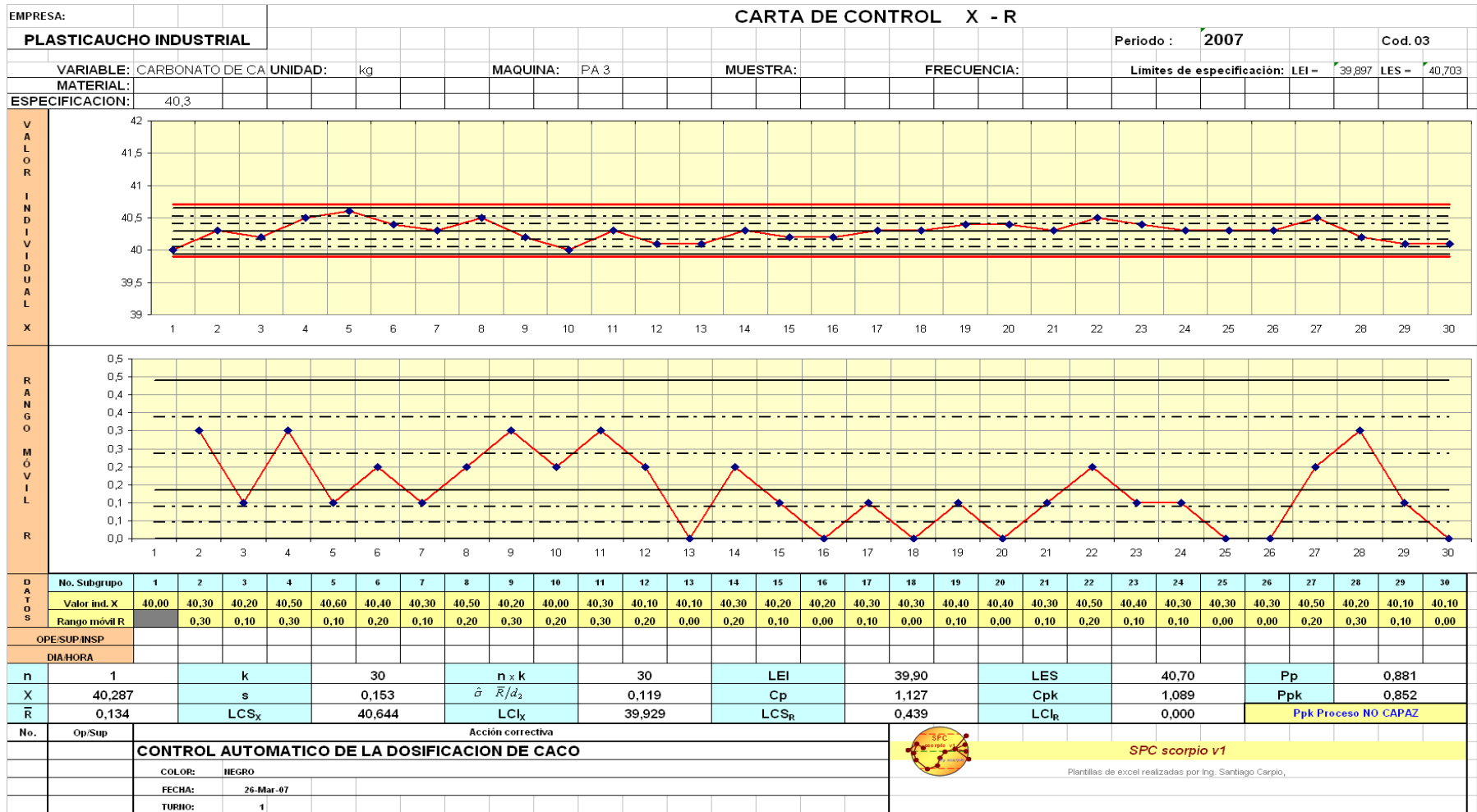
**SPC scorpio v1**

Plantillas de excel realizadas por Ing. Santiago Carpio,

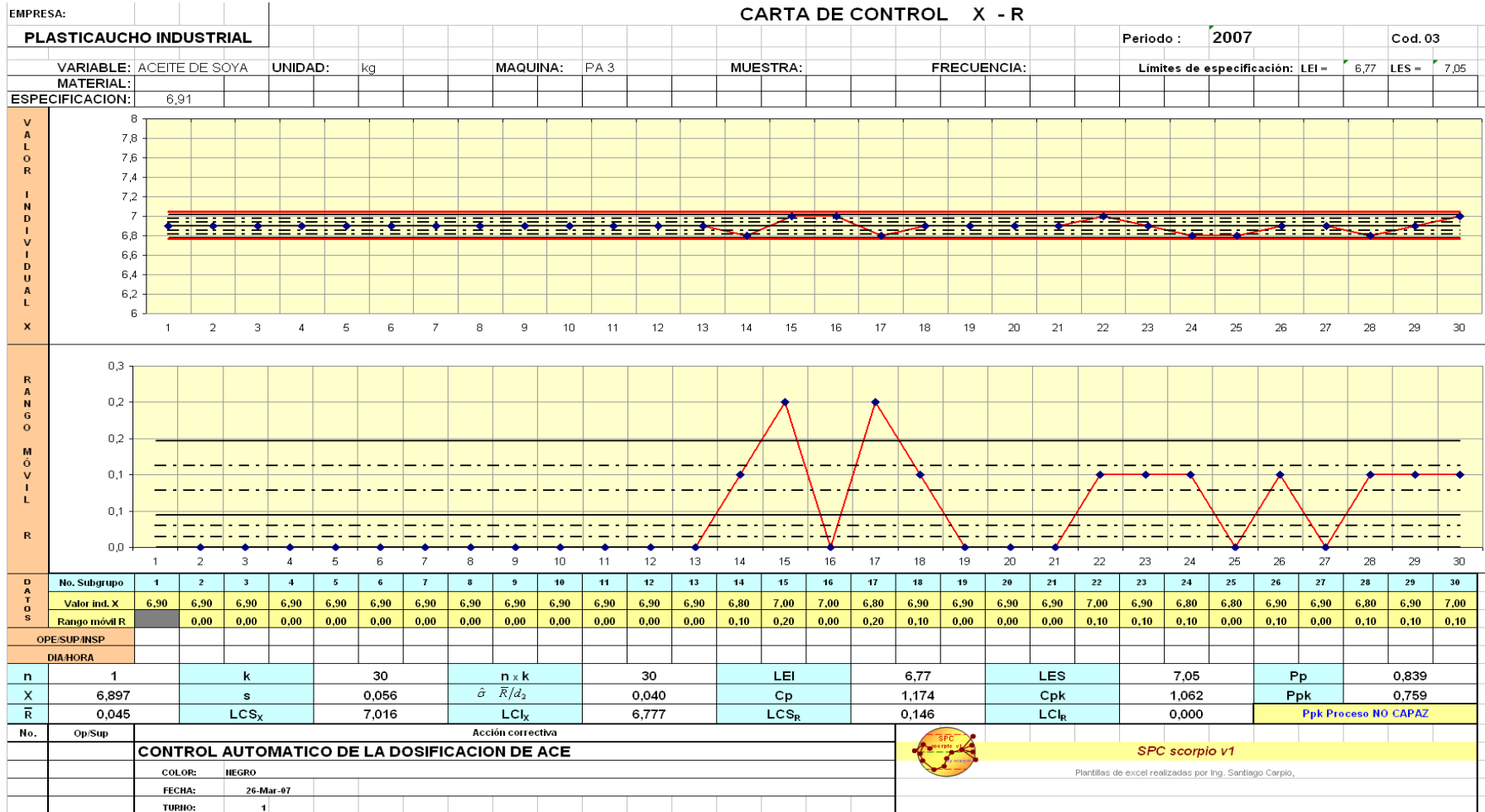
**PARAFINA CLORADA**



## CARBONATO DE CALCIO

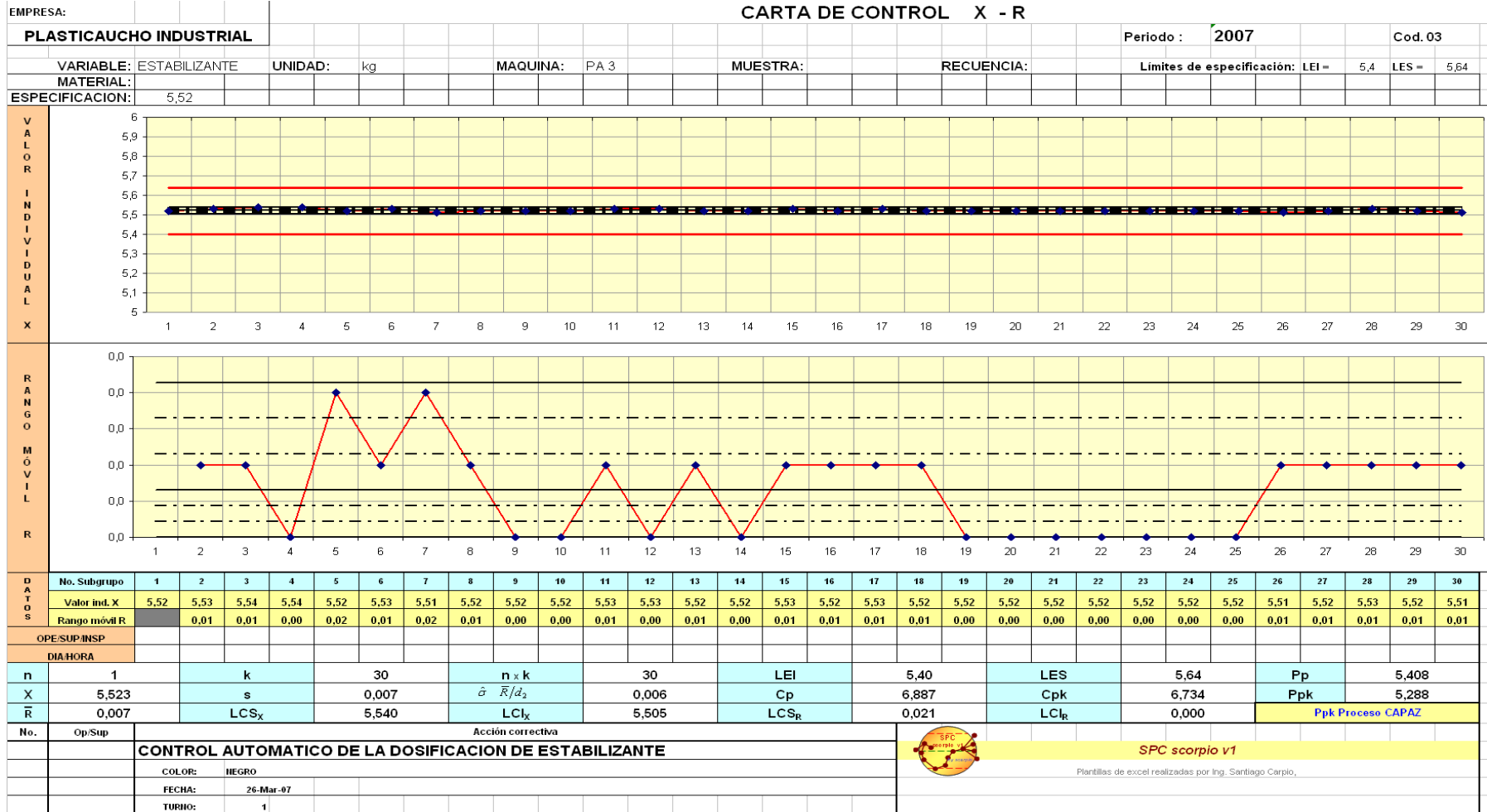


## ACEITE DE SOYA



**ESTABILIZANTE**





Como se puede evidenciar en las cartas de control todas las variables están dentro de los límites de especificación, esta mejora en el proceso se debe a la aplicación de los variadores de velocidad colocados para poder controlar de mejor forma las bombas para la dosificación de la materia prima para la elaboración de PVC.

Los límites de dosificación se pueden configuración en la pantalla de configuración de variables en el programa supervisor si fuera necesario cambiarlos por parte de los operadores en caso que el proceso lo amerite

#### 4.5 ANÁLISIS FINANCIERO

Debido al consumo de los 3 principales colores de PVC: Amarillo, Blanco y Negro; y, a los requerimientos de PVC de colores para la sección de Plástico y PVC especiales para la sección Caucho, es necesario realizar cambios de colores y cambios de fórmula en cada turno de trabajo en la máquina PA03-630.

Los costos generados antes de realizar el control estadístico por concepto de materia prima estaban causando descontento por parte del jefe de producción de la sección una vez que se gastaba alrededor de 1000 dólares diarios ya que se dosificaba más de lo debido, esto no afecta mucho a la calidad del PVC pero genera pérdidas para la empresa como se puede evidenciar a continuación

PRODUCCIÓN EN MAQUINA 630 PARA 55000 Kg.							
	RESINA	DOP	PLC	CaCO	ACEITE	ESTABILIZANTE	TOTAL
INGRESO SEGÚN ESPECIFICACIONES	25630	12370	5000	8000	2100	1900	55000
INGRESO REAL	26100	12985	5320	8800	2310	2098	57413
VALOR POR KILO	0,8	0,52	0,39	0,3	0,22	0,18	2,41
VALOR POR DESPERDICIO	376	319,8	124,8	180	46,2	35,64	1082,44

Una vez realizado el control estadístico se consiguió reducir estas

pérdidas monetarias en un 64% como se demuestra a continuación.

PRODUCCIÓN EN MAQUINA 630 PARA 55000 Kg.							
	RESINA	DOP	PLC	CaCO	ACEITE	ESTABILIZANTE	TOTAL
INGRESO SEGÚN ESPECIFICACIONES	25630	12370	5000	8000	2100	1900	55000
INGRESO REAL	25875	12520	5125	8100	2230	2000	55850
VALOR POR KILO	0,8	0,52	0,39	0,3	0,22	0,18	2,41
VALOR POR DESPERDICIO	196	78	48,75	30	28,6	18	399,35

Ahora todavía existen pérdidas monetarias pero ya no en la cantidad que eran antes, hoy las pérdidas están alrededor de los 400 dólares lo cual genera un ahorro para la empresa de 600 dólares diarios en esta sección.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- El Control Estadístico de Procesos es un conjunto de herramientas estadísticas que nos permite recopilar, estudiar y analizar la información de procesos repetitivos para poder tomar decisiones encaminadas a la mejora de los mismos.
- El Control Estadístico de Procesos es aplicable no sólo a procesos productivos sino a cualquier tipo de proceso donde se cumplan dos condiciones: Que sea medible y que sea repetitivo.
- El Control Estadístico de Procesos deberá ser utilizado por todo el personal que tenga o pueda tener en sus manos la posibilidad de mejorar algún proceso o reducir reprocesos y desperdicios, lo que se aplica a personal de Mantenimiento, Producción, Compras, Ventas, etc.
- Por medio de la experiencia en esta pasantía se puede observar el enorme potencial que posee la utilización del Control Estadístico de Proceso como instrumento y herramienta destinada a un mejor control en la evolución de los costos, una forma más eficaz de tomar decisiones en cuanto a ajustes, un método muy eficiente de fijar metas y un excepcional medio de verificar el comportamiento del sistema en su conjunto en cuanto tiene que ver a la productividad, calidad, indicadores financieros, satisfacción de los usuarios, empleados y obreros.

- Algunas personas por desconocimiento de la forma como funcionan los procesos tienden a efectuar prolongados y obstinados análisis en la búsqueda de las razones que dieron lugar a la variación de los procesos en relación a los estándares o a los registros en el período anterior, cometiendo el error de adoptar medidas de ajuste, cuando en realidad las variaciones respondían a la naturaleza misma del proceso, por lo que los ajustes dan origen a mayores diferencias en el futuro, es decir se debe determinar si los eventos son fortuitos o se presentan en forma continua en el proceso.
- Las empresas que no adopten esta nueva metodología sufrirán el choque frente a las empresas que lo aplican en forma metódica y se verán relegadas e inclusive podrían ir a la banca rota por resistirse al cambio.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Es recomendable para la empresa continuar realizando el control estadístico del proceso de elaboración de PVC para que de esta manera se pueda evidenciar como esta la dosificación y poder comprobar si existen cambios en el proceso para encontrar las causas y poder corregirlas a tiempo.
- No se debe dejar de lado por parte de la empresa la incorporación de válvulas de corte para de esta manera poder controlar de mejor forma el proceso y como consecuencia de esto reducir los gastos por desperdicio de materia prima.

## CAPITULO VI

### 6. PROPUESTA

#### 6.1 ANÁLISIS DE ESPECIFICACIONES Y DETERMINACIÓN DE LAS ACTIVIDADES CRÍTICAS

Al analizar los datos obtenidos de la recolección de los mismos se puede observar que tanto la Resina como el Carbonato salen fuera de los rangos de tolerancia establecidos en el plan de control actual, el resto de componentes están dentro del rango de tolerancia, pero al analizar las cartas de control se puede evidenciar que no son procesos controlados y presentan gran variabilidad por lo que al ser la Resina y el Carbonato las variables que se encuentran fuera de la tolerancia establecida en el plan de control actual de la empresa fueron las primeras en controlarse para después controlar el resto de variables.

PLAN DE CONTROL ACTUAL:		Especificaciones / Criterio Aceptación																					
Operación	Característica																						
Carga de materiales	Ingreso de resina	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Unidad</th> <th>Tolerancia</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kg</td> <td>± 0,5</td> <td>0.35</td> </tr> <tr> <td>Kg</td> <td>± 0,5</td> <td>3.40</td> </tr> <tr> <td>Kg</td> <td>± 0,5</td> <td>0.43</td> </tr> <tr> <td>Kg</td> <td>± 0,5</td> <td>7.13</td> </tr> <tr> <td>Kg</td> <td>± 0,5</td> <td>8.92</td> </tr> <tr> <td>Kg.</td> <td>± 0,5</td> <td>2.22</td> </tr> </tbody> </table>	Unidad	Tolerancia	%	Kg	± 0,5	0.35	Kg	± 0,5	3.40	Kg	± 0,5	0.43	Kg	± 0,5	7.13	Kg	± 0,5	8.92	Kg.	± 0,5	2.22
	Unidad	Tolerancia	%																				
	Kg	± 0,5	0.35																				
	Kg	± 0,5	3.40																				
	Kg	± 0,5	0.43																				
	Kg	± 0,5	7.13																				
	Kg	± 0,5	8.92																				
Kg.	± 0,5	2.22																					
Ingreso de Carbonato																							
Ingreso de DOP																							
Ingreso de Aceite																							
Ingreso de Estabilizante																							
Ingreso de Parafina																							

--	--	--

Los valores establecidos mediante la obtención del coeficiente de variación y la desviación típica son los siguientes:

PROCESO ACTUAL:				
Operación	Característica	Especificaciones / Criterio Aceptación		
Carga de materiales	Ingreso de resina	Unidad	Desviación promedio	%
	Ingreso de Carbonato	Kg	± 1	0.7
	Ingreso de DOP	Kg	± 0,8	5.44
	Ingreso de Aceite	Kg	± 0,4	0.35
	Ingreso de Estabilizante	Kg	± 0,2	2.8
	Ingreso de Parafina	Kg	± 0,25	4.46
		Kg.	± 0,25	1.15

Después de realizar un control de estos elementos se hizo el análisis de las especificaciones y se propuso la nueva tabla

PROCESO MEJORADO:				
Operación	Característica	Especificaciones / Criterio Aceptación		
Carga de materiales	Ingreso de resina	Unidad	Desviación promedio	%
	Ingreso de Carbonato	Kg	± 0.5	0.35
	Ingreso de DOP	Kg	± 0,5	3.40
	Ingreso de Aceite	Kg	± 0,4	0.35
	Ingreso de Estabilizante	Kg	± 0,2	2.8
	Ingreso de Parafina	Kg	± 0,25	4.46
		Kg.	± 0,25	1.15

Una vez realizados estos ajustes dentro del proceso podemos fijarnos el siguiente objetivo el cual nos llevaría a un cambio de las tolerancias en el

plan de control, ahora la tolerancia se establece por el valor porcentual, es decir se propuso fijar la tolerancia en +/- 1% por lo cual la tabla quedo de la siguiente manera:

PROCESO ESPERADO:					
Operación	Característica	Especificaciones / Criterio Aceptación			
Carga de materiales	Ingreso de resina	Unidad	Tolerancia (%)	Valor	
		Kg	± 1	±1.42	
	Ingreso de Carbonato	Kg	± 1	±0.14	
	Ingreso de DOP	Kg	± 1	±1.12	
	Ingreso de Aceite	Kg	± 1	±0.071	
	Ingreso de Estabilizante	Kg	± 1	±0,056	
	Ingreso de Parafina	Kg.	± 1	±0.22	

Logrando con esto que el porcentaje de desviación este dentro de un 1% que se estima como aceptable debido a la variabilidad del proceso, pero al realizar un análisis se pudo palpar que en las variables en las cuales el ingreso no supera el valor de 30 kg. Como en el caso de la Parafina Clorada, el Estabilizante y el Aceite de Soya, se establece como aceptable que haya una tolerancia del +/- 2% puesto que con los variadores de frecuencia instalados no se consigue realizar un afinamiento para que ingrese las cantidades necesarias y se establezca la tolerancia en el 1%, por lo que la nueva tabla quedó de la siguiente manera:

PROCESO ESPERADO:					
Operación	Característica	Especificaciones / Criterio Aceptación			
	Ingreso de resina Ingreso de Carbonato	Unidad	Tolerancia (%)	Valor	
		Kg	± 1	±1.42	
		Kg	± 1	±0.14	



Carga de materiales	Ingreso de DOP	Kg	$\pm 1$	$\pm 1.12$
	Ingreso de Aceite	Kg	$\pm 2$	$\pm 0.142$
	Ingreso de Estabilizante	Kg	$\pm 2$	$\pm 0.112$
	Ingreso de Parafina	Kg.	$\pm 2$	$\pm 0.44$

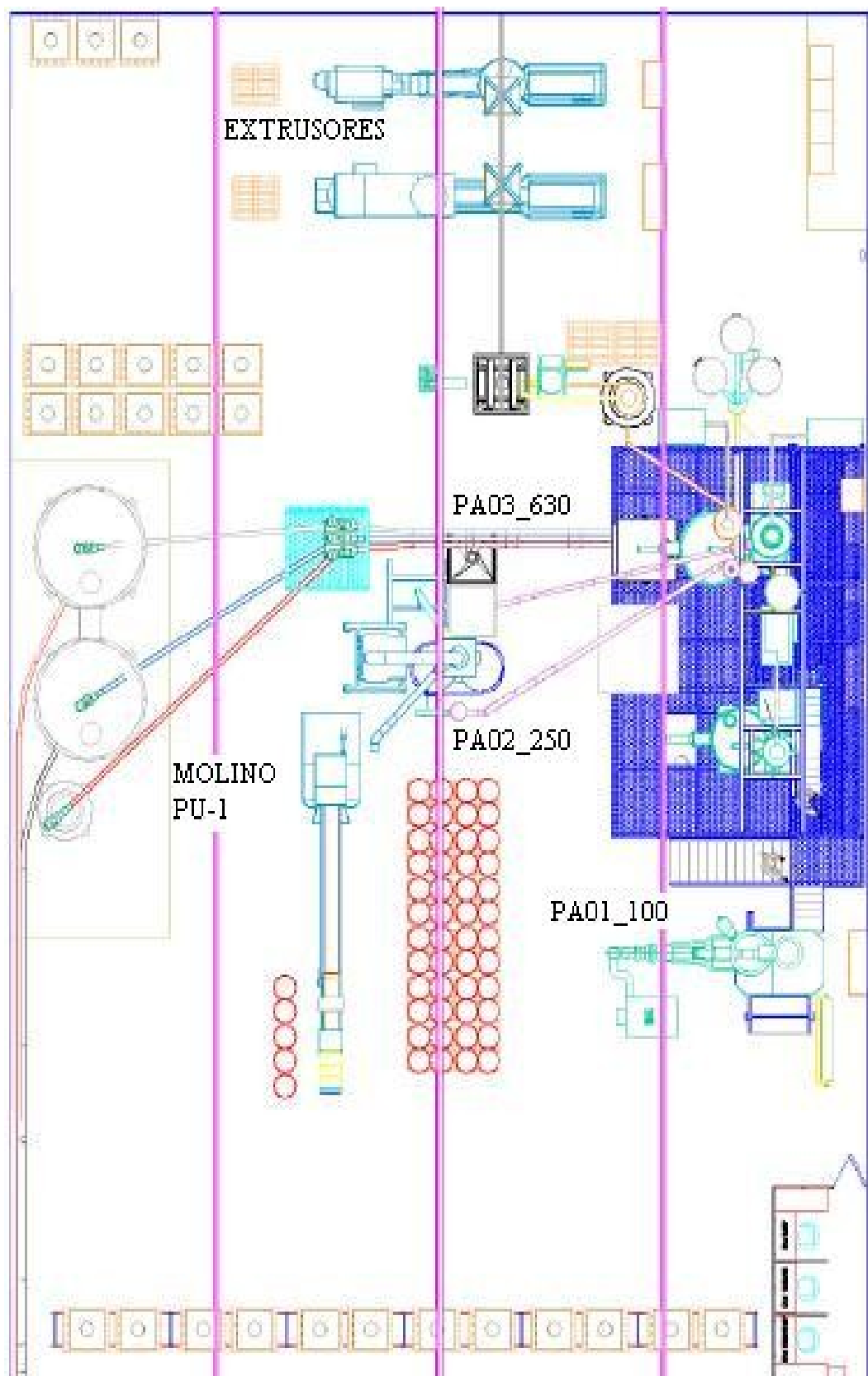
Para conseguir que la dosificación se realice en forma aún mas precisa se propuso la implementación de válvulas de corte ubicadas al ingreso de las tolvas donde se realiza el pesaje de los elementos pero para poder implantar este sistema ya pasa por una decisión gerencial.

## 6.2 BIBLIOGRAFÍA

- Control Estadístico de Procesos  
<http://www.calidad.com.ar/calid111.html>
- Control Estadístico de Procesos  
<http://www.calidad.com.ar/controe7.html>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Desviaci%C3%B3n\\_est%C3%A1ndar](http://es.wikipedia.org/wiki/Desviaci%C3%B3n_est%C3%A1ndar)
- [www.varimak.com/inverter.html](http://www.varimak.com/inverter.html)
- CARPIO, S. (2006). Control Estadístico de Procesos para la comprensión, la discusión estadística experta y la mejora continua CORFOPYM. Ambato.
- [www.monografias.com/trabajos14/bombas/bombas.shtml](http://www.monografias.com/trabajos14/bombas/bombas.shtml)
- [www.ongconcalidad.org/seispasosmejora.pdf](http://www.ongconcalidad.org/seispasosmejora.pdf)
- [www.fi.uba.ar/materias/7628/Produccion2Texto.pdf](http://www.fi.uba.ar/materias/7628/Produccion2Texto.pdf)

# ANEXOS

**ANEXO A**  
**DISTRIBUCIÓN DE MAQUINAS – MEZCLADO TERMOPLASTICO**



## ANEXO B

### DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO (630)																			
Diagrama No. 1		RESUMEN					OBSERVACIONES GENERALES												
		ACTIVIDAD		ACTUAL															
Actividad: Elaboración de PVC							Las cantidades utilizadas para este diagrama de flujo son las de la fórmula general  Las cantidades de la materia prima varían de acuerdo a la fórmula utilizada												
Método: ACTUAL																			
Lugar: Mezclado termoplástico																			
Compuesto por: Andrés González																			
Aprobado por: Ing. Carlos Alvarez      Fecha: 01/12/2008																			
Objetivo:																			
Describir el proceso de elaboración de PVC																			
		OPERACIÓN		8															
		TRANSPORTE		7															
		ESPERA		1															
		INSPECCIÓN		1															
		ALMACENAMIENTO		1															
		COMBINADA		5															
		DISTANCIA (metros):		90															
		TIEMPO (min/parada):		20.12															
DESCRIPCIÓN		CANTIDAD (Kg.)		CANTIDAD SUBTOTAL	DISTANCIA (metros)		DISTANCIA SUBTOTAL	TIEMPO (min/parada)		TIEMPO GLOBAL	SIMBOLO					OBSERVACIONES			
1	2	1	2	SUBTOTAL	1	2	SUBTOTAL	1	2	GLOBAL	○	⇨	D	□	▽	◻	1	2	
Ingreso al programa supervisor																		cada operador tiene password	
Ingreso de la receta a producir y número de paradas																		de acuerdo a orden de producción	
Configuración de los límites de dosificación																		no especificado	
Llenado de Tolva de Resina	Llenado de Tolva de Aceite de Soya y Estabilizante				5	37	42	02:30	01:30	02:30								por tuberías	por tuberías
Pesaje de Resina	Pesaje de Aceite de Soya	142,419	7,121	149,54														balanza digital	balanza digital
	Pesaje de Estabilizante		5,697	5,697															balanza digital
Llenado de Tolva de Parafina Clorada y DOP	Descarga de la Resina al mezclador				34		34	03:30	00:40	03:30								por tuberías, precalentamiento a 60° C	por apertura de válvula
Pesaje de Parafina Clorada	Llenado de Tolva de Carbonato de Calcio	22,787		22,787		8	8		00:45	00:45								balanza digital	por tuberías
Pesaje de DOP	Pesaje de Carbonato de Calcio	112,056	14,68	126,736														balanza digital	balanza digital
Descarga de Aceite y Estabilizante al mezclador									01:20	01:20								a los 50° C del mezclador	
Descarga de Parafina y DOP al mezclador									02:50	02:50								a los 65° C del mezclador, ingresan a 50° C	
Mezclado de elementos									02:30	02:30								a los 105° C del mezclador	
Descarga de la mezcla al Enfriador									00:30	00:30								a los 80° C del enfriador	
Descarga del Carbonato de Calcio al Enfriador									00:05	00:05								a los 50° C del enfriador	
Incorporación de colorantes, resina de emulsión y recuperado		50,828		50,828														depende de PVC que se elabore, a los 55° C	
Mezclado de elementos									02:30	02:30								a los 50° C del enfriador	
Descarga de la mezcla a la tolva de pesaje total									00:37	00:37								incorrecta lectura de balanza digital	
Pesaje de toda la mezcla																		por apertura de válvula	
Descarga de la tolva para almacenamiento									01:05	01:05								1 cada 5 paradas	
Toma de muestras por laboratorio																		por laboratorio	
Espera hasta liberación del producto									02:00	02:00								por tubería	
Llenado de los silos de almacenamiento							6											depende de PVC que se elabore	
Almacenamiento de PVC en silos o Big Bags																			
TOTAL				365,688			90			20.12	8	7	1	1	1	5			



## ANEXO C DIFERENCIAS

### ANEXO 1

No.	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	26	27	28
BALANZA	145	144,9	144,5	143	144,3	143,9	145,2	145,4	145,8	146,4	147,1	144,6	143,9	145,1	144,6	143,9	144,6	143,9	143,3	145,1	144,6	145,1	145,1	145,3	145,1	143,9	144,6	144,2
REPORTE	142,3	142,3	142,3	142,3	142,3	142,3	142,3	142,3	142,3	144,8	142,3	142,2	142,3	141,6	142,3	142,3	142,3	142,3	142,3	142,3	142,3	142,2	142,3	142,2	142,8	142,3	142,8	142,8
TABLERO	146	145,9	145,4	144,1	145,2	144,9	146,2	146,3	146,4	147	147,7	145,5	144,9	146,1	145,4	144,8	145,6	144,9	144,2	146,2	145,7	145,9	145,8	146	146,2	144,8	145,5	145,2

