



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA APLICACIÓN DE GRÁFICOS DE CONTROL PARA
REDUCIR LOS COSTOS EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO PARA
MUROS DE MAMPOSTERÍA**

Adolfo Vinicio Gudiel Alecio

Asesorado por el Msc. Ing. José Antonio Medrano García

Guatemala, marzo de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA APLICACIÓN DE GRÁFICOS DE CONTROL PARA
REDUCIR LOS COSTOS EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO PARA
MUROS DE MAMPOSTERÍA**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ADOLFO VINICIO GUDIEL ALECIO

ASESORADO POR EL MSC. ING. JOSÉ ANTONIO MEDRANO GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Víctor Hugo Alvarado de León
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardon
EXAMINADOR	Ing. Edwin Antonio Echeverría Marroquín
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA APLICACIÓN DE GRÁFICOS DE CONTROL PARA REDUCIR LOS COSTOS EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO PARA MUROS DE MAMPOSTERÍA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 01 de marzo de 2013.


Adolfo Vinicio Gudiel Alecio

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142

AGS-MGIPP-0057-2013

Guatemala, 01 de marzo de 2013.

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Industrial
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Adolfo Vinicio Gudiel Alecio** carné número **1991-17475**, quien optó la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Gestión Industrial**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

Aéreo

"Id y enseñad a todos"

César Akú Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,073

Msa. Ing. José Antonio Medrano G.

Msc. Ing. César Augusto Akú Castillo

Asesor (a)

Coordinador de Área
Gestión y Servicios

José Antonio Medrano García
INGENIERO QUÍMICO
COLEGIADO No. 618

Dra. Mayra Virginia Castillo Montes

Directora
Escuela de Estudios de Postgrado



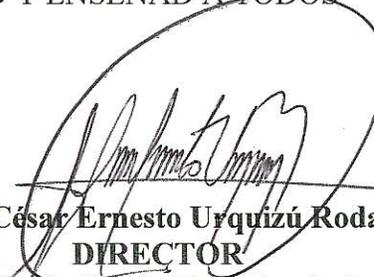
Cc: archivo
/la



REF.DIR.EMI.084.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA APLICACIÓN DE GRÁFICOS DE CONTROL PARA REDUCIR LOS COSTOS EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO PARA MUROS DE MAMPOSTERÍA**, presentado por el estudiante universitario **Adolfo Vinicio Gudiel Alecio**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2013.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA APLICACIÓN DE GRÁFICOS DE CONTROL PARA REDUCIR LOS COSTOS EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO PARA MUROS DE MAMPOSTERÍA**, presentado por el estudiante universitario: **Adolfo Vinicio Gudiel Alecio**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, marzo de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Sin tu luz mi vida sería diferente.
Mis padres	Víctor Adolfo Gudiel Robles (q.e.p.d), María Elizabeth Alecio.
Mis hijos	Victoria Alejandra y Víctor Adolfo.
Mi esposa	Gilda Lucrecia Godoy Nova.
Mis hermanos	José Mauricio, Adriana María Gudiel Alecio y María de Los Ángeles Hernández Alecio.
Mis abuelos	Alicia Alecio (q.e.p.d), Ethelvina Robles (q.e.p.d) y Armando Gudiel.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa que me brindo los conocimientos necesarios para alcanzar mis metas académicas.
Facultad de Ingeniería	Por permitirme ser parte de ella y forjarme como un orgulloso integrante de esta facultad.
Escuela de Mecánica Industrial	Por aportar los conocimientos que han servido para representar a la facultad profesionalmente y permitirme realizar este trabajo de graduación.
Mi asesor	Ing. José Antonio Medrano García, por compartir sus conocimientos y apoyarme para llevar a cabo este trabajo de graduación.
Mi esposa	Por el amor y soporte que me das, tu apoyo a sido importante para alcanzar este logro que hoy celebramos.
Mi familia	Por brindarme todo su apoyo y colaboración incondicional, especialmente mi hermana Adriana Gudiel, mi tía Regina Gudiel y el Ing. Rudy Fuentes.
Mis amigos	Por compartir su amistades y sueños de superación, especialmente al Ing. Otto Dubon.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO.....	VII
RESUMEN	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	5
4. JUSTIFICACIÓN.....	7
5. OBJETIVOS.....	11
6. HIPÓTESIS.....	13
7. ALCANCES.....	15
8. BOSQUEJO.....	17
9. MARCO TEÓRICO	19
9.1. Generalidades.....	19
9.2. Definiciones.....	21
9.2.1. Calidad	21

9.2.2.	Satisfacción del cliente	21
9.3.	Proceso de elaboración de bloques de concreto	22
9.3.1.	Producto	23
9.3.2.	Resistencia (compresión)	24
9.3.3.	Mezcla (agregado, cemento)	24
9.3.4.	Requerimiento	24
9.3.5.	Conformancia	24
9.3.6.	Acciones preventivas	24
9.3.7.	Acciones correctivas	25
9.3.8.	Variables de salida	25
9.3.9.	Especificación para una variable	25
9.3.10.	Variables continuas	25
9.3.11.	Variables discretas	25
9.3.12.	Variabilidad	25
9.3.13.	Variación por causas comunes	26
9.3.14.	Variación por causas especiales	26
9.4.	Control estadístico	26
9.5.	Gráfico de Control	26
9.6.	Gráficos de Control para Variables	27
9.7.	Gráficos de Control para Atributos	28
9.8.	Gráficos de Control de Individuales	29
9.9.	Gráficos Rangos móviles	30
10	METODOLOGÍA	31
10.1.	Fase 1: Implementación	32
10.1.1.	Definición de las variables que serán medidas	32
10.1.2.	Elección de tipo de gráfico a implementar	32

10.1.3.	Determinación del plan de muestreo.....	32
10.1.3.1.	Población	33
10.1.3.2.	Periodicidad de las mediciones.....	33
10.1.3.3.	Muestreo	33
10.1.4.	Recolección de datos.....	34
10.1.5.	Calculo de los límites de control.....	34
10.1.5.1.	Individuales	34
10.1.5.2.	Rangos móviles	34
10.1.6.	Elaboración de los gráficos	35
10.2.	Fase 2: Generación de información estadística.....	35
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	37

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Modelo de Kano	22
2. Proceso de elaboración de bloques de concreto	23
3. Gráfico de Control	27
4. Gráfico de Control por Variables	28
5. Gráfico de Control por Atributos	29
6. Gráfico de Control de Individuales	30
7. Metodología de implementación.....	31

TABLAS

I. Muestreo según Norma NTG 41054.....	33
----------------------------------------	----

GLOSARIO

Block	Bloque para mampostería fabricado de concreto.
Carga	Es la fuerza exterior que actúa sobre un cuerpo.
Compresión	Es la fuerza resultante que actúa sobre una determinada sección transversal al eje baricéntrico, lo que tiene el efecto de acortar la pieza en la dirección de eje baricéntrico.
Concreto	Es la mezcla de arena, grava y cemento, que es amasada con agua.
Gráficos de control	Diagramas que se aplican a variables o características de calidad de tipo continuo.
Mampostería	Material de construcción, en el que se utilizan bloques de piedra, ladrillo y otro material similar, juntados con un mortero, el que puede ser de cemento y arena o de cal y arena.
Resistencia	Es cuando la carga actúa y produce deformación. Es la capacidad de un cuerpo para resistir una fuerza aun cuando haya deformación.

RESUMEN

Se llama mampostería al sistema tradicional de construcción, que consiste en erigir muros para diversos fines como lo son muros para casas, edificios, divisiones internas, etcétera, mediante la colocación manual de los elementos o materiales que los componen (denominados mampuestos) que pueden ser, por ejemplo: ladrillos, bloques de cemento prefabricados, piedras talladas.

El sistema permite una reducción en los desperdicios de los materiales empleados, y genera fachadas portantes; es apta para construcciones en alturas grandes. La mayor parte de la construcción es estructural.

A mediados del siglo XIX, apareció el cemento Pórtland¹ y posteriormente el concreto; materiales que revolucionaron los métodos de construcción y que desplazaron a otros tradicionalmente utilizados. Los primeros bloques huecos de concreto, aparecieron a principios del siglo XX; esto dio un gran impulso que permitió la fabricación en serie de piezas con dimensiones uniformes, con alto rendimiento y bajo costo.

Actualmente el proceso de fabricación de bloques de concreto está regulado por la Norma Técnica Guatemalteca (NTG) 41054 Bloques Huecos de Concreto, especificaciones². Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir los bloques huecos de concreto; para muros

¹ Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, IECA. Historia del Cemento. Recuperado de:

² Norma Técnica Guatemalteca (NTG) 41054 Bloques huecos de concreto, especificaciones. Primera revisión.

paredes y tabiques, destinados o no a soportar cargas, fabricados o comercializados en Guatemala.

Los bloques de concreto se elaboran con cementos hidráulicos y agregados finos y gruesos, tales como arena natural o manufacturada, pedrín, materiales piroclásticos volcánicos (arena pómez), puzolanas, escorias u otros materiales inorgánicos inertes adecuados. Dichos materiales deberán cumplir con las especificaciones de las Normas COGUANOR³ NTG 41007 y 41063.

Las diferentes proporciones en la elaboración de la mezcla de cemento, agregados y agua, es la que provee de las diferentes resistencias a la compresión⁴ al bloque, y con ello el cumplimiento o no de los requisitos del producto.

En estas mezclas de cemento, agregados y agua, el cemento es la variable de más costo en la mezcla y es por ello que es importante controlarlo para mantener los costos de producción en los niveles proyectados.

Hasta el 2012 la única herramienta gráfica no estadística de monitoreo de la resistencia a la compresión de los bloques, ha sido el gráfico de tendencias, pero por no ser esta herramienta gráfica, una herramienta estadística de control; ha provocado en algún momento, que con la finalidad de mantener los requisitos de calidad del producto, este se sobre formule provocando con ello

³ Comisión Guatemalteca de Normas -COGUANOR-. La principal función de COGUANOR es desarrollar actividades de Normalización que contribuyan a mejorar la competitividad de las empresas nacionales y elevar la calidad de los productos y servicios que dichas empresas ofertan en el mercado nacional e internacional. Su ámbito de actuación abarca todos los sectores económicos. Las normas técnicas que COGUANOR elabora, publica y difunda, son de observancia, uso y aplicación voluntarios.

⁴ La resistencia a la compresión de determina según la Norma Técnica Guatemalteca 41055 h1. Determinación de la resistencia a la compresión de bloques huecos de concreto

resistencias a la compresión por encima de lo requerido, pero simultáneamente mayores costos de producción.

Entre las opciones de control estadístico que se podrían implementar, se tienen las listas de cotejo, los gráficos de control, índice de capacidad de proceso, gráficas de corrida, histogramas, gráfica de Pareto y diagramas de dispersión.

En el presente trabajo se diseñará una metodología para controlar la resistencia a la compresión de los bloques, basada en los lineamientos que propone el control estadístico de procesos a través de las técnicas que los gráficos de control ofrecen.

1. INTRODUCCIÓN

En el capítulo 1, se describen los antecedentes del proceso de producción de bloques, se detallan las justificaciones del porque plantear el diseño y aplicación de la metodología de gráficos de control a un proceso como éste, se establecen los objetivos y planteamiento de hipótesis y variables a controlar, así como la definición del problema.

En el capítulo 2, se describen las generalidades de la evolución de los gráficos de control, los conceptos generales sobre calidad, satisfacción del cliente, las etapas del proceso de fabricación de bloques, términos relacionados con el control estadístico de procesos y gráficos de control.

En el capítulo 3, se describirá la metodología de control estadístico a diseñar, iniciando con la definición de las variables que se medirán, la determinación del plan de muestreo y periodicidad de las mediciones y su recolección, el cálculo de los estadísticos muestrales, cálculo de los límites de control y la elaboración de los gráficos.

El capítulo 4, estará dedicado al análisis de los resultados obtenidos en el capítulo 3. El capítulo estará dividido en dos partes; la primera se determinará si el proceso de fabricación de bloques se encuentra en control y en la segunda se plantearán el uso de algunas de las herramientas de calidad⁵ existentes para la determinación de las causas de variación asignable.

⁵ Las Herramientas de calidad son una serie de técnicas graficas identificadas como las más útiles en la solución de problemas relacionados con la calidad.

En el capítulo 5, se dedicará al establecimiento de metodología de seguimiento y de las recomendaciones para la mejora.

2. ANTECEDENTES

Los bloques de concreto se elaboran con cementos hidráulicos y agregados, como lo son; la arena natural o manufacturada, pedrín, arena pómez, puzolanas, escorias u otros materiales inorgánicos inertes.

Las diferentes proporciones en la elaboración de la mezcla de cemento, agregados y agua, es la que provee de las diferentes resistencias al bloque, y con ello el cumplimiento o no de los requisitos del producto. En estas mezclas el cemento es la variable más cara y es por ello, que es importante controlarlo para mantener los costos de producción en los niveles proyectados.

Las exigencias actuales de los mercados, demandan cada día mayor flexibilidad en los sistemas productivos de las empresas, con la finalidad de hacer llegar más rápido los productos a los consumidores finales y no perder la participación en los mercados objetivo. Aunado a esto, existe también la imperiosa necesidad de reducir constantemente los costos de producción, con el objetivo de ser financieramente competitivos

Como respuesta a estas exigencias de mercado y reducción de costos de producción, año con año el tamaño de las corridas de producto se han ido reduciendo. Estrategia que trae consigo el establecimiento de mejores y más eficientes controles de calidad en las etapas de realización del producto, debido a que con corridas de producción cortas, el nivel de problemas de calidad tanto de tipo cualitativo (aspecto, textura y color) como cuantitativo (resistencia, densidad, absorción y dimensiones) aumentan, debido a la naturaleza de las mismas.

Lo que se propone en el presente diseño de investigación, es la implementación en la planta de la metodología de los gráficos de control para medir el impacto de las mezclas empleadas en la fabricación de bloques de concreto a través de la medición de la variable resistencia a la compresión.

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La rentabilidad y sostenibilidad del negocio, depende entre otras cosas del apropiado y estricto control de los costos de producción, el mantenerlos dentro de los valores proyectados, permitirá alcanzar los objetivos de rentabilidad esperados, y con el tiempo la sostenibilidad del negocio.

En el proceso de fabricación de bloques de concreto, se tiene como principal variable de medición de la calidad del producto, la resistencia a la compresión. Las mediciones realizadas durante el semestre comprendido de septiembre de 2012 a febrero de 2013 para el bloque de resistencia de 66 kilogramos por centímetro cuadrado, indican que el 8 por ciento del producto está sobredimensionado, es decir, 8 de cada 100 bloques podrían ser clasificados como bloques de una resistencia superior, por lo tanto están siendo comercializados por debajo de su valor real de venta, en el mercado.

Lo anterior, plantea la necesidad de establecer en la planta de producción de bloques, controles que permitan mantener el producto dentro de los estándares de calidad y costos necesarios, además de plantear como parte de la metodología la manera de implementar las soluciones a los hallazgos.

Interrogantes del problema:

¿Cuál deberá ser la metodología que permita controlar dentro de los estándares de calidad y costo de producción la variable resistencia a la compresión?

¿Cuáles son los indicadores que se utilizarán para la generación de la información estadística que será usada en la toma de decisiones para la reducción de costos de producción?

¿Podrá la implantación de la metodología en si misma reducir el número de bloques que estén sobredimensionados, eliminando las causas raíces de la variación?

¿Cuál deberá ser el impacto de la implementación de la metodología propuesta sobre la cantidad de bloques que cumplen las especificaciones de calidad solicitados en la Norma Técnica Guatemalteca NTG 41054?

4. JUSTIFICACIÓN

La rentabilidad y sostenibilidad del negocio, depende de situaciones como las condiciones macroeconómicas del país, el nivel de ventas, el recurso humano, la tecnología empleada, etcétera, y del apropiado y estricto control de los costos de producción, el mantenerlos dentro de los valores proyectados, permitirá alcanzar los objetivos de rentabilidad esperados y con el tiempo la sostenibilidad del negocio.

Para lograr lo anterior, es importante controlar el uso del cemento en las diferentes mezclas que se elaboran para la fabricación de bloques de concreto. El cemento, agregados y agua, son los que proveen las diferentes resistencias al bloque y con ello el cumplimiento o no de los requisitos del producto. En estas mezclas, el cemento es la variable más cara y es por ello que es importante controlarlo para mantener los costos de producción en los niveles proyectados.

Una forma de lograr producir con costos de fabricación óptimos, es a través del control de la variable resistencia a la compresión de los bloques, ya que logrando mantener esta variable dentro de las especificaciones de calidad indicadas en la Norma Técnica Guatemalteca (NTG) 41054, se asegure que la mezcla diseñada, además de que cumple requisitos, contiene las proporciones de materia prima necesarias.

Dentro de los diferentes tipos de gráficos de control, existen los llamados gráficos para mediciones individuales o I-MR-R/S, los cuales sirven para

monitorear estadísticamente producciones en donde las condiciones del proceso hace imposible medir continuamente las características del producto⁶⁷.

El empleo de los gráficos de control, permitirá establecer el control del proceso desde el enfoque estadístico, con ello se podrán determinar los límites naturales del proceso respecto de las especificaciones del producto y se estará en la capacidad de realizar los ajustes en el proceso para reducir la variabilidad y centro del proceso, y con ello reducir los costos de producción del proceso.

Además, en la variable resistencia a la compresión a los bloques, se le determinan otras características físicas como lo son; las dimensiones –ancho, alto, largo, espesor de paredes-, peso, densidad, absorción (en porcentaje sobre masa) y los controles de calidad a las materias primas, según las Normas Técnicas COGUANOR 41007 Agregados para Concreto. Especificaciones. 41063 Agregados livianos para fabricación de unidades de mampostería de concreto. Especificaciones.

La metodología del ensayo para determinar la resistencia a la compresión, se describe en la Norma Técnica NTG 41055 h1 Métodos de ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión, de bloques huecos de concreto para muros.

Como respuesta a las exigencias actuales del mercado, y la reducción de costos de producción, año con año el tamaño de las corridas de producto se

⁶ Gómez Avilés, Bismayda; Pons Murguía, Ramón; Romero Romero, Osvaldo; Azaret Gali, Alberto (2002) Estudio de caso en procesos de una central azucarera a través de un procedimiento para el mejoramiento de la calidad

⁷ Ortiz Flores, Fernando; Tobón Galicia, Lucila Guadalupe; Mejía Fernández, Luis; Gómez García, Eduardo; (2010). Análisis del flujo de vapor en el área de calderas de un ingenio azucarero mediante cartas de control

han ido reduciendo, estrategia que trae consigo el establecimiento de mejores y más eficientes controles de calidad en las etapas de realización del producto, debido a que con corridas de producción cortas, el nivel de problemas de calidad tanto de tipo cualitativo (aspecto, textura y color) como cuantitativo (resistencia, densidad, absorción y dimensiones), aumentan debido a la naturaleza de las mismas.

Lo que se propone en el presente diseño de investigación, es la implementación en la planta de la metodología de los gráficos de control, para medir el impacto de las mezclas empleadas en la fabricación de bloques de concreto a través de la medición de la variable resistencia a la compresión.

5. OBJETIVOS

General

Diseñar la metodología de control estadístico del proceso que permita asegurar la calidad del producto y reducir los costos de producción asociados.

Específicos

1. Definir los indicadores de éxito de la implementación de la metodología de gráficos de control, con la finalidad de generar información estadística para la toma de decisiones en la reducción del costo de producción.
2. Determinar las herramientas que se podrían utilizar para el establecimiento de las causas raíz que ocasionan variación, y con ello unidades fuera de especificaciones.
3. Medir el impacto de la implementación del proceso de gráficos de control que permita a la empresa el cumplimiento de las regulaciones solicitados por la Norma Técnica Guatemalteca NTG 41054, con al menos el 98 por ciento de bloques dentro de especificación para la variable resistencia.

6. HIPÓTESIS

Ho: al reducir y controlar la resistencia de los bloques de forma estadística, no se reducen los costos primos de producción

Hi: al reducir y controlar la resistencia de los bloques de forma estadística, se reducen los costos primos de producción

- Variable dependiente

Costo primo de producción de los bloques de concreto.

- Variable independiente

Resistencia a compresión de los bloques de concreto

7. ALCANCES

La implementación de esta metodología, permitirá a la empresa medir si el proceso de producción de bloques, es capaz de cumplir con las especificaciones de calidad establecidas en la NTG 41054. Además, establecerá las herramientas de análisis de causa que permitan establecer las verdaderas fuentes de variación y la eliminación de estas.

En esta investigación, la metodología se implementará para la línea de producción número dos de la planta de San Miguel Petapa y dentro de la variedad de productos se seleccionará el bloque del tipo 66 kilogramos por centímetro cuadrado, esto por ser el producto de mayor fabricación. La investigación incluirá el diseño de la metodología hasta la implementación de los gráficos de control, para el producto seleccionado, terminando hasta la propuesta de herramientas que permitan determinar y eliminar las causas de variación.

8. BOSQUEJO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

GLOSARIO

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

JUSTIFICACIÓN

ALCANCES

1. MARCO TEÓRICO

- 1.1. Generalidades
- 1.2. Definiciones
- 1.3. Proceso de elaboración de bloques de concreto
- 1.4. Control estadístico
- 1.5. Gráfico de control
- 1.6. Gráficos de Control para Variables
- 1.7. Gráficos de Control para Atributos
- 1.8. Gráficos de Control de Individuales
- 1.9. Gráficos rangos móviles

2. METODOLOGÍA

- 2.1. Fase 1: implementación
- 2.2. Definición de las variables que serán medidas
- 2.3. Elección de tipo de gráfico a implementar
- 2.4. Determinación del plan de muestreo

- 2.5. Recolección de datos
- 2.6. Cálculo de los límites de control
- 2.7. Elaboración de los gráficos
- 2.8. Fase 2: generación de información estadística

3. FASE 3: HERRAMIENTAS DE MEJORA

4. FASE 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

9. MARCO TEÓRICO

9.1. Generalidades

Una de las etapas evolutivas del concepto de control de calidad, fue la inspección al cien por ciento del producto. Con ello se pretendía garantizar que todo el producto que llegara a las manos del cliente, cumpliera con los requisitos establecidos por este. Operativamente esta forma de proceder, resulto muy cara, además de que funcionalmente no elimino el problema de la mala calidad.

Todo esto cambio debido a los análisis que realizo el Dr. Walter Shewhart (1924) en la Western Electric Company Insel, el cual remarcaba la importancia de reducir la variación en un proceso de manufactura y entender que el atacar las causas de la no conformidad de un proceso continuo de una manera reactiva, en realidad incrementaba la variación del proceso, en lugar de mejorarla. Esto estableció los principios de lo que hoy se conoce como Control Estadístico de Procesos.

Shewhart encerró el problema en términos de variación por Causas Normales o Aleatorias y Causas Especiales o Asignables, e introdujo las gráficas de control como una herramienta para distinguir entre las dos. Shewhart enfatizaba que traer el proceso de producción a un estado de control estadístico, donde solo hay variación por Causas Normales o Aleatorias, y mantenerlo controlado, es necesario para predecir el resultado futuro y administrar un proceso económicamente. Dr. Shewhart creó las bases para el

gráfico de control y el concepto de un estado de control estadístico por medio de experimentos diseñados cuidadosamente.

Posteriormente el Dr. Edward Deming (1950) fue invitado a ser parte de los esfuerzos por reconstruir Japón, como experto para enseñar el control estadístico de procesos. Deming formo a cientos de ingenieros, directivos y estudiantes en el control estadístico de los procesos (CEP) y los conceptos de calidad.

Implementaciones sobre la metodología se conoce el trabajo de investigación “Estudio de caso en procesos de un central azucarero a través de un procedimiento para el mejoramiento de la calidad” (Gómez Avilés, Pons Murguía, Romero Romero, 2002), trabajo que trata sobre la implementación de los gráficos I-MR-R/S en la industria del azúcar, con la finalidad de incrementar la calidad de la misma.

También consultó el trabajo denominado “Análisis del flujo de vapor en el área de calderas de un ingenio azucarero mediante gráficos de control” (Ortiz Flores, Tobón Galicia, Mejía Fernández, Gómez García, 2010). En este trabajo se hace una comparación entre la utilización de los gráficos de control X-S, versus la utilización de los gráficos de control I-MR-R/S, para determinar si el proceso de generación de vapor se encuentra en condiciones de control estadístico del proceso.

Finalmente se hace referencia al artículo científico “How SPC Can Help Cut Costs” (Harold P. Roth, 2005) –Como el control estadístico de proceso, ayuda a reducir costos-, este artículo muestra como el uso de los gráficos de control I-MR-R/S para monitorear los diferentes indicadores del *Balance Score Card* -cuadro de control de mando- de los diferentes proyectos, sirven como

herramienta en la toma de decisiones para generar mejoras la ejecución de estos.

Existe como se puede ver, suficiente información de referencia sobre este tema aplicado a diferentes procesos, ya sean operativos o administrativos, lo cual apoyará a futuro, el desarrollo del presente trabajo de investigación.

9.2. Definiciones

A continuación se definen algunos términos de importancia:

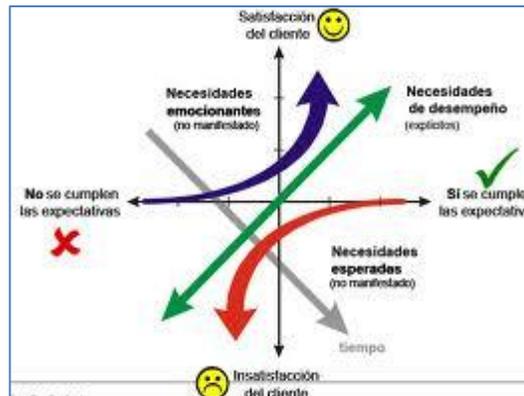
9.2.1. Calidad

Es el juicio que el cliente tiene sobre un producto o servicio, resultado del grado con el cual un conjunto de características inherentes al producto, cumple con un requerimiento.

9.2.2. Satisfacción del cliente

Es la percepción de este, acerca del grado con el cual sus necesidades o expectativas han sido cumplidas. Un modelo muy usado para analizar el concepto de la satisfacción del cliente es el de Kano.

Figura 1. **Modelo de Kano**



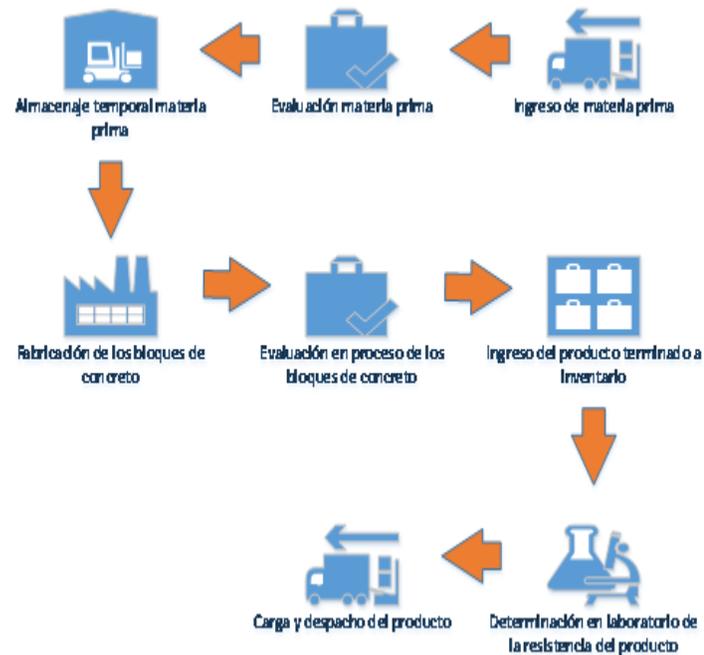
Fuente: Zultner, R. Mazur, G 2006.

9.3. **Proceso de elaboración de bloques de concreto**

El proceso de fabricación de bloques de concreto, sigue el flujo de actividades que a continuación se enlistan:

- Ingreso de materia prima
- Evaluación de la propiedades físico-mecánicas de la materia prima
- Almacenaje de la materia prima previo a la producción
- Proceso de fabricación
- Evaluación de calidad del producto en proceso
- Inventariado del producto terminado
- Determinación de la resistencia del producto y liberación (si no se libera se ensaya nuevamente).

Figura 2. **Proceso de elaboración de bloques de concreto**



Fuente: Adolfo Gudiel 2012.

9.3.1. **Producto**

Es el resultado de un proceso en el que participan varias actividades interrelacionadas. En el caso de los bloques de concreto, existen 3 tipos de productos, según su resistencia:

- Clase C: 66 kg/cm^2
- Clase B: 100 kg/cm^2
- Clase A: 133 kg/cm^2

9.3.2. Resistencia (compresión)

Es la principal característica física del bloque y esta se determina a través de un ensayo a compresión según la Norma COGUANOR NTG 41054.

9.3.3. Mezcla (agregado, cemento)

La mezcla de agregado y cemento, es la proporción que se emplea para elaborar el bloque de concreto. Esta proporción es la que determina la resistencia que tendrá el producto.

9.3.4. Requerimiento

Es la necesidad o expectativa que es especificada, ya sea de forma implícita u obligatoria por el cliente.

9.3.5. Conformancia

Es cumplir con especificaciones de calidad y enfocarse a reducir el retrabajo y los desperdicios.

9.3.6. Acciones preventivas

Son aquellas que se implementan para eliminar la causa de una potencial inconformidad u otra situación potencial indeseable.

9.3.7. Acciones correctivas

Son aquellas orientadas a eliminar la causa de una inconformidad que se ha detectado. Se orientan a prevenir recurrencias.

9.3.8. Variables de salida

Son las características en las que se reflejan los resultados obtenidos por un proceso.

9.3.9. Especificación para una variable

Es el rango de valores que una variable de salida de un proceso puede tomar a fin de que el desempeño del mismo sea satisfactorio

9.3.10. Variables continuas

Son las que al medirse sus resultados, se ubican en una escala continua que corresponde a un intervalo de los números reales.

9.3.11. Variables discretas

Son elementos que pueden cuantificarse con la simple observación.

9.3.12. Variabilidad

Se refiere a la diversidad de resultados de una variable o un proceso.

9.3.13. Variación por causas comunes

Es aquella que permanece día a día, lote a lote y la aportan en forma natural las condiciones de la maquinaria, mano de obra, métodos, mediciones, medio ambiente y materiales.

9.3.14. Variación por causas especiales

Es causada por situaciones o circunstancias especiales, que no son permanentes en el proceso.

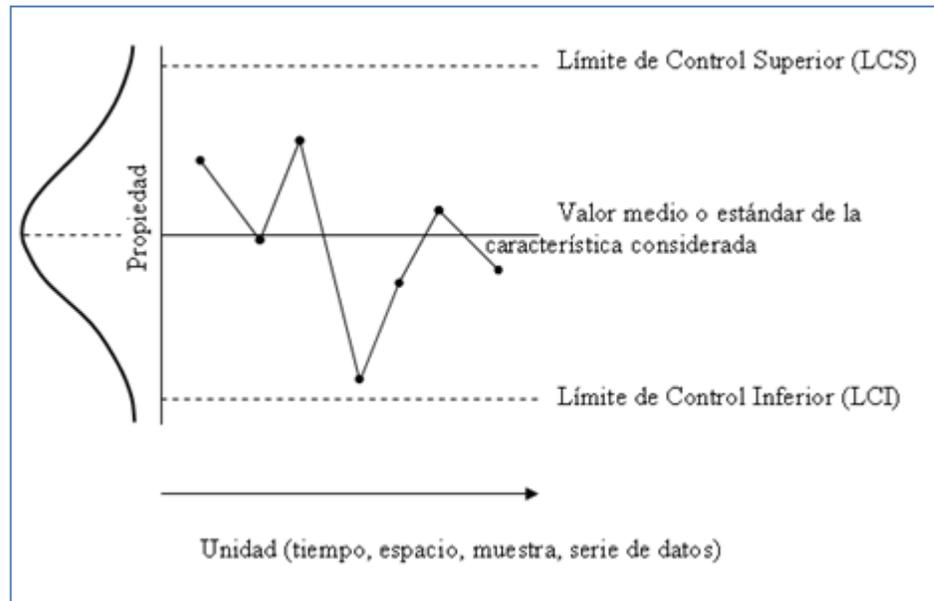
9.4. Control estadístico

Estado de un proceso que trabaja sólo con causas comunes de variación. La variación a través de tiempo, es estable y predecible.

9.5. Gráfico de Control

Es una gráfica que sirve para observar y analizar con datos estadísticos, la variabilidad y el comportamiento de un proceso a través del tiempo.

Figura 3. **Gráfico de Control**



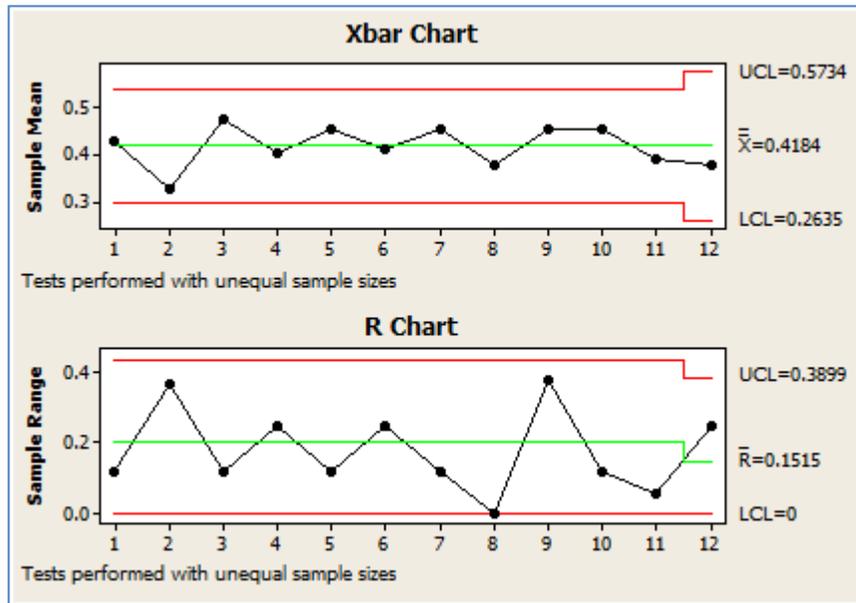
Fuente: Gutiérrez, Humberto.

9.6. **Gráficos de Control para Variables**

Diagramas que se aplican a variables o características de calidad de tipo continuo, que intuitivamente son aquellas que requieren un instrumento de medición (pesos, volúmenes, voltajes, longitudes, resistencias, temperaturas, humedad, etcétera). Los gráficos para variables más usuales son:

- X (de promedios)
- R (de rangos)
- S (de desviaciones estándar)
- X (de medias individuales)

Figura 4. Gráfico de Control por Variables



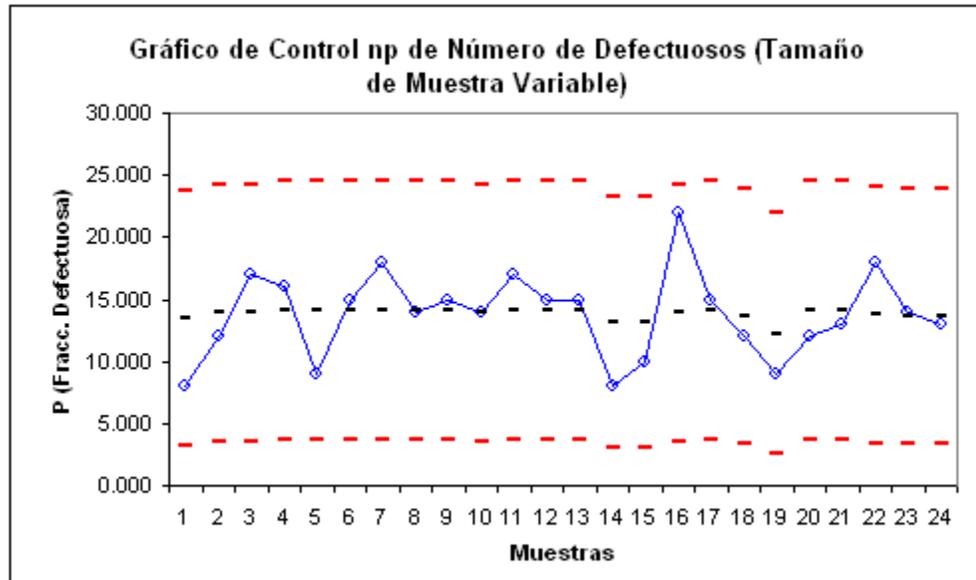
Fuente: Adolfo Gudiel.

9.7. Gráficos de Control para Atributos

Diagramas que se aplican al control de características de calidad, que no son medidas con un instrumento de medición en una escala continua, o al menos en una escala numérica. En estos casos, el producto o proceso se juzga conforme o no conforme, dependiendo de si posee ciertos atributos; o también al producto o proceso, se le podrá contar el número de defectos o no conformidades que tiene. Los gráficos para atributos más usuales son:

- p (proporción o fracción de artículos defectuosos)
- np (número de unidades defectuosas)
- c (número de defectos)
- u (número de defectos por unidad)

Figura 5. **Gráfico de Control por Atributos**



Fuente: Gutiérrez, Humberto.

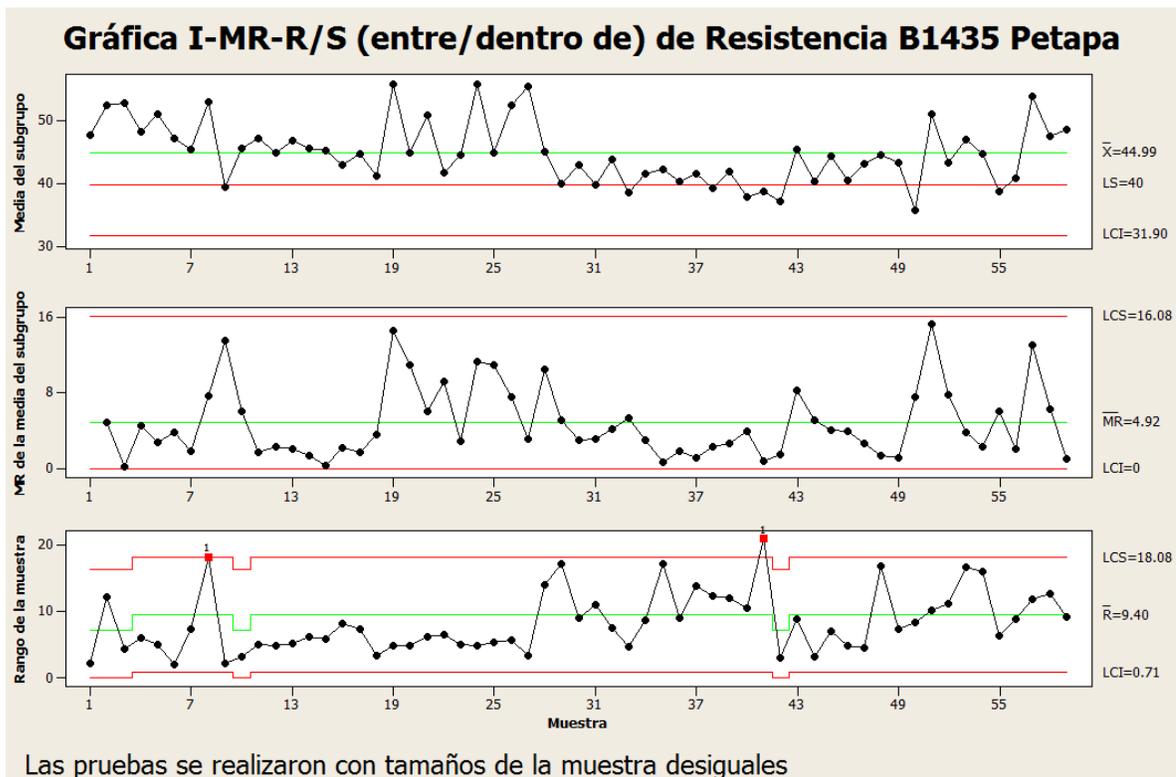
9.8. Gráficos de Control de Individuales

Es un diagrama para variables de tipo continuo, pero en lugar de aplicar a procesos semimasivos o masivos como es el caso del gráfico X-R, se aplica a procesos lentos, en los cuales para obtener una medición o una muestra de la producción, se requieren períodos relativamente largos. Ejemplo de este tipo de procesos son:

- Procesos químicos que trabajan por lotes.
- Industria de bebidas alcohólicas, en las que deben de pasar de 1 hasta más de 1 000 horas para obtener resultados de los procesos de fermentaciones o destilación.

- Algunas variables administrativas, cuyas mediciones se obtienen cada día, cada semana o más. Por ejemplo: mediciones de productividad, desperdicio, consumo de agua, electricidad, combustibles, etcétera.

Figura 6. **Gráfico de Control de Individuales**



Fuente: Adolfo Gudiel.

9.9. Gráficos Rangos móviles

La gráfica de control de rangos móviles, se usa como complemento a la gráfica de control de individuales, donde se grafica el rango móvil para detectar cambios en las dispersión del proceso.

10. METODOLOGÍA

La metodología que a continuación se describe, consta de cuatro fases, la primera, es la implementación de los gráficos de control, que a su vez se divide en 6 etapas, las cuales describen los pasos que se deben seguir para poder generar los gráficos de control. La segunda fase generará la información estadística que permita tomar decisiones sobre el proceso. En la tercera, se propondrán las herramientas de mejora que se podrían utilizar para el establecimiento de las causas raíz que ocasionan variación. Por último en la cuarta se medirá el impacto de la implementación del proceso de gráficos de control. Estas dos últimas se abordarán en el capítulo 4.

Figura 7. **Metodología de implementación**



- Variable a controlar
- Selección del gráfico a usar
- Plan de muestreo
- Recolección de datos
- Cálculo límites de control
- Elaboración de gráficos

Fuente: Adolfo Gudiel.

10.1. Fase 1: Implementación

A continuación se describen los pasos de la fase de implementación:

10.1.1. Definición de las variables que serán medidas

La variable a controlar será la resistencia del block a la compresión, según los lineamientos establecidos en la Norma Técnica COGUANOR NTG 41054: Bloques huecos de concreto para muros. Especificaciones y la norma técnica COGUANOR 41055 h1 Métodos de ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión de bloques huecos de concreto para muros.

10.1.2. Elección de tipo de gráfico a implementar

Se usará el gráfico de control de individuales (I-MR-R/S) debido a:

- El proceso de fabricación del block es por lotes.
- Para poder ensayar las unidades se debe esperar a que el producto tenga por lo menos 4 ó 5 días de fraguado (proceso lento).
- Los ensayos para determinar la resistencia del block son destructivos, por lo tanto tienen un costo.

10.1.3. Determinación del plan de muestreo

Los pasos para llevar a cabo el plan de muestreo son:

10.1.3.1. Población

Se tomará como población cada uno de los lotes fabricados, los cuales puede variar de 5 000 a 20 000 unidades diarias aproximadamente.

10.1.3.2. Periodicidad de las mediciones

Los ensayos (mediciones) se realizarán sobre cada lote fabricado y por estrategia se llevarán a cabo a 3 edades (7, 14 y 28 días). Lo anterior obedece a que según las regulaciones establecidas en la Norma Técnica COGUANOR NTG 41054, el productor y el comprador se pueden poner de acuerdo en liberar lotes con al menos el 80 por ciento de la resistencia alcanzada, siempre y cuando el productor pueda demostrar estadísticamente que el producto despachado alcanzará la resistencia nominal indicada.

10.1.3.3. Muestreo

El muestreo especificado por la Norma Técnica NTG 41054 solicita:

Tabla I. **Muestreo según norma NTG 41054**

Tamaño del lote (unidades)	Muestra
0 a 10 000	5
10 001 a 100 000	10
Mayor a 100 000	5 unidades por cada 50 000

Fuente: elaboración propia.

Por motivos estratégicos, se definió que independientemente del tamaño del lote siempre se muestrearán 15 unidades, lo cual cubre cualquiera de los 3 escenarios antes descritos. Las unidades serán distribuidas en 5 unidades por edad.

10.1.4. Recolección de datos

Los ensayos a compresión serán realizados según los lineamientos de las Normas Técnicas NTG 41054 y NTG 41055 h1 y los resultados serán registrados en las formas diseñadas para el efecto.

10.1.5. Cálculo de los límites de control

A continuación se describen las fórmulas empleadas para calcular los límites de control:

10.1.5.1. Individuales

Límite superior (LS) = $X + 3 (R/d_2)$,

Límite inferior (LI) = $X - 3 (R/d_2)$, donde X es la media, R es el rango y d_2 es la constante cuando $n=2$.

10.1.5.2. Rangos móviles

Límite superior (LS) = $D_4 \times R$,

Límite inferior (LI) = $D_3 \times R$,

Límite central (LC) = \bar{R} , \bar{R} promedio, D_3 y D_4 son constantes cuando $n=2$.

10.1.6. Elaboración de los gráficos

Los gráficos de control serán elaborados empleando el programa estadístico Minitab y su elaboración estará a cargo del Departamento de Control de Calidad. Los gráficos serán generados mensualmente.

10.2. Fase 2: Generación de información estadística

La información estadística, se genera empleando el programa estadístico Minitab y su elaboración estará a cargo del Departamento de Control de Calidad. La información se generará mensualmente.

Los estadísticos que se generarán serán los siguientes:

- Media
- Desviación estándar
- Porcentaje de unidades que cumplen especificaciones.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Amsden, Robert T.; Butler, Howard E.; Amsden Davida M., (1998). SPC Simplified. Practical Steps to Quality. Productivity Inc, Second Edition
2. Cantú Delgado, Humberto, (2001). Desarrollo de una Cultura de Calidad. McGraw-Hill. Segunda Edición.
3. Gómez Avilés, Bismayda; Pons Murguía, Ramón; Romero Romero, Osvaldo; Azaret Gali, Alberto (2002) Estudio de caso en procesos de una central azucarera a través de un procedimiento para el mejoramiento de la calidad.
4. Gutiérrez Pulido, Humberto; De La Vara Salazar, Román, (2004) Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. McGraw-Hill. Interamericana
5. Norma Técnica Guatemalteca 41007 Agregados para concreto. Especificaciones
6. Norma Técnica Guatemalteca 41054 Bloques huecos de concreto, especificaciones. Primera revisión.
7. Norma Técnica Guatemalteca 41055 h1. Determinación de la resistencia a la compresión de bloques huecos de concreto.
8. Norma Técnica Guatemalteca 41063. Agregados livianos para fabricación de unidades de mampostería de concreto. Especificaciones.

9. Ortiz Flores, Fernando; Tobón Galicia, Lucila Guadalupe; Mejía Fernández, Luis; Gómez García, Eduardo; (2010). Análisis del flujo de vapor en el área de calderas de un ingenio azucarero mediante cartas de control.
10. Roth, Harold P, (2005), How SPC Can Help Cut Costs.
11. Zultner, Richard; Mazur, Glenn. (2004). The Kano Model: Recent Developments. Recuperado de:
12. http://www.mazur.net/works/Zultner_Mazur_2006_Kano_Recent_Developments.pdf
13. Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, IECA. Historia del Cemento. Recuperado de:
14. http://ieca.es/reportaje.asp?id_rep=5