

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY**

**CAMPUS MONTERREY**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA**



**CRITERIOS DE CALIDAD PARA LA INFRAESTRUCTURA URBANA EN  
DESARROLLOS INMOBILIARIOS**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO  
ACADÉMICO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA Y  
ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

**POR:**

**MOISÉS DÍAZ JUÁREZ**

**MONTERREY, N.L.**

**MAYO DE 2009**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY**

**CAMPUS MONTERREY**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA**

Los miembros del comité de tesis recomendamos que el presente proyecto de tesis presentado por el Ing. Moisés Díaz Juárez sea aceptado como requisito parcial para obtener el grado académico de:

**MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN  
INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

Comité de Tesis:

---

Dr. Salvador García Rodríguez  
Asesor

---

M.C. Francisco Carlos Matienzo  
Sinodal

---

Dr. Juan Pablo Solís  
Sinodal

Aprobado:

---

Dr. Joaquín Acevedo Mascarúa  
Director del Programa de Graduados en Ingeniería

Mayo 2009

## **DEDICATORIA**

Dedico esta Tesis a mi familia entera, en especial a mi Padre, Madre, Hermana y Abuela que me han brindado su apoyo durante todo este tiempo que he pasado fuera de mi país.

De igual forma agradezco a mis amigos, cuya hermandad ha permitido que esta experiencia haya sido más fácil y placentera.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor, el Dr. Salvador García Rodríguez, cuya guía me ha llevado a culminar con esta investigación.

A las empresas Tierra y Armonía S.A. e Inmobiliaria GIG quiénes me dieron la oportunidad de desarrollar esta Tesis, aportando su valiosa información para la unificación de procedimientos y criterios de calidad.

# CONTENIDO

CONTENIDO.....	1
ÍNDICE DE FIGURAS.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	3
<b>CAPÍTULO I – ANTEPROYECTO.....</b>	<b>4</b>
TÍTULO DE ANTEPROYECTO.....	5
ANTECEDENTES.....	5
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	6
JUSTIFICACIÓN.....	7
OBJETIVO.....	7
SUPUESTOS.....	7
METODOLOGÍA.....	9
<b>CAPÍTULO II – CONCEPTOS DE CALIDAD.....</b>	<b>10</b>
DEFINICIÓN Y CONCEPTOS GENERALES.....	11
CONCEPTOS DE CALIDAD.....	13
ETAPAS DE LA FILOSOFÍA DE LACALIDAD.....	15
CONTROL DE CALIDAD.....	17
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.....	18
CALIDAD TOTAL.....	18
ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD.....	19
COSTO DE LA CALIDAD.....	21
ACT EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN.....	23
RESISTENCIA A LA ACT EN LA CONSTRUCCIÓN.....	24
<b>CAPITULO III – SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD.....</b>	<b>26</b>
PRINCIPIOS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD.....	27
MODELOS DE CALIDAD.....	29
KAIZEN.....	29
MÉTODOS 5´S.....	31
SEIS SIGMA.....	32
NORMAS ISO 9000.....	34
<b>CAPÍTULO IV – CRITERIOS DE CALIDAD.....</b>	<b>36</b>
PROPÓSITO.....	37
DEFINICIÓN DE CRITERIOS.....	37
PARÁMETROS DE CALIDAD.....	38
LISTADO DE PROCEDIMIENTOS.....	50
RESUMEN DE VARIABLES.....	52

CONTROL ESTADÍSTICO.....	55
HERRAMIENTAS DE DIAGNÓSTICO.....	56
GRÁFICOS DE CONTROL.....	57
USO DE GRÁFICOS DE CONTROL.....	59
MUESTREO PARA CONTROL DE CALIDAD.....	66
MUESTREO TIPO I.....	67
MUESTREO TIPO II.....	69
MUESTREO TIPO III.....	69
MUESTREO TIPO IV.....	70
<b>CAPÍTULO V – CASO DE ESTUDIO.....</b>	<b>72</b>
DESCRIPCIÓN.....	73
DOCUMENTACIÓN INICIAL DE PROYECTO.....	73
ANÁLISIS DE DATOS PARA CONTROL DE CALIDAD.....	75
ANÁLISIS DE COMPACTACIONES DE SUB-BASE DE PAVIMENTO.....	76
ANÁLISIS DE ANCHO DE CORONA EN VIALIDAD DE FRACCIONAMIENTO.....	78
ANÁLISIS DE SEPARACIÓN ENTRE POZOS DE VISITA DE LÍNEA SANITARIA.....	80
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	81
<b>CAPÍTULO VI – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>83</b>
RESPUESTA AL PROBLEMA PLANTEADO.....	84
CONFIRMACIÓN DE SUPUESTOS.....	84
LOGRO DE OBJETIVO.....	85
RECOMENDACIONES.....	85
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>87</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 GRÁFICO DE EVOLUCIÓN DE CALIDAD (TOMADA DE CLAVER, MOLINA Y TARÍ, 2005).....	16
FIGURA 2.2 PROCESO DE PRODUCTO O SERVICIO (TOMADA DE BURATI, MATTHEWS Y SATYANARAYANA, 1992).....	20
FIGURA 2.3 CADENA DE REACCIÓN DE MEJORA DE LA CALIDAD DE DEMING (TOMADA DE SAARINEN JR. , 1990).....	22
FIGURA 3.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE GESTIÓN DE CALIDAD (TOMADA DE CLAVER, MOLINA Y TARÍ, 2005).....	27
FIGURA 3.2 SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD (TOMADA DE GARCÍA Y CASTAÑARES, 2008).....	28
FIGURA 4.1 SUBDIVISIÓN DE ACTIVIDADES.....	38
FIGURA 4.2 EJEMPLO GRÁFICO DE CONTROL DE MEDIAS.....	63
FIGURA 4.3 EJEMPLO DE GRÁFICO DE CONTROL TIPO “P”.....	65
FIGURA 4.4 MUESTREO TIPO I.....	68
FIGURA 5.1 GRÁFICO DE CONTROL PARA COMPACTACIÓN DE SUB-BASE DE PAVIMENTO.....	78
FIGURA 5.2 GRÁFICO DE CONTROL PARA ANCHO DE CORONA DE PAVIMENTO.....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 ENFOQUES Y ORIENTACIONES DE CALIDAD (TOMADA DE CLAVER, MOLINA Y TARÍ, 2005).....	16
TABLA 4.1 LISTADO DE PROCEDIMIENTOS.....	52
TABLA 4.2 TABLA DE RESUMEN DE VARIABLES.....	53
TABLA 4.3 DATOS PARA GRÁFICOS DE CONSTROL (TOMADA DE RICO Y DEL CASTILLO, 1999).....	60
TABLA 4.4 FACTOERS PARA DETERMINAR LOS LÍMITES DE CONROL A PARTIR DE “R” (TOMADA DE RICO Y DEL CASTILLO, 1999).....	62
TABLA 4.5 RESULTADOS DE MUESTREO PARA GRÁFICO TIPO “P” (TOMADO DE GARCÍA Y CASTAÑARES, 2008).....	64
TABLA 4.6 RESUMEN DE VARIABLES POR TIPO DE MUESTREO.....	70
TABLA 5.1 DATOS DE PORCENTAJES DE COMPACTACIÓN.....	77
TABLA 5.2 DATOS DE ANCHOS DE CORONA.....	79
TABLA 5.3 DATOS DE SEPARACIÓN ENTRE POZOS DE VISITA EN LÍNEA SANITARIA.....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 GRÁFICO DE EVOLUCIÓN DE CALIDAD (TOMADA DE CLAVER, MOLINA Y TARÍ, 2005).....	16
FIGURA 2.2 PROCESO DE PRODUCTO O SERVICIO (TOMADA DE BURATI, MATTHEWS Y SATYANARAYANA, 1992).....	20
FIGURA 2.3 CADENA DE REACCIÓN DE MEJORA DE LA CALIDAD DE DEMING (TOMADA DE SAARINEN JR. , 1990).....	22
FIGURA 3.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE GESTIÓN DE CALIDAD (TOMADA DE CLAVER, MOLINA Y TARÍ, 2005).....	27
FIGURA 3.2 SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD (TOMADA DE GARCÍA Y CASTAÑARES, 2008).....	28
FIGURA 4.1 SUBDIVISIÓN DE ACTIVIDADES.....	38
FIGURA 4.2 EJEMPLO GRÁFICO DE CONTROL DE MEDIAS.....	63
FIGURA 4.3 EJEMPLO DE GRÁFICO DE CONTROL TIPO “P”.....	65
FIGURA 4.4 MUESTREO TIPO I.....	68
FIGURA 5.1 GRÁFICO DE CONTROL PARA COMPACTACIÓN DE SUB-BASE DE PAVIMENTO.....	78
FIGURA 5.2 GRÁFICO DE CONTROL PARA ANCHO DE CORONA DE PAVIMENTO.....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 ENFOQUES Y ORIENTACIONES DE CALIDAD (TOMADA DE CLAVER, MOLINA Y TARÍ, 2005).....	16
TABLA 4.1 LISTADO DE PROCEDIMIENTOS.....	52
TABLA 4.2 TABLA DE RESUMEN DE VARIABLES.....	53
TABLA 4.3 DATOS PARA GRÁFICOS DE CONSTROL (TOMADA DE RICO Y DEL CASTILLO, 1999).....	60
TABLA 4.4 FACTOERS PARA DETERMINAR LOS LÍMITES DE CONROL A PARTIR DE “R” (TOMADA DE RICO Y DEL CASTILLO, 1999).....	62
TABLA 4.5 RESULTADOS DE MUESTREO PARA GRÁFICO TIPO “P” (TOMADO DE GARCÍA Y CASTAÑARES, 2008).....	64
TABLA 4.6 RESUMEN DE VARIABLES POR TIPO DE MUESTREO.....	70
TABLA 5.1 DATOS DE PORCENTAJES DE COMPACTACIÓN.....	77
TABLA 5.2 DATOS DE ANCHOS DE CORONA.....	79
TABLA 5.3 DATOS DE SEPARACIÓN ENTRE POZOS DE VISITA EN LÍNEA SANITARIA.....	81

# CAPÍTULO 1- ANTEPROYECTO

## 1.1 TÍTULO DE ANTEPROYECTO

“Criterios de Calidad para la Infraestructura Urbana en Desarrollos Inmobiliarios”

## 1.2 ANTECEDENTES

El año 2009 será un año de retos para el Sector de Vivienda de México, debido a la desaceleración de la economía mexicana, que se profundizará y generalizará. Si bien el 2008, se califica con un buen período para la vivienda, ya que se mantuvo el ritmo de ventas muy cercano a los máximos históricos, durante el año, fueron cada vez más claros los efectos de la situación económica mundial.

Sin embargo, a fin de mantener el dinamismo del sector, el gobierno ha tomado las medidas correctas manteniendo el financiamiento de los institutos públicos de vivienda, como es el caso de Infonavit y la Sociedad Hipotecaria Federal. De igual forma se van a dinamizar y generalizar los subsidios y es posible que se mantengan las tasas de interés sin cambios para los segmentos de la población de menores ingresos.

El 2009, por lo tanto, debe ser percibido como un año de oportunidades, donde el proceso de adaptación al nuevo entorno ha iniciado desde hace meses atrás. El ritmo de inicio de construcción de casas se ha moderado significativamente y los inventarios se han reducido, particularmente para los segmentos de bajo y medio ingreso.

En el corto plazo, habrá mayor competencia por los compradores, la baja generación de empleo y su eventual reducción impactarán la demanda de vivienda. Por lo que los desarrolladores deberán planificar de una manera minuciosa el proceder de sus futuras inversiones, enfrentando un mercado

exigente, donde la satisfacción del cliente presenta un reto ante el control de costos de construcción.

La industria de la construcción en México enfrenta un entorno complejo en materia de costos de insumos, lo cual impactará en los precios del mercado nacional.

Desde el 2003, los costos internos de la construcción han tenido su referente principal en los precios externos de insumos más que en factores domésticos de la industria. Por lo que aspectos como la desaceleración internacional en la producción así como la paridad cambiaria golpea directamente los costos en insumos petroleros y metálicos, utilizados frecuentemente esta industria.

Tomando en cuenta el hecho de la baja en la demanda de viviendas, por ende desarrollos inmobiliarios, la creciente exigencia de los clientes por obtener productos de calidad y el aumento en insumos utilizados por la industria de la construcción para la producción, es lógico creer que se aparece una nueva necesidad para los desarrolladores inmobiliarios por controlar los costos de los proyectos de construcción.

La siguiente investigación, intenta ayudar en la satisfacción de esta necesidad, proponiendo una herramienta que apoye a los desarrolladores, en su día a día de la construcción de infraestructura urbana.

No hay duda que en un panorama como el actual, ante los retos que nos trae la crisis económica mundial, una herramienta que permita controlar la calidad en las actividades de construcción surge como una respuesta práctica y sencilla que facilitará el correcto desarrollo de los proyectos inmobiliarios.

### **1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Actualmente no existe en México un modelo que evalúe la calidad de la infraestructura en desarrollos inmobiliarios. Se desarrolla un plan de trabajo

mas no una herramienta que ayude a medir y controlar las variaciones frecuentemente obtenidas en los resultados.

Esta variación lleva a los desarrolladores a incurrir en retrabajos, incremento de costo estimado y el incumplimiento de los requisitos de calidad que pide el proyecto.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

El estudio del área de infraestructura urbana para desarrollos inmobiliarios dentro del sector de la construcción, permitirá el conocimiento de los elementos básicos que se manejan dentro de un proyecto de este tipo, así como los criterios considerados actualmente, ya sea a partir de normas o especificaciones de proyectos, y servirá como base para una apreciación de calidad en los procedimientos constructivos.

Una vez desarrollado el modelo, este servirá para identificar las variaciones de los resultados obtenidos respecto a los criterios o resultados esperados, aportando una herramienta práctica y de simple aplicación que beneficiará a los desarrolladores urbanos, en la búsqueda del cumplimiento y satisfacción de criterios de calidad para este tipo de proyectos.

## **1.5 OBJETIVO**

El análisis de la industria de la construcción, específicamente en la infraestructura urbana, a fin de proponer una herramienta práctica y de simple aplicación, que ayude a la determinación de la calidad obtenida en la fase constructiva, en base a criterios reales bien fundamentados.

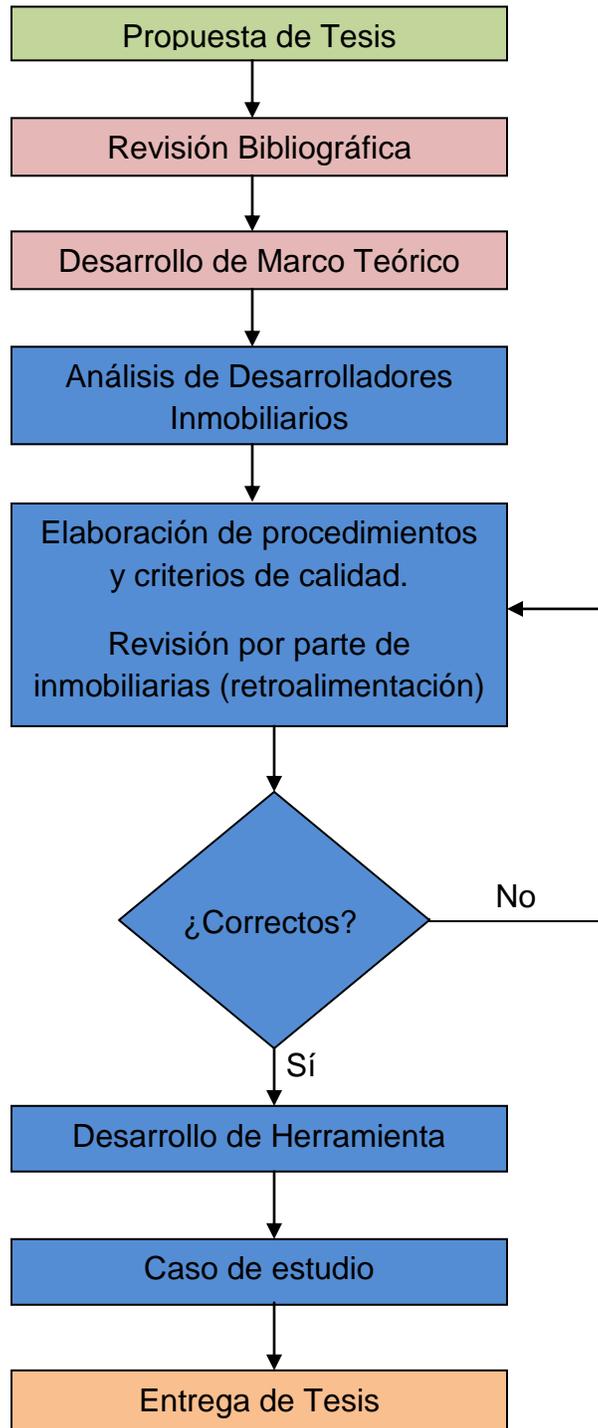
## **1.6 SUPUESTOS**

- Es posible desarrollar una herramienta que permita el control de calidad en la infraestructura urbana.

- Una herramienta de control de calidad para infraestructura urbana regulará la variabilidad en los resultados de procesos constructivos, asegurando el cumplimiento de especificaciones, por consiguiente, se obtendrá un resultado final de buena calidad.
- La industria de la construcción necesita una herramienta cuyo objetivo final sea la obtención de infraestructuras urbanas de buen nivel de calidad.
- Una herramienta práctica y de simple aplicación para el control de calidad en infraestructura urbana, tendrá buena aceptación por parte de los desarrolladores inmobiliarios, quienes encontrarán en esta herramienta, el apoyo necesario para elevar la calidad en sus proyectos.

Con base en estos supuestos, se buscará, a través de la metodología propuesta a continuación, el cumplimiento del objetivo de esta investigación.

## 1.7 MÉTODOLÓGÍA



## CAPÍTULO 2 - CONCEPTOS DE CALIDAD

## 2.1 DEFINICIÓN Y CONCEPTOS GENERALES

Antes de intentar hablar de calidad o desarrollar un modelo de calidad, es necesario entender claramente el concepto de calidad.

Para Crosby, la calidad consiste en “cumplir con los requisitos” (J.L. Palacios 2006), de lo que podemos entender, que al cumplir con las especificaciones de un producto, se está entregando calidad.

La palabra calidad tiene múltiples significados. Calidad como conformidad con las especificaciones (Garvin, 1988), como satisfacción de las necesidades y expectativas del cliente (Reeves y Bednar, 1994), como valor (Moreno, Peris y González, 2001).

De estas definiciones la más completa y acertada es la segunda, “calidad como satisfacción de las necesidades y expectativas del cliente. Satisfacción del cliente significa que un producto cumple las características deseadas por el comprador y carece de deficiencias (Juran y Gryna, 1995).

A continuación se mencionan algunos de los maestros, llamados Gurús de la Calidad, que se dieron a conocer después de la segunda guerra mundial. En su mayoría son estadounidenses pero el impacto de sus filosofías y conceptos ayudó a construir el renacimiento de Japón como potencia industrial, para pasar posteriormente a Europa y América.

- W. Edward Deming: Se le considera el “padre” de la *Tercera Revolución Industrial* o la *Revolución de la Calidad*, con sus famosos 14 puntos.

Entre sus libros se puede citar “Calidad, Productividad y Competitividad”, en donde hace ver la necesidad del liderazgo en la calidad. Deming, quien es estadounidense, es el representante de la escuela de gerencia de calidad más conocido, logró aceptación de sus ideas de calidad en Japón, en donde actualmente existe un premio Deming Anual, concedido por progresos obtenidos en el campo de la precisión y confiabilidad del producto.

- Philip Crosby: Menciona que la calidad es gratis, definiéndola como “conformidad con los requisitos” e indicando que el 100% de la conformidad es igual a cero defectos.

Establece que en las organizaciones que no se trabaja con un plan que contemple la calidad, los retrabajos y desperdicios alcanzan del 20% al 40%.

Introdujo el programa de mejora tratando de concienciar a las empresas para que centraran sus esfuerzos en la necesidad de obtener calidad. El objetivo consistía en suprimir gran parte de las inspecciones haciendo las cosas bien a la primera. Se le conoce por su lema de “cero defectos”.

- Kaoru Ishikawa: Participó en el movimiento de calidad japonés, siendo sus principales contribuciones el “Diagrama de causa y efecto”, también conocido como “Diagrama de pescado o Diagrama de Ishikawa”. Integró lo que hoy conocemos como “Las siete herramientas estadísticas básicas del CTC”, de donde se considera muy inclinado hacia las técnicas estadísticas. La mayor contribución de Ishikawa fue simplificar los métodos estadísticos utilizados para el control de la calidad en la industria a nivel general.
- Joseph M. Juran: Afirma que la alta gerencia es la responsable del cambio, abogando por crear el cambio cuando el proceso necesita mejorarse y por prevenir el cambio cuando los problemas son esporádicos. Logró desarrollar la técnica de los “Costos de Calidad”, elaborando un “Manual de Calidad”, en donde existe un fuerte contenido administrativo enfocado a la planeación, organización y responsabilidad.

Juran, de nacionalidad Rumana, junto a Deming y K. Ishikawa son considerados los principales promotores del éxito de Japón.

## 2.1.1 CONCEPTOS DE CALIDAD

El objetivo de este punto es reflejar los cambios en las formas de entender la calidad, y cómo se han emparejado con la transformación de los modelos productivos en las economías preindustriales, industriales y de servicios, y con los propios avances en las orientaciones para la Gestión de la Calidad.

Las diferentes definiciones toman distintas unidades de análisis (productos, procesos, sistemas, mercado, empresa, sistema de valor), ponen el acento en algunas de las distintas dimensiones de la calidad del producto, y recurren a distintos métodos para evaluarla.

A continuación se definen los siguientes conceptos de calidad:

1. Calidad objetiva y calidad subjetiva: Las diferentes perspectivas conceptuales de la calidad pueden organizarse en dos categorías, según hablen de calidad objetiva y calidad subjetiva. La **calidad objetiva** deriva de la comparación entre un estándar y un desempeño, referidos a características de calidad medibles cuantitativamente con métodos ingenieriles o tecnológicos. Este concepto describe bien la excelencia, bien la superioridad técnica de los atributos de un producto o un proceso. La **calidad subjetiva** se basa en la percepción y en los juicios de valor de las personas, y es medible cualitativamente estudiando la satisfacción del cliente.

2. Calidad estática y calidad dinámica: La calidad al cumplir con las especificaciones da una sensación de que se trata de un estado fijo, de haber alcanzado la superioridad. En cambio, la calidad es un concepto dinámico y en continuo cambio, ya que depende de múltiples factores que se encuentran en constante interacción, como la competencia o los gustos y motivaciones del consumidor. Por lo tanto, la calidad no es una meta fija que se alcanza al llegar a cierto nivel, sino que para ofrecer productos o servicios de calidad se debe mantener en una constante mejora o en una

permanente búsqueda por la satisfacción del cliente en un entorno que se encuentra en constante cambio.

3. Calidad absoluta y calidad relativa: Las cuatro primeras definiciones parten de un **concepto absoluto** de calidad. La calidad del producto se refleja, bien libremente por la dirección o bien a partir de las necesidades de los clientes, en una serie de características y especificaciones, que pueden medirse objetivamente. La calidad se valora entonces de forma absoluta.

La definición de la calidad de servicio adopta una **visión relativa**, admitiendo que la calidad puede significar cosas distintas para personas diferentes. Al venir dada la calidad por la percepción del cliente, no puede definirse absolutamente. La definición de calidad por cada empresa deberá depender de las expectativas y necesidades de sus clientes, pudiendo variar su identificación de las dimensiones que incorpore en cada caso.

4. Calidad interna y calidad externa: El concepto de calidad interna hace hincapié en la mejora de la eficiencia interna para lograr la conformidad con las especificaciones en los procesos y la reducción de los costes de la no calidad.

En la medida en que la selección del consumidor se guía por la comparación entre productos competidores, la conceptualización de la calidad de servicio obliga de raíz a pensar en la satisfacción que el cliente obtiene, adoptando una **perspectiva externa**. El concepto de calidad como valor sigue este camino, insistiendo en la importancia de definir la calidad en términos relativos y externos, según la utilidad que proporciona a los clientes.

## 2.2 ETAPAS DE LA FILOSOFÍA DE LA CALIDAD

A lo largo de la historia encontramos múltiples manifestaciones que demuestran que el individuo ha conseguido satisfacer sus necesidades adquiriendo aquello que le reportaba mayor utilidad. De una forma u otra se preocupaba, y se preocupa, por la cualidad de lo que adquiere. Con la aparición de los primeros gremios artesanales en la Edad Media, observamos los primeros ejemplos de lo que actualmente denominamos calidad. En este período, los artesanos, en quienes se identificaba tanto el trabajo directivo como el manual, elaboraban en pequeños talleres una cantidad reducida de producto destinada a un mercado local o de tipo urbano, existiendo una fuerte relación con los consumidores, lo que les permitía elaborar un producto que se ajustaba todo lo posible a los requisitos exigidos por los mismos. (Claver, Molina y Tarí, 2005)

A partir del siglo XVII se produce la separación entre la ciudad y el mundo rural, y el desarrollo del comercio internacional, proceso que fue provocando que los artesanos se concentrasen en las ciudades. De esta forma, adquirió gran importancia la figura del mercader, que compraba la producción a los artesanos para posteriormente comercializarla, permitiendo a éstos dedicarse exclusivamente a sus tareas productivas. (Claver, Molina y Tarí, 2005)

Esta relación daba lugar a la comunicación entre el fabricante y el cliente o usuario del producto, permitiendo que el artículo elaborado cumpliera con los deseos de los consumidores. Por ende la calidad dependía completamente del artesano durante todo el proceso productivo.

A finales del siglo XIX, en Estados Unidos, desaparece totalmente esa comunicación que existía entre fabricante y cliente y se inicia el proceso de división y estandarización de las condiciones y métodos de trabajo. Aparece la visión de Frederick Winslow Taylor que implicaba la separación entre la planificación y la ejecución del trabajo con la finalidad de aumentar la productividad.

Finalizada la Segunda Guerra Mundial, la calidad siguió dos caminos diferentes. Por un lado, Occidente continuaba con un enfoque basado en la

inspección; por otro lado, Japón comenzó una batalla particular por la calidad con un enfoque diferente que supuso la aplicación de la calidad en todos los ámbitos de la empresa y generó sus frutos a partir de la década de los ochenta y noventa. (Claver, Molina y Tarí, 2005) Fue ahí donde Occidente comenzó a darse cuenta del éxito de Japón y volvió a adquirir importancia la comunicación entre productor y cliente.

El gráfico a continuación muestra cómo ha ido evolucionando el pensamiento de la calidad, partiendo de lo básico hasta llegar a lo que se conoce hoy en día.

**Figura 2.1**

Gráfico de evolución de la calidad (tomado de Claver, Molina y Tarí, 2005)



La siguiente tabla muestra los diferentes enfoques respecto a la calidad que han ido evolucionando, que han ido creciendo y enriqueciéndose, cada uno dando lugar a la etapa siguiente.

**Tabla 2.1**

Enfoques y orientaciones de calidad (tomado de Claver, Molina y Tarí, 2005)

Enfoque	Orientación
Inspección	Productos
Control de Calidad	Procesos
Aseguramiento de Calidad	Sistemas
Gestión de Calidad	Personas

A continuación, se explican los enfoques mencionados anteriormente.

### **2.2.1 CONTROL DE CALIDAD**

El control de la calidad es el conjunto de técnicas y actividades de carácter operativo, utilizadas para verificar los requisitos relativos a la calidad del producto o servicio.

Surge a principios del siglo XX, momento en que se definía una clara división de funciones y separación entre la planificación y la ejecución de en la empresa a través del Taylorismo, en consecuencia, una diferenciación entre las personas que ejecutan tareas y las que las controlan.

El segundo gran hito de este siglo fue la “línea de montaje” desarrollada por Henry Ford. Este sistema requería que las piezas utilizadas en la línea fueran intercambiables y por tanto deberían cumplir unos requisitos mínimos. Introdujo las tolerancias que las piezas deberían cumplir para garantizar su montaje y era necesario el control final de las mismas. En este momento, se impuso el concepto de inspección aplicada a todos los productos terminados.

Seguidamente, hacia 1930, se introduce la estadística de muestreo a la inspección, reduciendo costos al evitar controlar el 100% de las piezas. Varios análisis concluyeron que realizando controles intermedios en el proceso, evitaba procesar un producto que ya llevaba implícito el defecto por el cual se iba a rechazar al final. Por ello se pudo pasar de la inspección final del producto terminado al control de calidad en las diferentes etapas del proceso.

Años después se pudo ver que generaba un menor costo y era más fiable controlar el proceso que el producto. Ya que si se lograba tener bajo control los parámetros del proceso, como consecuencia, el producto iba a cumplir los requisitos especificados. De donde nació la herramienta “Control estadístico del proceso”.

## **2.2.2 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD**

El aseguramiento de la calidad es el conjunto de acciones planificadas y sistemáticas, que son necesarias para proporcionar la confianza adecuada de que un producto o servicio va a satisfacer los requisitos dados sobre la calidad.

Siguiendo el proceso de simplificación y reducción de costos del control de calidad, los grandes “compradores” se dieron cuenta que para garantizar que sus proveedores les enviaran los productos cumpliendo sus especificaciones, era necesario que se realizara una organización y documentación de todos aquellos aspectos de su empresa que pudieran influir en la calidad del producto que les era suministrado. Todo ello debía estar sistematizado y documentado, y por ello empezaron a obligar a sus proveedores a garantizar la calidad.

De lo que surge un sistema de aseguramiento de la calidad, que no es más que lo que hoy se conoce como un manual de calidad que incluye procedimientos e instrucciones técnicas, cuyo cumplimiento es revisado a través de auditorías.

## **2.2.3 CALIDAD TOTAL**

La Calidad Total es un sistema de gestión a través de la cual la empresa satisface las necesidades y expectativas de sus clientes, de sus empleados, de los accionistas y de toda la sociedad en general, utilizando los recursos de que dispone: personas, materiales, tecnología, sistemas productivos, etc.

A partir de los años 50 y con motivo de una serie de conferencias de Deming y Juran a empresarios japoneses organizados por la JUSE (Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros), se desencadena el desarrollo de las principales teorías sobre la Calidad Total de autores japoneses: Ishikawa, Taguchi, Ohno, etc.

Japón había salido muy lastimado de la Segunda Guerra Mundial y debía recuperarse. No disponía de recursos propios excepto las personas y sus cerebros.

Las limitaciones impuestas a Ohno, directivo de la Toyota fueron: rigidez laboral (no se podía despedir a nadie), carencia de dinero (falta de capital que además era costoso y no permitía la compra de máquinas modernas), limitación de mercado (no se podía exportar). Estas limitaciones forzaron a su creatividad a buscar soluciones centrando su actividad en:

- Buscar la colaboración de las personas, ya que no podía prescindir de ellas, formándolos para que trabajaran mejor en la consecución de los objetivos de la empresa. Les hace responsable de ello.
- Enfocar la empresa al cliente. Búsqueda sistemática y exhaustiva de todo lo que añade valor al cliente. Pone a trabajar a todas las personas, ya formadas y motivadas en eliminarlo.

Los resultados que obtuvo a lo largo de los años han sido espectaculares; lo podemos ver en la competitividad de sus empresas.

Las metodologías y herramientas que inicialmente se aplicaron al entorno de la producción han trascendido a todos los ámbitos de la empresa, dando lugar al modelo de gestión que se conoce como Calidad Total.

Cada uno de estos autores, con su visión particular, enfatiza un aspecto diferente de la calidad, marcando la evolución del concepto. Este hecho se manifiesta en una redefinición del concepto de calidad en paralelo a las nuevas ideas que tienen lugar en cada etapa y en cada país.

### **2.3 ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD**

W. Edward Deming insiste que la calidad competitiva no se puede conseguir solamente a través de métodos de inspección de control de calidad. Según Deming, la calidad no viene de la inspección, sino de mejoras al proceso

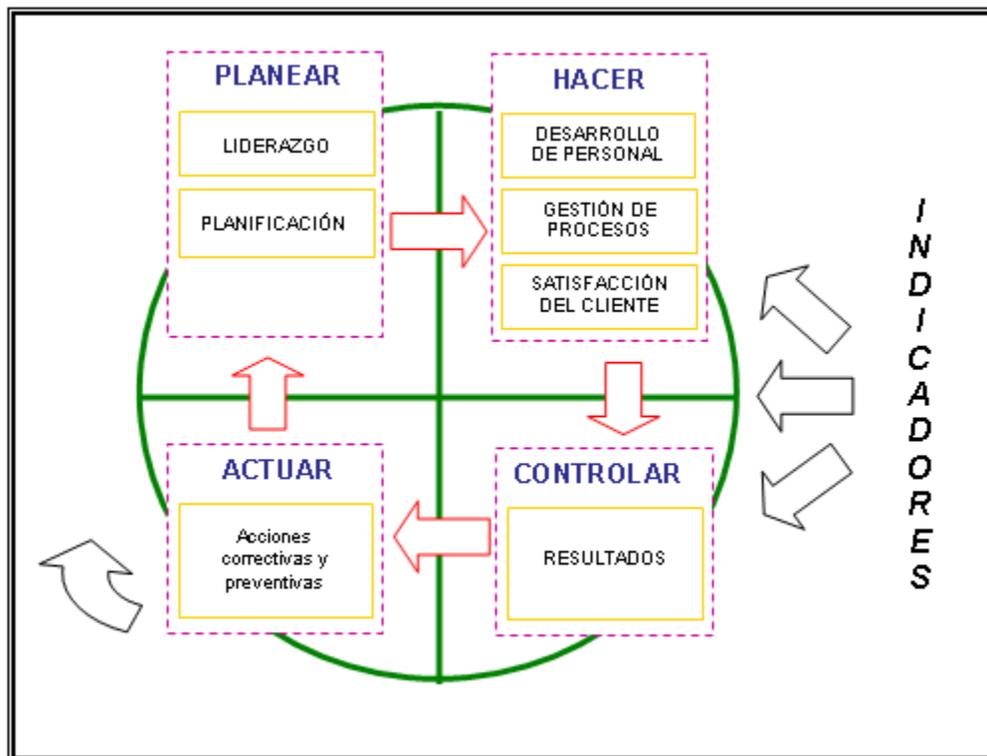
(Walton 1986). Así como el control de calidad se diseña para encontrar defectos, la administración de la calidad se diseña para prevenirlos. La prevención de defectos es algo que compete a todos los participantes de un proyecto.

Según Crosby (1979), la administración de la calidad es más comprensible que el control de la calidad.

La administración de la calidad es una forma sistemática de garantizar que las actividades planificadas sucedan en la forma en que fueron previstas. Es una disciplina de administración enfocada en prevenir la ocurrencia de problemas, que lo consigue creando actitudes y controles que hagan que la prevención sea posible. Lo anterior se puede representar con la siguiente figura.

**Figura 2.2**

Proceso de producto o servicio (Tomada de Burati, Matthews y Satyanarayana, 1992)



Una primera línea de opinión concibe la Administración de la Calidad como un “conjunto de métodos útiles de forma aleatoria, puntual y coyuntural para diferentes aspectos del proceso administrativo. Witcher (1995) la entiende como una herramienta para mejorar la dirección de recursos humanos, así como de otros que la contemplan desde el marketing como un instrumento útil para crear una organización orientada al cliente. Price (1989) aún restringe más su concepto, limitándola a una técnica de control.

La asimilación de la Administración de la Calidad a una herramienta para la gestión no parece suficiente por dos razones:

1. Aporta ideas de carácter abstracto o principios de dirección además de prácticas y técnicas.
2. Diversos enfoques están basados en una perspectiva de sistemas, que considera toda la organización y las interacciones entre sus componentes.

Sin embargo, no deja de ser cierto que este concepto es el que impregna los enfoques pioneros, como la inspección y el control estadístico de procesos, que aportan poco más que una caja de herramientas para el control de la calidad de productos y procesos.

Una segunda forma de entender la calidad va más allá de su concepción como un conjunto de técnicas y procedimientos, para convertirla en un **nuevo paradigma de la dirección** (Bounds *et al.*, 1994; Broedling, 1990). La misma consideración le merece a Feigenbaum (1951), para quien la calidad es en su esencia “una nueva forma de dirigir la organización”, agregando que el control de calidad es mucho más que una agrupación de proyectos técnicos y actividades de motivación, sin ningún enfoque directivo claramente articulado.

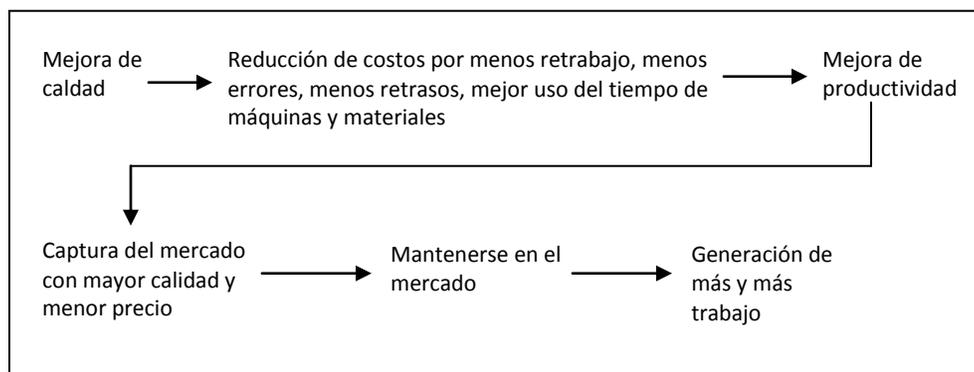
## 2.4 COSTO DE LA CALIDAD

No se puede decir realmente que hacer un trabajo de calidad es más costoso. Si la calidad es definida como “*cumplir con los requerimientos establecidos, haciéndolo bien la primera vez*”, no podría decirse que cuesta más dinero.

Crosby les dice a aquellos que cuestionan el costo de la calidad que hagan una comparación de costos de hacer un trabajo bien la primera vez contra cometer errores, encontrarlos, buscar el trabajo defectuoso y corregirlo. Según Crosby (1979), “el costo de la calidad es el gasto incurrido en hacer las cosas mal”. Es el gasto en este tipo de actividades correctivas las que tiran el presupuesto a la basura.

### Figura 2.3

Cadena de reacción de mejora de la calidad de Deming. (Tomada de Saarinen Jr., 1990)



Deming (1986), sostiene que cuando se mejora la calidad, los costos se reducen. Hace esta mención como una de las muchas lecciones que aprendieron los japoneses al hacerse competitivos en mercados internacionales y como una lección que los estadounidenses han ignorado. Deming ilustra esta lección con la cadena de reacción mostrada en la figura 2.4

El control efectivo de la calidad ayuda a reducir el costo de los servicios, asegurando que el trabajo se haga al primer intento. Como esto ayuda a producir proyectos que cumplan con los requisitos, se puede decir que el control efectivo de la calidad ayuda a aumentar la calidad percibida por los clientes.

Todo esto nos lleva a pensar que en vez de preocuparnos por el “precio de la calidad” debemos preocuparnos por evitar los costos de la no calidad.

## 2.5 ACT EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Se ha investigado mucho acerca de la implementación de ACT (Administración de Calidad Total) ya que se cree que los beneficios de la satisfacción de clientes, mejor calidad de productos y mayor apropiación del mercado se obtienen al adoptar la ACT en compañías constructoras. Requiere un cambio radical en la cultura corporativa y enfoque administrativo (Quazi y Padibjo 1997) comparado con la forma tradicional en que la administración da órdenes que los empleados difícilmente obedecen.

Se cree que el ingrediente determinante del éxito de una organización al implementar ACT es su habilidad de traducir, integrar y por último institucionalizar comportamientos de ACT en prácticas del día a día en el trabajo. ACT es una forma de pensar en metas, organizaciones, procesos y personal para asegurar que se está haciendo lo correcto en el momento justo, al primer intento. Motwani (2001) cree que implementar ACT es un gran cambio organizacional que requiere una transformación en la cultura, procesos, prioridades estratégicas, creencias, etc., de una organización.

Ya que la organización para la ACT está básicamente orientada al cliente, Brown et al. (1994) sugiere que se organice en función de la máxima satisfacción del cliente en vez de hacerlo en función de la eficiencia interna. Cada persona dentro de la organización debe considerar las necesidades de la siguiente persona que utilizará los resultados de su trabajo. Las mediciones y controles se deben hacer para encontrar qué tan bien la organización está cumpliendo con las necesidades y expectativas de los clientes.

Como cualquier modelo de calidad, un programa de ACT no tendrá éxito sin la participación directa, el compromiso y el liderazgo de la alta gerencia.

La organización siempre debe buscar el 100% de satisfacción del cliente. No se debe enfocar en hacer bien el 80% y el 20% no. La capacitación del personal es fundamental, se les debe enseñar a reasignar su tiempo y energía

para corregir causas verdaderas de problemas y no solamente los síntomas y efectos.

Se debe integrar a los proveedores al proceso de ACT. Las relaciones con los proveedores deben progresar en dirección a una alianza donde ambas partes se beneficien de la relación. Ambas partes deben buscar mejorar la calidad y el trabajo a través de relaciones a largo plazo.

En resumen, los requisitos para reestructurar una organización que quiera implementar ACT debe considerar lo siguiente (Chase 1993, Dale 1994): Enfoque en el cliente, mejora continua, liderazgo, participación de los empleados, trabajo en equipo, relaciones cliente-proveedor y mejora de procesos.

### **2.5.1 RESISTENCIA A LA ACT EN LA CONSTRUCCIÓN**

Por la particularidad de la industria de la construcción, pueden aparecer factores de resistencia, como lo son:

#### **1. Diversidad de producto**

Todos los proyectos de construcción son únicos. La calidad es vista como las propiedades del producto que cumplen con las necesidades personalizadas del cliente y por consiguiente proveen satisfacción del producto, complementada con una cláusula de libertad de deficiencias (Sommerville y Robertson 2000).

#### **2. Estabilidad organizacional**

La industria de la construcción tiene un alto índice de colapsos organizacionales, especialmente durante un bajón en la economía del país. Por consiguiente, el compromiso hacia estrategias y políticas de ACT, que puede llevar varios años en “mostrar los frutos”, puede parecer una mala decisión de asignación de recursos. Comparado con la oficina principal de la compañía, el sitio de construcción es temporal.

Los equipos formados especialmente para un proyecto pueden dejar de existir al finalizar las obligaciones contractuales.

### 3. Falsa idea del costo de la calidad

Badden-Hallard (1993) definen el costo de calidad como el costo asociado a la conformidad de los requisitos y costos asociados a la no conformidad de los requisitos. Los costos en la industria de la construcción están compuestos de costos de prevención junto los costos de no conformidad.

Los contratistas frecuentemente perciben la ACT como un costo extra, pero no se dan cuenta que no es la calidad la que cuesta, si no es la no conformidad de la calidad la que es cara. Los costos asociados con el no cumplimiento de los requisitos de calidad incluyen costos de retrabajos, corrección de errores, reacción a las quejas de los clientes, deficiencia en presupuestos de proyectos debido a planificación pobre y entregas fuera de tiempo.

## CAPÍTULO 3 - SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD

La teoría de la gestión de la calidad está influida por las aportaciones de los líderes de la calidad (Crosby, 1987; Deming, 1989; Juran, 1990; Ishikawa, 1990; Feigenbaum, 1994) cuyos escritos han influenciado estudios posteriores, de modo que toda la literatura se basa en sus enseñanzas, marcando pautas, bases y principios.

### 3.1 PRINCIPIOS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

La siguiente figura muestra los principios básicos de la gestión de la calidad.

#### Figura 3.1

Principios básicos de Gestión de Calidad. (Tomada de Claver, Molina y Tarí, 2005)

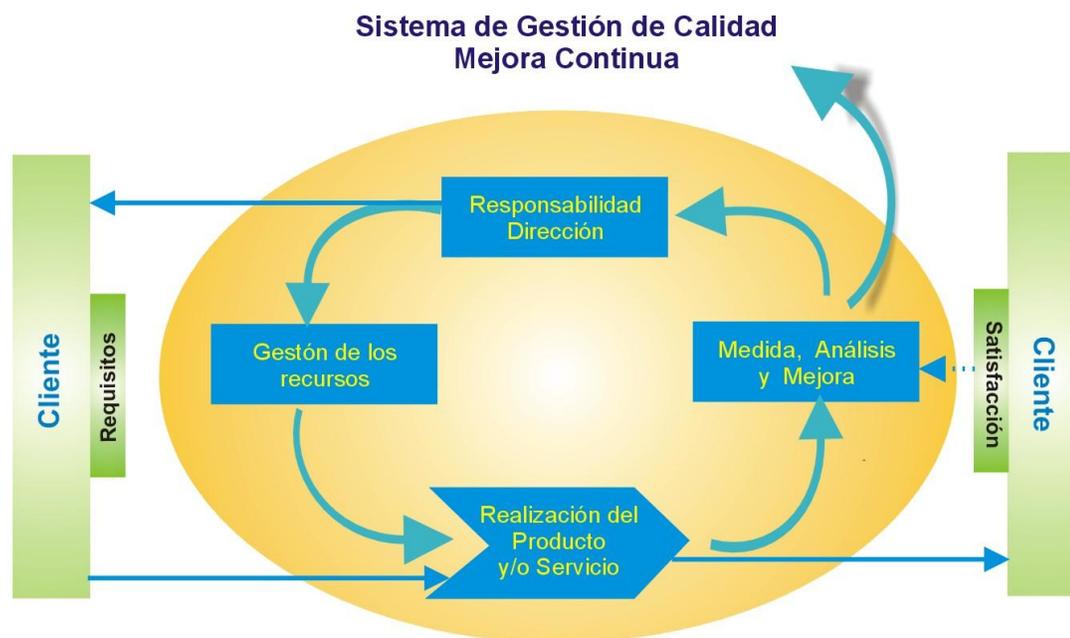
Enfoque basado en el cliente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Gestión de reclamaciones</li> <li>•Identificación de las necesidades del cliente (encuestas, investigaciones de mercado, etc.)</li> </ul>
Compromiso y liderazgo de la dirección	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Compromiso de dirección, apoyo en actividades de mejora, etc.</li> <li>•Creación de comité de calidad.</li> </ul>
Involucrar a todos los miembros de la empresa	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Comunicación de información.</li> <li>•Sistema de sugerencias.</li> <li>•Sistema de reconocimiento de empleados.</li> </ul>
Formación de recurso humano	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Plan de formación individual.</li> <li>•Formación para el puesto.</li> <li>•Programa de formación general.</li> </ul>
Equipos de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Equipos multifuncionales, círculos de calidad, etc.</li> </ul>
Sistema de comunicación adecuado	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Sistema de comunicación en todos los sentidos.</li> <li>•Información del trabajo.</li> </ul>
Planificación de la calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Definición de misión y visión, política de calidad, objetivos de calidad, plan estratégico, control y mejora de planes</li> </ul>
Dirección basada en hechos. (Evaluación continua)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Auditoría de calidad, diagnóstico del negocio, costo de calidad.</li> <li>•Evaluación de desempeño y satisfacción, uso de indicadores.</li> </ul>

Gestión de procesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Manual de calidad, procedimientos del sistema de calidad</li> <li>•Instrucciones de trabajo</li> </ul>
Cooperación con los proveedores	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Auditoría de calidad</li> <li>•Evaluación del proveedor</li> <li>•Acuerdos de calidad concertada</li> </ul>
Mejora Continua	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Ciclo de mejora</li> <li>•Actividades de autoevaluación</li> <li>•Herramientas básicas de calidad</li> </ul>

La siguiente figura muestra el concepto actual que manejan los sistemas de calidad, es decir, la forma en que el concepto ha evolucionado hasta lo que se entiende por proceso de calidad en nuestros días.

**Figura 3.2**

Sistema de Gestión de Calidad. (Tomada de García y Castañares, 2008)



Como se puede apreciar en esta figura, los sistemas de Gestión de Calidad buscan siempre la satisfacción del cliente. Los procesos inician y culminan con el cliente. El cliente es quien marca las pautas o requisitos y el sistema opera a través de las herramientas mostradas con el fin de lograr la satisfacción del cliente.

## 3.2 MODELOS DE CALIDAD

A continuación se mencionan algunos de los modelos conocidos en la actualidad, de donde se extraerán conceptos para el desarrollo del modelo de calidad propuesto por esta tesis.

Entre los modelos que se han utilizado hasta nuestros días podemos mencionar el Kaizen, 5´S, Seis Sigma y las muy conocidas Normas ISO 9000. Se analizarán brevemente los principios que manejan dichos modelos.

### 3.2.1 KAIZEN

**Kaizen** (Japonés para "cambio para mejorar" o "mejoramiento"; el uso común de su traducción al castellano es "mejora continua" o "mejoramiento continuo").

En su contexto se trata a Kaizen como una estrategia o metodología de calidad en la empresa y en el trabajo, tanto individual como colectivo. Kaizen es hoy una palabra muy relevante en varios idiomas, ya que se trata de la filosofía asociada al Sistema de Producción Toyota, empresa fabricante de vehículos de origen japonés.

“¡Hoy mejor que ayer, mañana mejor que hoy!” es la base de la milenaria filosofía Kaizen, y su significado es que siempre es posible hacer mejor las cosas. En la cultura japonesa está implantado el concepto de que ningún día debe pasar sin una cierta mejora.

Durante los años 50 del siglo pasado, en Japón, la ocupación de las fuerzas militares estadounidenses trajo consigo expertos en métodos estadísticos de Control de calidad de procesos que estaban familiarizados con los programas de entrenamiento denominados TWI (*Training Within Industry*) cuyo propósito era proveer servicios de consultoría a las industrias relacionadas con la Guerra.

Los programas TWI durante la posguerra se convirtieron en instrucción a la industria civil japonesa, en lo referente a métodos de trabajo (control estadístico de procesos). Estos conocimientos metodológicos los impartieron W. Edwards Deming y Joseph M. Juran; y fueron muy fácilmente asimilados por los japoneses. Es así como se encontraron la inteligencia emocional de los orientales (la milenaria filosofía de superación), y la inteligencia racional de los occidentales y dieron lugar a lo que ahora se conoce como la estrategia de mejora de la calidad Kaizen. La aplicación de esta estrategia a su industria llevó al país a estar entre las principales economías del mundo.

Este concepto filosófico, elemento del acervo cultural del Japón, se lo lleva a la práctica y no sólo tiene por objeto que tanto la compañía como las personas que trabajan en ella se encuentren bien hoy, sino que la empresa es impulsada con herramientas organizativas para buscar siempre mejores resultados.

Partiendo del principio de que el tiempo es el mejor indicador aislado de competitividad, actúa en grado óptimo al reconocer y eliminar desperdicios en la empresa, sea en procesos productivos ya existentes o en fase de proyecto, de productos nuevos, del mantenimiento de máquinas o incluso de procedimientos administrativos.

Su metodología trae consigo resultados concretos, tanto cualitativos como cuantitativos, en un lapso relativamente corto de tiempo y a un bajo costo (por lo tanto, aumenta el beneficio) apoyado en la sinergia que genera el trabajo en equipo de la estructura formada para alcanzar las metas establecidas por la dirección de la compañía.

Fue Kaoru Ishikawa el que retomó este concepto para definir como la mejora continua o Kaizen, se puede aplicar a los procesos, siempre y cuando se conozcan todas las variables del proceso.

Para hacer posible la mejora continua y lograr los más altos niveles de calidad, aparte de la constancia y la disciplina, se requirieron 6 sistemas fundamentales:

1. Control de Calidad Total
2. Sistema de producción justo a tiempo
3. Mantenimiento productivo total
4. Despliegue de políticas
5. Sistema de sugerencias
6. Actividades en grupos pequeños

### 3.2.2 MÉTODO 5´S

Se puede decir que es la determinación de la organización del sitio de trabajo, buscando mantenerlo limpio y ordenado, además de mantener la disciplina necesaria para realizar un buen trabajo. El nombre de 5´S viene de los 5 principios básicos que fundamentan este modelo. Estos son:

1. **Seiri:** Se puede entender como una clasificación. Es diferenciar entre los elementos necesarios de aquellos que no lo son. Implica separar lo necesario de lo innecesario. Se debe establecer un tope de artículos necesarios para la ejecución del trabajo. Una mirada minuciosa revela que en el trabajo diario sólo se necesita un número pequeño de herramientas. Por lo tanto, lo que no es necesario con frecuencia diaria debe ser retirado.
2. **Seiton:** Corresponde a disponer de manera ordenada todos los elementos que quedan después del Seiri. Es decir, clasificar los artículos por frecuencia de uso y colocarlos como corresponda para minimizar el tiempo de búsqueda y el esfuerzo. Cada artículo debe tener una ubicación, un nombre, especificando la cantidad de artículos que se encuentren.
3. **Seiso:** Significa limpiar el entorno de trabajo, incluyendo máquinas y herramientas, pisos, paredes y toda el área de trabajo. Un operador que

limpie su máquina podrá encontrar defectos que puedan afectar su correcto funcionamiento.

4. **Seiketsu:** Involucra al personal, se refiere al aseo personal a través del uso de ropa de trabajo adecuada, lentes, guantes, zapatos de seguridad, así como mantener un entorno de trabajo saludable y limpio.
5. **Shitsuke:** Es donde se maneja la mejora continua, significa construir autodisciplina y fomentar un compromiso con las 5'S mediante el establecimiento de estándares.

Es una metodología que se caracteriza por ser simple, práctica, fácil de llevar a cabo y permite observar resultados en muy corto plazo.

### 3.2.3 SEIS SIGMA

Seis Sigma es una metodología de *mejora de procesos*, centrada en la eliminación de defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente. La meta de 6 Sigma es llegar a un máximo de 3,4 “defectos” por millón de eventos u oportunidades, entendiéndose como “*defecto*”, cualquier evento en que un producto o un servicio no logra cumplir los requerimientos del cliente.

Obtener 3,4 defectos en un millón de oportunidades es una meta bastante ambiciosa, pero lograda, si se considera que normalmente en un proceso el porcentaje de defectos es cercano al 10%, o sea 100.000 defectos en un millón de instancias. 3,4 defectos en un millón de oportunidades es casi decir “cero defectos”.

Dentro de los beneficios que se obtienen del Seis Sigma están: mejoramiento de la rentabilidad y la productividad. Una diferencia importante con relación a otras metodologías es la *orientación al cliente*.

Fue iniciado en Motorola el año 1982 por el ingeniero Bill Smith, como una estrategia de negocios y mejora de la calidad, pero posteriormente mejorado y popularizado por General Electric.

El proceso para la ejecución del Seis Sigma se caracteriza por 5 etapas bien concretas conocidas como DMAIC, por sus siglas en inglés:

1. D (Definir): Es la fase de definición donde se identifican los posibles proyectos seis sigma que deben ser evaluados para evitar la inadecuada utilización de recursos.
2. M (Medir): La fase de medición consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan el funcionamiento del proceso. A partir de esta caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.
3. A (Analizar): En esta fase, el equipo evalúa los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. Así el equipo confirma los determinantes del proceso que puedan afectar las salidas del mismo.
4. I (Mejorar): Es la fase en la que el equipo trata de determinar la relación causa-efecto (relación matemática entre las variables de entrada y la variable de respuesta que interese) para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. Por último se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso.
5. C (Controlar): La fase de control consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se hayan implementado los cambios.

### 3.2.4 NORMAS ISO 9000

La familia de normas ISO 9000 son normas de "calidad" y "gestión continua de calidad", establecidas por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) que se pueden aplicar en cualquier tipo de organización o actividad sistemática, que esté orientada a la producción de bienes o servicios. Se componen de estándares y guías relacionados con sistemas de gestión y de herramientas específicas como los métodos de auditoría (el proceso de verificar que los sistemas de gestión cumplen con el estándar).

Su implantación en estas organizaciones, aunque supone un duro trabajo, ofrece una gran cantidad de ventajas para las empresas.

Los principales beneficios son:

- Mejorar la satisfacción del cliente
- Mejorar continuamente los procesos relacionados con la Calidad.

Otros beneficios adicionales son:

- Reducción de rechazos e incidencias en la producción o prestación del servicio
- Aumento de la productividad

La familia de normas apareció por primera vez en 1987 teniendo como base una norma estándar británica (BS), y se extendió principalmente a partir de su versión de 1994, estando actualmente en su versión 2000.

La principal norma de la familia es actualmente la: ISO 9001:2000 - Sistemas de Gestión de la Calidad - Requisitos.

Otra norma vinculante a la anterior: ISO 9004:2000 - Sistemas de Gestión de la Calidad - Guía de mejoras del funcionamiento.

Las normas ISO 9000 de 1994 estaban principalmente pensadas para organizaciones que realizaban proceso productivo y, por tanto, su implantación en las empresas de servicios era muy dura y por eso se sigue en la creencia de que es un sistema bastante burocrático.

Con la revisión de 2000 se ha conseguido una norma bastante menos burocrática para organizaciones de todo tipo, y además se puede aplicar sin problemas en empresas de servicios e incluso en la Administración Pública.

Para verificar que se cumple con los requisitos de la norma, existen unas entidades de certificación que dan sus propios certificados y permiten el sello. Estas entidades están vigiladas por organismos nacionales que les dan su acreditación.

Para la implantación, es muy conveniente que apoye a la organización una empresa de consultoría, que tenga buenas referencias, y el firme compromiso de la Dirección de que quiere implantar el Sistema, ya que es necesario dedicar tiempo del personal de la empresa para implantar el Sistema de gestión de la calidad.

## CAPÍTULO 4 - CRITERIOS DE CALIDAD

## 4.1 PROPÓSITO

Los modelos de calidad son herramientas que guían a las Organizaciones a la Continua y a la competitividad.

Para las Organizaciones, un producto o servicio es de calidad cuando satisface las necesidades y expectativas del cliente, otorgando a éste seguridad sobre su uso, fiabilidad de sus funciones esperadas y confianza en un producto o servicio sin fallos y duradero según tiempos establecidos y acordados.

La finalidad de este modelo, es proveer una herramienta que brinde esa seguridad a las compañías dedicadas al desarrollo de urbanizaciones, a fin de que puedan asegurar, mediante su uso, que tanto sus procesos constructivos como sus resultados o producto cumplen con lineamientos y requisitos que representan la satisfacción de las expectativas de los usuarios finales.

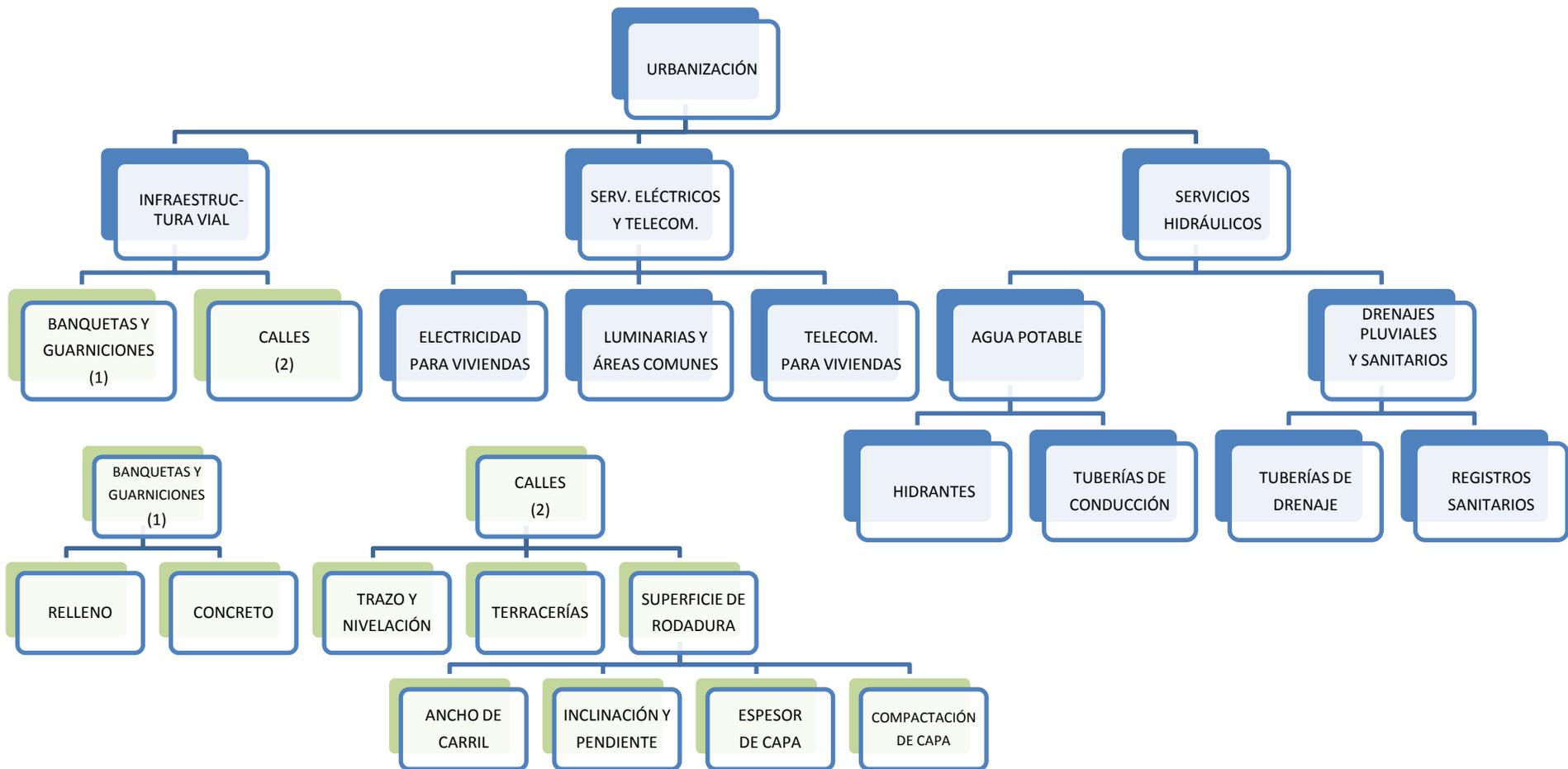
## 4.2 DEFINICIÓN DE CRITERIOS

El primer paso en la elaboración de la herramienta, fue definir los criterios que se tomarían en cuenta al medir la calidad en la infraestructura en un desarrollo inmobiliario.

Estos criterios deberán estar contenidos dentro de procedimientos constructivos que contienen los parámetros y lineamientos que se seguirán para determinar la calidad de los resultados obtenidos.

Para este efecto, se supuso que un fraccionamiento se puede dividir en tres grandes grupos: Infraestructura Vial, Servicios Eléctricos y Telecomunicaciones, Servicios Hidráulicos. Cada grupo se subdividió en las actividades comprendidas por estos, hasta llegar al nivel de criterio que será evaluado por la herramienta.

A continuación, la figura 3.1 ilustra esta subdivisión.



### 4.3 PARÁMETROS DE CALIDAD

A continuación se muestran los diferentes procesos constructivos que serán analizados para establecer los criterios que serán evaluados a fin de determinar la calidad en el producto, que en nuestro caso será un fraccionamiento.

La información presentada a continuación es el resultado de la interacción con desarrolladores inmobiliarios que aportaron sus normas y criterios para obtener una herramienta congruente con la realidad.

<b>PROCEDIMIENTO: <u>Trazo y Nivelación</u></b>		<b><u>Código: PC-01</u></b>
<b>inicial</b>		
<b>Procedimiento:</b>	<b>Puntos Verificables:</b>	
<u>1.- Trazo y nivelación.</u> El trazo y nivelación se harán con equipo topográfico adecuado para esta actividad. Esta actividad se refiere a la delimitación del terreno a utilizar para el desarrollo urbano.	Verificar el cierre topográfico.	
<b>Inspección:</b>	<b>Criterios de Calidad:</b>	
1. Se verificará el cierre topográfico del proyecto.	Para verificar el cierre, la poligonal del trazo tendrá una aproximación lineal de 1/3000 m y de cierre angular de $1'n$ ( $n = \#$ de ángulos medidos).	

<b>PROCEDIMIENTO: <u>Desmante y despalme</u></b>		<b><u>Código: PC-02</u></b>
<b>Procedimiento:</b>	<b>Puntos Verificables:</b>	
<u>1.- Desmante</u> Antes de iniciar el trabajo el contratista deberá verificar los límites dentro de los cuales se hará la limpieza del terreno.		
<u>2.- Despalmes</u> El espesor de despalmes estará dado por el proyecto.	Verificar espesor de despalmes	

<p>Se procederá a un levantamiento topográfico, determinando los niveles naturales del terreno para calcular las cantidades del trabajo una vez terminado.</p> <p>Una vez concluido el trabajo se hará otro levantamiento topográfico para verificar la exactitud del trabajo y cuantificar el volumen de obra.</p>	
<b>Inspección:</b>	<b>Criterios de Calidad:</b>
<p>1. El espesor de despalme se verificará mediante equipos topográficos.</p>	<p>El espesor de despalme deberá ser el indicado en proyecto.</p> <p>Todo material inadecuado deberá ser removido.</p> <p><b>N-CTR-CAR-1-01-002/00</b></p>

PROCEDIMIENTO: <u>Terracerías</u> <span style="float: right;">Código: <u>PC-03</u></span>	
Procedimiento:	Puntos Verificables:
<p><u>1.- Generalidades.</u></p> <p>Antes de iniciar los trabajos de terracerías, deberán haberse terminado los trabajos de alcantarillado y drenajes exteriores, conducciones eléctricas, telefónicas, internet, de riego, de gas y en general todas aquellas que requieran la excavación de zanjas o pozos en la zona de trabajo.</p>	
<p><u>2.- Terreno natural.</u></p> <p>Una vez efectuado el despalme se hará un recorrido por la zona sustituyendo el material orgánico o perjudicial por material de la sub-base.</p> <p>También se removerá el material que localmente presente un exceso de humedad. Se procederá a la compactación del terreno natural en el grado y profundidad señalados en el proyecto,</p>	<p>Verificar Nivel de superficie.</p>

dándose el nivel de subrasante. Esto será determinado por el laboratorio.	
<p><u>3.- Sub-base.</u></p> <p>Se procederá al tendido del material para la sub-base, humedeciendo, mezclando, afinando y compactando en el grado señalado por el proyecto.</p> <p>Tanto el material del lugar como el material de banco traído a sitio deberá ser avalado por laboratorio.</p>	<p>Verificar espesor de sub-base</p> <p>Verificar compactación de sub-base</p> <p>Verificar nivel final de sub-base</p> <p>Verificar ancho de corona</p>
<p><u>4.- Base.</u></p> <p>Se procederá al tendido del material para la base, humedeciendo, mezclando, afinando y compactando en el grado señalado por el proyecto.</p> <p>Todo material de banco traído a sitio deberá ser avalado por laboratorio.</p>	<p>Verificar espesor de base</p> <p>Verificar compactación de base</p> <p>Verificar nivel final de base</p> <p>Verificar ancho de corona</p>
<b>Inspección:</b>	<b>Criterios de calidad</b>
1. Los espesores, niveles de capa y anchos de corona se medirán utilizando equipo de topografía.	<p>La distancia comprendida entre el eje central a la orilla no deberán variar en más de 5 cm.</p> <p>Los niveles de capas no deberán variar en más de <math>\pm 1.5</math> cm para las subbase y <math>\pm 1.0</math> cm para la base.</p> <p><b>N-CTR-CAR-1-04-002/03</b></p>
2. Las compactaciones de capas y subrasante se verificarán con pruebas de laboratorio.	La compactación no será menor al 100% de la especificada en el proyecto.

<b>PROCEDIMIENTO: <u>Pavimentos de Concreto Hidráulico</u></b>		<b><u>Código: PC-04</u></b>
<b>Procedimiento:</b>	<b>Puntos Verificables:</b>	
<p><u>1.- Colado de concreto.</u></p> <p>El concreto deberá depositarse en capas horizontales a tiro directo en la zona donde quedará.</p> <p>El espesor de la capa será de la altura final</p>	<p>Verificar resistencia de concreto.</p> <p>Verificar revenimiento.</p> <p>Verificar ancho de superficie de rodadura.</p>	

de la losa especificada en el proyecto. La temperatura y el revenimiento serán revisados por el laboratorio.	
<u>2.- Vibrado de concreto.</u> El vibrado se hará utilizando vibradores de superficie del tipo de reglas o en algunos casos cuadrillas montadas de cabezas vibratorias de inmersión. Deberá evitarse la sobre vibración, así como el espolvorear cemento para dar el acabado final.	
<u>3.- Curado.</u> Se recubrirá con membranas químicas para asegurar el curado del concreto, en las cantidades indicadas por el fabricante.	
<b>Inspección:</b>	<b>Criterios de Calidad:</b>
1. La resistencia del concreto se verificará mediante pruebas de laboratorio.	Revenimientos menores de 5 cm = $\pm$ 1.5 cm de tolerancia. (Recomendado para carreteras) <b>N-CMT-2-02-005/04</b>
2. El espesor y ancho de la capa de concreto se verificará utilizando equipo topográfico.	La tolerancia en la resistencia a los 28 días de colado de concreto será dictada por el proyecto.
	La distancia comprendida entre el eje central a la orilla no deberán variar en más de 1 cm.

<b>PROCEDIMIENTO: <u>Pavimentos de asfalto</u></b>		<b>Código: PC-05</b>
<b>Procedimiento:</b>	<b>Puntos Verificables:</b>	
<u>1.- Riego de impregnación y liga</u> Se procederá al riego de impregnación con el producto indicado en el estudio de pavimentos. Se cuidará que el volumen regado por unidad de superficie sea el indicado y a la temperatura especificada.		

<p>Después de 1 o 2 días, se hará un riego con arena fina barriendo posteriormente el excedente.</p> <p>Se dará un riego de liga con el material y cantidad indicados en el proyecto, de acuerdo con especificaciones del laboratorio.</p>	
<p><u>2.-Tendido de carpeta.</u></p> <p>La mezcla asfáltica, preparada en planta con los agregados y cementantes de calidad, fijada por el proyecto, se tenderá en el ancho y espesor fijados.</p>	<p>Verificar espesor de carpeta.</p> <p>Verificar ancho de carpeta.</p> <p>Verificar nivel final de la carpeta.</p>
<p><u>3.- Compactación.</u></p> <p>Se iniciará la compactación utilizando un rodillo liso tipo tándem adecuado para dar un acomodo inicial a la mezcla, realizando el recorrido de las orillas de la carpeta hacia el centro en las tangentes y del lado interior al exterior de las curvas.</p> <p>Finalmente se hará la compactación de la mezcla, utilizando compactadoras de llantas neumáticas hasta alcanzar el 95% del peso volumétrico máximo que fije el proyecto.</p>	<p>Verificar porcentaje de compactación.</p>
<b>Inspección:</b>	<b>Criterios de Calidad:</b>
<p>1. El espesor y ancho de la carpeta se medirá utilizando equipo topográfico.</p>	<p>La distancia comprendida entre el eje central a la orilla no deberán variar en más de 1 cm.</p> <p><b>N-CTR-CAR-1-04-006/00</b></p>
<p>2. El nivel de la carpeta se medirá utilizando equipos topográficos.</p>	<p>No se aceptarán variaciones en los niveles y espesores mayores a +/-1 cm.</p>
<p>3. Se verificará la compactación de la superficie de rodadura mediante pruebas de laboratorio.</p>	<p>El porcentaje de compactación de la superficie será dictado por el proyecto.</p>

<b>PROCEDIMIENTO: <u>Banquetas y Guarniciones</u></b>		<b><u>Código: PC-06</u></b>
<b>Procedimiento:</b>	<b>Puntos Verificables:</b>	
<p><u>1.- Concreto</u> Para las guarniciones y banquetas se usará concreto de resistencia indicada por el proyecto.</p>		
<p><u>2.- Colado y pulido de guarniciones.</u> Antes de proceder al vaciado deberá humedecerse la base. Inmediatamente después se procederá al vaciado en capas de espesor no mayor a 15 cm. La sección de la guarnición será la indicada por el proyecto. La cimbra contará con dispositivos que permitan hacer los boleados de la corona, la cual se pulirá, debiendo quedar con pendiente proyectada.</p>		
<p><u>3.- Juntas de guarniciones.</u> Se harán juntas de dilatación que coincidan con los cortes de la losa, dejando una holgura de 3 mm, la que se rellenará el material que especifique el proyecto.</p>		
<p><u>4.- Banquetas de concreto hidráulico.</u> La superficie será consolidada previamente donde se rellenará y compactará con material de relleno. Se procederá al vaciado de concreto en moldes que en el sentido longitudinal tengan un máximo de 2 metros y en el sentido transversal abarquen la distancia entre el paramento y la guarnición, salvo que el proyecto especifique otra cosa. El espesor de la banqueta será especificado en el proyecto, mas no será menor que 5 cm.</p>	<p>Verificar espesor de banqueta Verificar ancho de banqueta</p>	

<p><b>5.- Colados de concreto de banquetas.</b></p> <p>El colado de concreto se podrá hacer de dos formas, continua o alterna.</p> <p>En forma continua la longitud del colado será proporcional a un módulo de 2 m con el objeto de que, posteriormente, con la ayuda de una máquina de disco se practique un corte de profundidad equivalente a un tercio el espesor de la capa.</p> <p>En forma alterna se vaciarán los colados proporcionalmente a un módulo de 2 m como máximo, de manera que al quitar los moldes, las piezas coladas confinen a las nuevas.</p>	
<p><b>Inspección:</b></p>	<p><b>Criterios de calidad:</b></p>
<p>1. Las resistencias de concreto se verificarán con pruebas de resistencia en laboratorio.</p>	<p>La resistencia y tolerancia serán dictados por el proyecto.</p>
<p>2. El espesor, ancho y largo de módulos de banquetas se medirá utilizando equipo topográfico.</p>	

<p><b>PROCEDIMIENTO: <u>Instalaciones eléctricas</u></b> <span style="float: right;"><b><u>Código: PC-07</u></b></span></p>	
<p><b>Procedimiento:</b></p>	<p><b>Puntos Verificables:</b></p>
<p><b><u>1.- Generalidades.</u></b></p> <p>Deberá tomarse en cuenta siempre la protección adecuada contra errores de operación, así como defensas que eviten el contacto accidental de las personas con conductores y partes vivas de los elementos del sistema. Así mismo los dispositivos de protección automática a los circuitos para condiciones anormales de funcionamiento, deberán estar instalados antes de la energización del</p>	

sistema.	
<b>2.- Tuberías.</b> El tipo y diámetro de tubo se especificará en el proyecto.	Verificar diámetro de tuberías Verificar material de tuberías Verificar las guías para cableado
<b>Inspección:</b>	<b>Criterios de Calidad:</b>
1. Los diámetros de tuberías se medirán con un dispositivo de medición que permita realizar el trabajo.	Los diámetros de las tuberías deberán ser los especificados por el proyecto.
2. El material de las tuberías y guías de cableado se revisarán por inspección visual.	Todas las tuberías deberán contar con la guía para el cableado.

<b>PROCEDIMIENTO: <u>Instalaciones eléctricas para áreas comunes (Luminarias)</u></b>		<b><u>Código: PC-08</u></b>
<b>Procedimiento:</b>	<b>Puntos Verificables:</b>	
<p><u>1.- Generalidades:</u> El proyecto de la red eléctrica se realizará conforme al proyecto fotométrico y según la curva de distribución de la luminaria a utilizar será la distancia interpostal y la altura de montaje correspondiente que dicte dicho proyecto.</p> <p>El calibre del conductor de la red a utilizar será el que dicte el cálculo de caída de tensión. El cableado de poste será calibre 10 en cobre. Se deberán instalar controles independientes con interruptor, contactor y fotocontrol. El balastro debe ser de bajas pérdidas.</p>	Verificar distancia entre postes.	

<p><u>2.- Canalización:</u> Se hará con una profundidad de 60 cms. para la instalación del tubo PAD que alojará el conductor.</p>	<p>Verificar que la profundidad de la cepa sea la adecuada.</p>
<p><u>3.- Colocación de registros:</u> Los registros para el alumbrado público serán en pie de poste y sus dimensiones variarán de acuerdo al uso.</p>	<p>Verificar que las dimensiones de registros cumplan con especificaciones de planos.</p>
<p><u>4.- Colado de anclas:</u> Se colocarán según lo requiera la altura del poste, los tamaños y cantidad de acero requerida para cada ancla</p>	<p>Verificar que las anclas cumplan con las especificaciones de planos.</p>
<p><b>Inspección:</b></p>	<p><b>Criterios de calidad:</b></p>
<p>1. Distancia entre luminarias.</p>	
<p>2. Calibre del conductor se verificará por inspección visual</p>	<p>El calibre deberá ser el indicado por el proyecto. <b>NOM 001-SEDE-2005</b></p>

<p><b>PROCEDIMIENTO: <u>Previsiones para telecomunicaciones</u></b> <span style="float: right;"><b><u>Código: PC-09</u></b></span></p>	
<b>Procedimiento:</b>	<b>Puntos Verificables:</b>
<p><u>1.- Generalidades instalaciones de telefonía:</u> El proyecto deberá ser proporcionado por la compañía prestadora del servicio. <b>RED PRINCIPAL</b> Abarca la primera fase de enlace entre el distribuidor general de la central y las mufas de las cajas de distribución  <b>RED SECUNDARIA</b> Parte de las cajas de distribución y se dispersa por calles y avenidas hasta las terminales, mismas que deben quedar lo más cercanas al domicilio del cliente</p>	

<p><b>2.- Materiales utilizados:</b>          Todos los materiales y elementos utilizados en las instalaciones, cuyo uso esté destinado a las telecomunicaciones (Telefonía y cable), tales como tubos PVC, canalizaciones, pozos, minipostes, flexoductos, registros de paso, conexiones deberán cumplir con medidas, cantidades y especificaciones proporcionadas por el proyecto.</p>	<p>Verificar diámetro de tuberías.          Verificar cantidad de tubos.          Verificar el tipo de pozo.          Verificar que el tipo de minipostes sea el correcto.          Verificar diámetro de canalización.</p>
<b>Inspección:</b>	<b>Criterios de Calidad:</b>
1. Se deberán medir los diámetros de los tubos.	Los diámetros deberán ser los indicados en el proyecto.
2. Se deberá revisar la ubicación de registros y minipostes.	
	NOM 001 SEDE 2005.

<b>PROCEDIMIENTO: <u>Instalaciones hidráulicas (agua potable)</u></b> <span style="float: right;"><b><u>Código: PC-10</u></b></span>	
<b>Procedimiento:</b>	<b>Puntos Verificables:</b>
<p><u>1.- Tuberías.</u>          Para la alimentación de agua potable, se utilizarán tuberías de material, diámetros y calibres especificados en el proyecto.          Se utilizarán conexiones de codos, tes, yes, reducciones, etc., en los diámetros especificados.</p>	<p>Verificar diámetro de tuberías.          Verificar calibre de tuberías.          Verificar resultados de pruebas de hermeticidad</p>
<b>Inspección:</b>	<b>Criterios de Calidad:</b>
1. Los diámetros y calibres de tuberías se medirán utilizando un dispositivo de medición que permita realizar el trabajo.	<p>La hermeticidad en tomas domiciliarias se verificará a una presión de 7.5 Kg/cm<sup>2</sup> durante 3 minutos. La presión no deberá variar.  <b>NOM-002-CNA-1995</b></p>
2. Las pruebas de hermeticidad se realizarán presurizando la red y verificando que no exista variación	La longitud máxima de prueba será de 300 ml.

durante el tiempo especificado.	
---------------------------------	--

<b>PROCEDIMIENTO: <u>Drenajes sanitarios y pluviales</u></b>		<b><u>Código: PC-11</u></b>
<b>Procedimiento:</b>	<b>Puntos Verificables:</b>	
<u>1.- Excavación.</u> El ancho de excavación será en función del diámetro de la tubería.		
<u>2.- Plantilla.</u> Será una cama perfectamente nivelada y compactada con un espesor mínimo de 10 cm.		
<u>3.- Tuberías y pozos de visita.</u> Las tuberías deberán ser del tipo y diámetro especificado por el proyecto. Los pozos de visita deberán cumplir con las especificaciones del proyecto tanto en forma y material como ubicación.	Verificar tipo y diámetro de tubería. Verificar pendiente de tubería. Verificar desviaciones horizontales y verticales. Verificar ubicación de pozos.	
<u>4.- Acostillado y relleno.</u> El acostillado se deberá realizar manualmente, el material deberá acomodarse debajo de la tubería hasta 30 cm por encima del lomo. El relleno se hará con material de la excavación sin piedras o material de banco o la mezcla de ambos en la proporción dictada por el laboratorio.		
<u>5.- Prueba de hermeticidad.</u> Al realizar la prueba hidrostática, se deberán dejar descubiertas las juntas (coples y campanas), las descargas tendrán un tapón hermético y serán tapadas las tuberías de los pozos de visita con balones o tabiques de jalcreto pegados con mortero de cemento y arena de río para evitar la salida del agua. Previo al llenado se revisará que no haya	Verificar la fuga de agua al realizar pruebas hidrostáticas.	

<p>basura ni obstrucciones en la línea.</p> <p>Se llenará desde el punto más bajo para expulsar el aire, llenando hasta la altura del brocal o primer escalón.</p> <p>Se verifica que no haya fuga de agua por las silletas de campanas de tubería, codos y plantilla de pozos de visita.</p>	
<b>Inspección:</b>	<b>Criterios de Calidad:</b>
<p>1. Verificar las pendientes, desviaciones verticales y horizontales de los tramos midiendo en campo.</p>	<p>La pendiente de un tramo de tubería entre dos registros seguidos o deberá variar en más del 10% de la pendiente del proyecto.</p> <p>La pendiente mínima de un tramo será de 2%.</p> <p>Para tuberías de hasta 61 cm de diámetro se aceptarán desviaciones verticales y horizontales de hasta 12 mm.</p> <p>Para tuberías de diámetro mayor de 61 cm se aceptarán desviaciones de hasta 14 mm.</p>
<p>2. Se verificarán los diámetros de las tuberías utilizando un dispositivo que permita la medición.</p>	<p>Los tubos deberán tener los diámetros indicados por el proyecto.</p>
<p>3. Se verificará la ubicación de los pozos de visita en campo comparando con los planos.</p>	<p>La localización de un pozo en campo no diferirá de la localización especificada en más de 90 cm medidos en la dirección de la tubería.</p> <p>Los pozos tendrán una separación máxima de 80 ml, para facilitar los trabajos de mantenimiento.</p>
<p>4. Se verificará la hermeticidad de las tuberías mediante pruebas hidrostáticas.</p>	<p>No se deberán presentar fugas en las líneas probadas.</p>
	<b>NOM-001-CNA-1995</b>

<b>PROCEDIMIENTO: <u>Instalación de hidrantes</u></b>		<b><u>Código: PC-12</u></b>
<b>Procedimiento:</b>	<b>Puntos Verificables:</b>	
El fraccionamiento deberá cumplir con la cantidad de hidrantes indicada en el proyecto.	Cantidad y ubicación de hidrantes.	
<b>Inspección:</b>	<b>Criterios de Calidad:</b>	
1. Se verificará la ubicación real de los hidrantes, esta deberá ser congruente con lo detallado en planos.	Los hidrantes deberán estar colocados en el sitio específico de planos, no deberán diferir en más de 0.50 m la ubicación especificada por el proyecto.	

<b>PROCEDIMIENTO: Jardinerías y Áreas Recreativas</b>		<b><u>Código: PC-13</u></b>
<b>Procedimiento:</b>	<b>Puntos Verificables:</b>	
El fraccionamiento deberá cumplir con espacio de área verde y área recreativa que indiquen las autoridades municipales en que se desarrolle el mismo.	Espacio delimitado como área verde y área recreativa del fraccionamiento.	
<b>Inspección:</b>	<b>Criterios de Calidad:</b>	
1. Se verificará en los planos que las áreas verdes y recreativas cumplan con el tamaño indicado en el proyecto.	El área no deberá ser menor a la indicada en el proyecto. El área deberá tener el nivel adecuado con una capa de mínimo 20 cm de tierra vegetal para la posterior colocación de pasto.	

#### 4.4 LISTADO DE PROCEDIMIENTOS

La siguiente tabla muestra, para fines prácticos, un listado de los procedimientos tomados en consideración para la evaluación de la calidad en la infraestructura en un desarrollo inmobiliario.

**Tabla 4.1**

Listado de Procedimientos

LISTADO DE PROCEDIMIENTOS	
IDENTIFICACIÓN	NOMBRE
PC-01	Trazo y Nivelación
PC-02	Desmonte y Despalme
PC-03	Terracerías
PC-04	Pavimentos de Concreto Hidráulico
PC-05	Pavimentos de Asfalto
PC-06	Banquetas y Guarniciones
PC-07	Instalaciones Eléctricas (domicilio)
PC-08	Instalaciones Eléctricas en áreas comunes (Luminarias)
PC-09	Previsión para Telecomunicaciones
PC-10	Instalaciones hidráulicas (Agua Potable)
PC-11	Drenajes Sanitarios y Pluviales
PC-12	Instalación de hidrantes
PC-13	Jardinería y Áreas comunes

#### 4.5 RESUMEN DE VARIABLES

Las variables medibles o contables se resumirán en una tabla para fines prácticos del análisis estadístico. Estas variables son el resultado de los puntos verificables de cada procedimiento constructivo y serán la base del uso de la herramienta, que se centrará en dichas mediciones.

La tabla de resumen tiene cuatro columnas, la primera identifica el procedimiento constructivo al que pertenece la variable, la segunda identifica la variable a medir, la tercera indica la tolerancia y la norma que regula la variable y la cuarta columna indica si la variable es medible o contable<sup>1</sup>.

Todos lo referente al muestreo se definirá en el análisis estadístico.

<sup>1</sup>Las diferencia entre las variables medibles y contables se encuentra en el tercer párrafo en la página 59.

**Tabla 4.2**

Tabla de resumen de variables

Procedimiento	#	Variable	Tolerancia y Norma	Tipo
PC-01	V1	Cierre Topográfico	Cierre Poligonal = 1/3000m Cierre Angular = 1*n <b>Normativa Infonavit</b>	C
PC-02	V2	Espesor de Despalme	Espesor indicado en proyecto <b>N-CTR-CAR-1-01- 002/00</b>	M
PC-03, PC-04, PC-05	V3	Espesor de capa (Subbase, base, asfalto, concreto)	Sub-base = ± 1.5 cm Base = ± 1.0 cm Sup. de rodadura = ± 1.0 cm <b>N-CTR-CAR-1-04- 002/03</b>	M
PC-03, PC-04, PC-05	V4	Nivel final de capa	Sub-base = ± 1.5 cm Base = ± 1.0 cm Sup. de rodadura = ± 1.0 cm <b>N-CTR-CAR-1-04- 002/03</b>	M
PC-03, PC-05	V5	Compactación de capa (Subbase, base, asfalto)	Grado de Comp. = 100% Tolerancia indicada en proyecto <b>N-CTR-CAR-1-04- 002/03</b>	M
PC-04, PC-06	V6	Resistencia de concreto	La tolerancia de la resistencia del concreto a los 28 días del colado será dictada por el proyecto.	M
PC-04	V7	Revenimiento de concreto	Revenimientos menores de 5 cm = ± 1.5 cm de tolerancia.	M

			(Recomendado para carreteras) <b>N-CMT-2-02-005/04</b>	
PC-03, PC-04, PC-05, PC-06	V8	Ancho de corona, o banquetta	La distancia comprendida entre el eje central a la orilla no deberán variar en más de 5 cm. <b>N-CTR-CAR-1-04-002/03</b>	M
PC-08, PC-09, PC-10, PC-11	V9	Diámetro de tuberías	Los diámetros deberán ser exactamente los indicados en el proyecto.	C
PC-08	V10	Distancia entre postes de luz de vía pública	Las distancias entre postes no deberá diferir en más de 0.50 m a la especificación del proyecto	M
PC-08	V11	Calibre del cable conductor de corriente	El calibre del conductor deberá ser exactamente igual al indicado por el proyecto.	C
PC-09	V12	Separación de registros para Cable e Internet	La separación de registros no deberá diferir en más de <b>0.50m</b> la especificación del proyecto.	M
PC-10	V13	Hermeticidad de PVC para agua potable	La hermeticidad en redes domiciliarias se verificará a una presión de 7.5 Kg/cm <sup>2</sup> durante 3 minutos. La presión no deberá variar. <b>NOM-002-CNA-1995</b>	C
PC-11	V14	Hermeticidad en tubos de drenaje	El nivel de agua se deberá mantener constante durante la	C

			prueba. No deberá existir ninguna fuga en el sistema. <b>NOM-001-CNA-1995</b>	
PC-11	V15	Separación de pozos de visita en red sanitaria	La separación de los pozos de visita no deberá variar en más de 0.50 m en la dirección de la tubería.	C
PC-13	V16	Áreas recreativas y Jardinerías	El área designada para recreación y jardinerías no deberá ser menor a lo exigido en el proyecto. Se verificará en plano.	C
PC-13	V17	Espesor de tierra vegetal en áreas comunes	Las áreas verdes deberán contar con mínimo 20 cm de capa de tierra vegetal	C

#### 4.6 CONTROL ESTADÍSTICO

Según K. Ishikawa, el control de calidad consiste en el desarrollo, diseño, producción y comercialización de productos y servicios con una eficacia del coste y una utilidad óptimas, todo ello equilibrado con una compra satisfactoria por parte de los clientes. Para alcanzar estos fines, todas las partes de una empresa (alta dirección, oficina central, fábricas y departamento individuales tales como producción, diseño técnico, investigación, planificación, investigación de mercado, administración, contabilidad, materiales, almacenes, ventas, servicio, personal, formación, relaciones laborales y asuntos generales) tienen que trabajar juntos. Todos los departamentos de la empresa tienen que empeñarse en crear sistemas que faciliten la cooperación y en preparar y poner en práctica fielmente las normas internas. Por esta razón, al control de calidad visto desde esta óptica se le denomina **control calidad total**. Esto solo

puede alcanzarse por medio del uso masivo de diversas técnicas como los métodos estadísticos, las normas y reglamentos, los métodos computarizados, el control automático, el control de instalaciones, la investigación operativa, la ingeniería industrial y la investigación de mercado. (Pérez López, 1999)

El inicio del control estadístico de calidad moderno se remonta a 1924 en Norteamérica, cuando en los laboratorios de la Bell Telephone se aplicaron por primera vez gráficos estadísticos para el control de calidad de productos manufacturados diseñados por Walter A. Shewart. (Pérez López, 1999)

En la década de los cuarenta comenzó el desarrollo y aplicación de tablas de muestreo para inspección, técnica que ya había sido iniciada a finales de las década de 1920 por Harold, Dodge y Roming, y que durante la década de los treinta fue utilizada por el sector manufacturero del sistema Bell, pero no por la industria en general, que aún no reconocía el valor del control estadístico de la calidad.

En 1946 se formó la American Society for Quality Control (ASQC), que promovió el uso de las técnicas de control de calidad para todos los tipos de productos y servicios. (Pérez López, 1999)

A continuación, se muestran algunas herramientas de control estadístico, sus usos e importancia.

#### **4.6.1 HERRAMIENTAS DE DIAGNÓSTICO**

Controles o registros que podrían llamarse “herramientas para asegurar la calidad de una fábrica”, esta son las siguientes:

- Hoja de control (Hoja de recogida de datos)
- Histograma
- Análisis paretiano (Diagrama de pareto)

- Diagrama de Ishikawa: Diagrama de causa y efecto (Espina de Pescado)
- Estratificación (Análisis por Estratificación)
- Diagrama de scatter (Diagrama de Dispersión)
- Gráfica de control

La experiencia de los especialistas en la aplicación de estos instrumentos o Herramientas Estadísticas señala que bien aplicadas y utilizando un método estandarizado de solución de problemas pueden ser capaces de resolver hasta el 95% de los problemas.

En la práctica estas herramientas requieren ser complementadas con otras técnicas como son:

- La lluvia de ideas (Brainstorming)
- La Encuesta
- La Entrevista
- Diagrama de Flujo
- Matriz de Selección de Problemas, etc...

Hay personas que se inclinan por técnicas sofisticadas y tienden a menospreciar, pero la realidad es que es posible resolver la mayor parte de problemas de calidad, con el uso combinado de estas herramientas en cualquier proceso de manufactura industrial:

- Detectar problemas
- Delimitar el área problemática
- Estimar factores que probablemente provoquen el problema
- Determinar si el efecto tomado como problema es verdadero o no
- Prevenir errores debido a omisión, rapidez o descuido
- Confirmar los efectos de mejora

#### 4.6.2 GRÁFICOS DE CONTROL

La idea tradicional de inspeccionar el producto final y eliminar las unidades que no cumplen con las especificaciones una vez terminado el proceso, se reemplaza por una estrategia más económica de prevención antes y durante del proceso industrial con el fin de lograr que precisamente estos productos lleguen al consumidor sin defectos.

Así las variaciones de calidad producidas antes y durante el proceso pueden ser detectadas y corregidas gracias al empleo masivo de Gráficas de Control.

Existen dos tipos de causas de dispersión que afectan los procesos y ocasionan la variación del producto, y también hay, por tanto, dos tipos de variación.

Un tipo de causa es el que hace aparecer la variación en el producto (el resultado del proceso) aunque todos los agentes relacionados con el proceso trabajen siempre en él exactamente igual, y todo el mundo trabaje correctamente, de acuerdo con las normas. Estas son las causas que todavía no están bajo control técnico, pero que están presentes teóricamente e un número casi infinito. Se llaman causas inevitables, causas de azar o **causas no asignables**, y la variación producida por ellas se llama **variabilidad controlada**. (Pérez López, 1999)

Por el contrario, el otro tipo de causas es el que produce alguna anomalía en el proceso y origina una variación particularmente grande. Estas anomalías suelen darse cuando sucede algo que no está previsto por las normas de trabajo o no se siguen éstas. Se llaman causas evitables o **causas asignables**, y la variación debida a ellas se llama **variabilidad no controlada**. (Pérez López, 1999)

Los gráficos de control ayudan en la detección de modelos no naturales de variación en los datos que resultan de procesos repetitivos y dan criterios para detectar una falta de control estadístico. Un proceso se encuentra bajo control estadístico cuando la variabilidad se debe sólo a "causas comunes".

Los gráficos de control de Shewhart son básicamente de dos tipos; gráficos de control por variables y gráficos de control por atributos.

Se denominan "*por variables*" cuando las medidas, conocidas como variables medibles, pueden adoptar un intervalo continuo de valores; por ejemplo, la longitud, el peso, la concentración, etc. Se denomina "*por atributos*" cuando las medidas, conocidas como variables contables, adoptadas no son continuas; ejemplo, tres tornillos defectuosos cada cien, seis personas cada 300, etc.

#### **4.6.2.1 USO DE GRÁFICOS DE CONTROL**

A fin de explicar la forma en que se utilizan estos gráficos de control para analizar la variabilidad de los resultados se propondrán dos ejemplos. Uno de gráficos de control de medias, en base a las amplitudes R. Este es un gráfico para variables medibles. El segundo será el gráfico de control por fracción de unidades no conformes ( $p$ ) que se utilizará para analizar las variables contables.

Para el primer ejemplo, se tiene una tabla de datos que corresponden a medidas de peso volumétrico de un material. Utilizado para determinar el grado de compactación de suelos.

Consiste en 20 muestras de tamaño 5. Cada dato corresponde a la resistencia del espécimen analizado.

**Tabla 4.3**

Tabla de datos para gráficos de control (Tomada de Rico y Del Castillo, 1999)

Muestra No.	1	2	3	4	5	Promedio	Amplitud
1	1800	1750	1700	1650	1600	1700	200
2	1550	1550	1700	1600	1500	1580	200
3	1500	1500	1600	1500	1600	1540	100
4	1600	1650	1650	1600	1750	1650	150
5	1600	1700	1850	1850	1750	1750	250
6	1600	1600	1550	1650	1650	1610	100
7	1650	1650	1800	1600	1550	1650	250
8	1150	1650	1800	1750	1800	1630	650
9	2150	1800	1750	1200	1550	1690	950
10	1800	1750	1800	2050	2050	1890	300
11	1700	1900	1750	1700	1900	1790	200
12	1800	1900	1950	1950	2000	1920	200
13	1800	2000	1750	1300	1650	1700	700
14	1800	1750	1850	1700	1650	1750	200
15	1500	1850	1650	1700	1750	1690	350
16	1400	1550	1650	1650	1650	1580	250
17	1650	1700	1700	1650	1750	1690	100
18	1350	1400	1450	1350	1500	1410	150
19	1750	1800	1450	1350	1600	1590	450
20	1650	1750	1750	1950	1800	1780	300

$\bar{\bar{x}} = \frac{1679.5}{\text{Kg/m}^3}$   
 $\bar{R} = \frac{302.5}{\text{kg/m}^3}$

Como primer paso, se debe calcular el promedio de los valores (peso volumétrico) de cada muestra y de igual forma determinar su amplitud, que no es más que la diferencia entre el valor máximo y valor mínimo de la muestra.

Seguido a esto se debe calcular el promedio de los promedios de los pesos volumétricos de las muestras y el promedio de las amplitudes de la muestra, que serán utilizados al calcular los límites estadísticos.

Los límites estadísticos, son los valores máximos y mínimos que determinan que un proceso esté bajo control. Es decir, que los valores en el gráfico de control se deberán mantener dentro de estos límites, a fin de asegurar que el proceso está controlado y la variabilidad es aceptable.

El tercer paso es el cálculo de los límites estadísticos superior e inferior. Para esto se utilizan las siguientes fórmulas, en el caso de gráfico de medias en base a amplitudes R.

$$\begin{array}{ll} \text{LS} = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} & \text{LS} = \underline{1854.95} \\ \text{LI} = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} & \text{LI} = \underline{1504.05} \end{array}$$

$$A_2 = 0.58$$

El factor  $A_2$ , toma su valor de una tabla de “factores para determinar los límites de control a partir de R”, en base al tamaño de la muestra, en este caso, para muestra tamaño 5,  $A_2 = 0.58$ . Que se puede apreciar en la tabla a continuación.

**Tabla 4.4**

Factores para determinar los límites de control a partir de R (Tomada de Rico y Del Castillo, 1999)

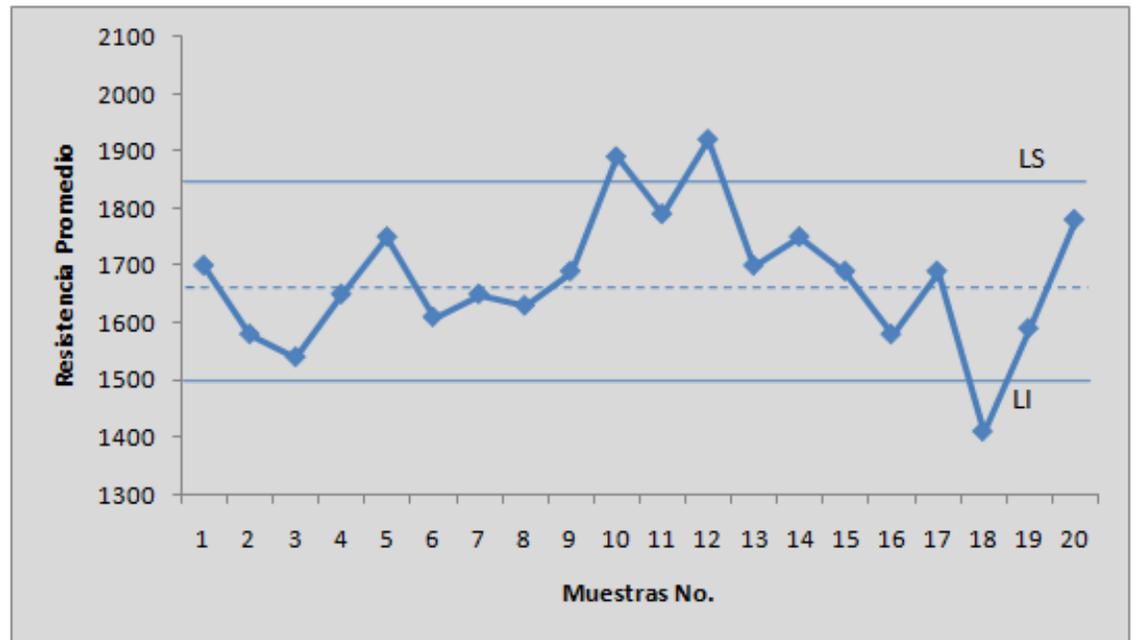
Número de observaciones en el subgrupo	Factor para la gráfica $\bar{x}$	Límite inferior de control	Límite superior de control
n	$A_2$	$D_3$	$D_4$
2	1.88	0	3.27
3	1.02	0	2.57
4	0.73	0	2.28
5	0.58	0	2.11
6	0.48	0	2.00
7	0.42	0.08	1.92
8	0.37	0.14	1.86
9	0.34	0.18	1.82
10	0.31	0.22	1.78
11	0.29	0.26	1.74
12	0.27	0.28	1.72
13	0.25	0.31	1.69
14	0.24	0.33	1.67
15	0.22	0.35	1.65
16	0.21	0.36	1.64
17	0.20	0.38	1.62
18	0.19	0.39	1.61
19	0.19	0.4	1.60
20	0.18	0.41	1.59

Por lo tanto, nos percatamos que el cálculo de los límites es muy sencillo. Una vez calculados los promedios de las muestras y establecidos los límites, procedemos hacia el cuarto y último paso que es la elaboración de los gráficos de control.

En el cual se grafican los valores de los promedios de las muestras. El gráfico resulta de la siguiente manera:

**Figura 4.2**

Ejemplo de gráfico de control de medias



En el gráfico se observan los límites estadísticos superior e inferior y se observa el comportamiento de los resultados del muestreo. Se observa que los promedios de las muestras 10 y 12 se encuentran por encima del límite estadístico superior y que el promedio de la muestra 18 se encuentra por debajo del límite estadístico inferior.

Para el segundo ejemplo, se toma el siguiente ejemplo que consiste en 10 muestras de tamaño 6, donde los resultados de la inspección se presentan en la siguiente tabla. En la columna “Defectuosos” aparece la cantidad de elementos por muestra, que no cumplieron con los requisitos de calidad.

**Tabla 4.5**

Resultados de muestreo para gráfico tipo "P" (Tomado de García y Castañares, 2008)

Muestra No.	Defectuosos	Fracción P
1	0	0
2	1	0.067
3	0	0
4	0	0
5	2	0.134
6	0	0
7	0	0
8	1	0.067
9	0	0
10	0	0

El primer paso es calcular la fracción " $\bar{P}$ " que será utilizada posteriormente en los cálculos.

$$\bar{P} = (\# \text{ de unidades defectuosas}) / (\# \text{ de unidades analizadas})$$

Por lo tanto,

$$\bar{P} = (1 + 2 + 1) / (6 \times 10) = 0.067$$

El segundo paso es calcular los límites estadísticos superior e inferior para lo que se tienen las siguientes ecuaciones.

$$LI = \bar{P} - (3) \frac{\sqrt{\bar{P}(1-\bar{P})}}{\sqrt{n}}$$

$$LS = \bar{P} + (3) \frac{\sqrt{\bar{P}(1-\bar{P})}}{\sqrt{n}}$$

Donde,

$\bar{P}$  = fracción de unidades defectuosas.

$n =$  Tamaño de muestras promedio (Total de elementos/# de muestras)

$$n = (6 \times 10)/10 = 6$$

Por lo tanto,

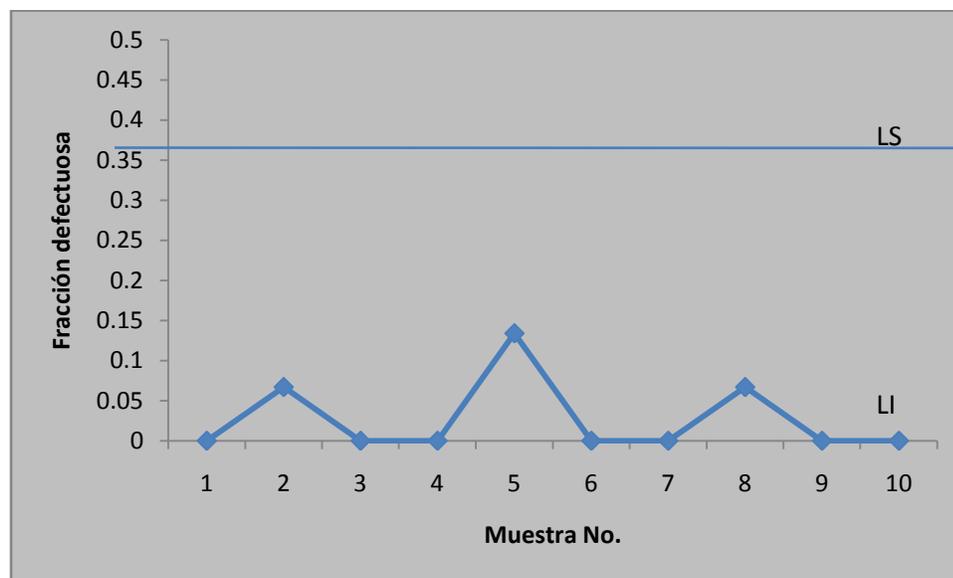
LI = -0.239 (no puede ser menor que 0, por lo que LI = 0)

$$LS = 0.373$$

El tercer paso es graficar las fracciones de elementos defectuosos para analizar la variabilidad.

### Figura 4.3

Ejemplo de gráfico de control tipo "P"



En el gráfico se observan ambos límites, como el resultado del límite inferior resultó negativo, obtiene el valor de 0. No se observa mayor variabilidad en los resultados, estos se encuentran dentro de los límites de control estadístico por lo que se puede concluir que el proceso está controlado en su totalidad.

### 4.6.3 MUESTREO PARA CONTROL DE CALIDAD

Al analizar el resultado de un proceso, se pueden medir todos los elementos resultantes, a fin de asegurar el cumplimiento de especificaciones requeridas exigidas al inicio. Esto sería muy simple si el proceso en estudio tan sólo produjera unos cuantos elementos. Si hablamos de un total de 10,000 productos resultantes, suena un poco ilógico pretender analizar todos y cada uno de los elementos ya que tomaría mucho tiempo y sería muy costoso.

Controlar idealmente cada paso conduce a un perfeccionismo rígido, incompatible con las realidades de la construcción pesada. Definir los puntos vitales y ejercer en ellos una vigilancia razonable y científica parece ser el secreto de un control razonable. (Rico y Del Castillo, 1999)

El muestreo debe tomar en consideración tres factores esenciales. En primer lugar debe ser representativo, es decir, lo suficientemente grande para cubrir las necesidades del control. En segundo lugar debe ser económicamente viable, no deberá tornarse un muestreo más costoso de lo necesario y por último debe estar acorde con la homogeneidad de lo que se muestrea, es decir, los materiales o actividades con tendencia natural a la dispersión deberán muestrearse más que los homogéneos.

Para efectos de esta investigación, el muestreo será por conveniencia. El encargado de la realización de la actividad, escogerá la muestra a analizar por conveniencia conforme se vayan realizando las actividades constructivas de la infraestructura.

Basado en la experiencia del Dr. Salvador García R., asesor de esta investigación se propone medir el 30% de los resultados, esperando que el restante 70% se comporte de manera parecida.

Las muestras se tomarán a cada 50m de separación, tomando en cuenta el inciso H.3.1. de la norma **N-CTR-CAR-1-04-002/03** de la Secretaría de Comunicación y Transporte, que se refiere al criterio de muestreo para el análisis de la compactación de suelos, donde recomiendan que el número de muestras a tomar sea equivalente a  $L/50$ , donde L es la longitud, en metros, de un tramo construido en un día de trabajo.

A continuación, en la siguiente tabla se presenta el criterio de muestreo propuesto para las variables a medir. Este criterio es el resultado de revisión bibliográfica, análisis de proyectos reales y aportes de empresas inmobiliarias a fin de hacer una propuesta económicamente viable, congruente con la realidad y representativa del proyecto total.

A fin de considerar los factores esenciales mencionados anteriormente, se propone muestrear dependiendo del tipo de variable, las condiciones de muestreo para cada variable se presentan a continuación. Los tipos de variable se diferencian entre sí por la forma de tomar las muestras.

#### **4.6.3.1 MUESTREO TIPO I**

El muestreo tipo I, corresponde a las variables V2, V3, V4, V5. El criterio de muestreo a utilizar será el 30% de la longitud total del desarrollo, en mínimo el 30% de la cantidad de calles, procurando medir al menos 5 calles.

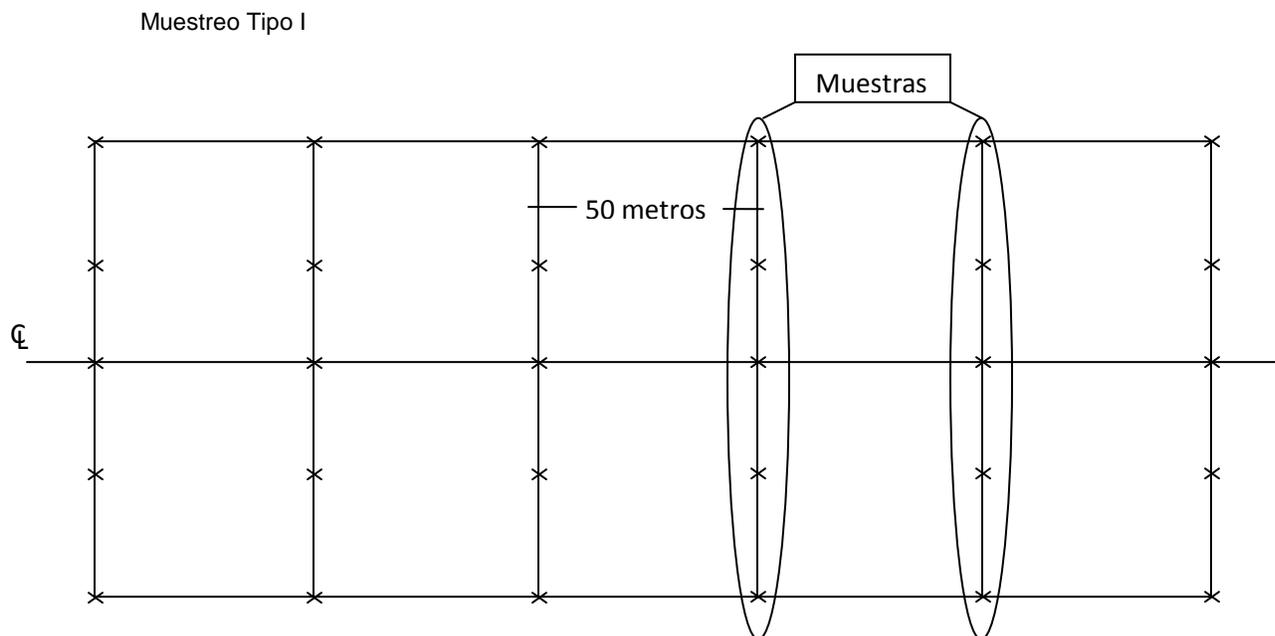
Para explicar este criterio supongamos que tenemos un desarrollo con 4.0 km de longitud total de pavimento y que el fraccionamiento cuenta con 20 calles.

Lo primero será calcular el 30% de la longitud total, que en nuestro caso es igual a 1.2 km y el 30% de 15 calles es igual a 6 calles. Ya que 6 es mayor que el mínimo se tomarán las muestras en 6 calles escogidas al azar. Los 1.2 km se deberán repartir equitativamente en las 6 calles, por lo que en cada calle se analizará una longitud de 200 m.

Las muestras se tomarán a una distancia de 50 m, como indica la figura. Por lo tanto se tendrán un total de  $1200/50 = 24$  muestras.

Si llegara a suceder, que alguna de las calles escogidas son más cortas que la longitud a analizar por calle, se deberán tomar las muestras faltantes de otra calle escogida al azar. Procurando tomar la cantidad de muestras totales necesarias.

**Figura 4.4**



Los tamaños de muestra se especificarán en una tabla al final de la sección.

#### **4.6.3.2 MUESTREO TIPO II**

El muestreo tipo II corresponde a las variables V6, V7, V8, V9, V11. Estas variables, a diferencia de las anteriores, no pueden ser muestreadas a lo ancho de una calle, al contrario, por la naturaleza de las variables, deberán ser muestreadas a lo largo de la vialidad. De igual forma, estas variables son menos críticas que las anteriores, ya que es un poco más difícil encontrar variabilidad en estos resultados que en los resultados de las muestras de tipo I.

Por consiguiente, el criterio utilizado para el muestreo es analizar el 30% del total de las calles del fraccionamiento. Siguiendo con las características utilizadas para el ejemplo anterior, si se tienen 15 calles en el fraccionamiento el número de muestras será 6.

Se procurará distribuir las medidas, de tal manera que se obtengan resultados de inicio, mitad y fin de calle. Sin tener restricción de separación mínima entre medida, como el caso del muestreo tipo I donde se solicita una separación mínima de 50 metros.

Para la medición de las variables V6 y V7, se sugerirá mínimo 5 muestras, procurando obtener resultados de inicio, mitad y fin de calle.

#### **4.6.3.3 MUESTREO TIPO III**

Este tipo de muestreo, corresponde a las variables V10, V12, V13, V14, V15. Que por su naturaleza, no pueden ser analizados igual al resto de las variables.

Se muestreará el 30% de las calles, igual al muestreo tipo II, sólo que en este caso no se podrán graficar los resultados, por lo que el criterio de aceptación depende si se cumplen o no con los requisitos mínimos de calidad.

De igual forma, para el ejemplo se tomarían 6 muestras, es decir, se analizarían 6 calles, correspondiente al 30% del proyecto.

En estas 6 calles se harían igualmente las pruebas de hermeticidad.

#### 4.6.3.4 MUESTREO TIPO IV

Este muestreo corresponde a las variables restantes, es decir, V1, V16 y V17.

Estas variables no se graficarán, al igual que el muestreo tipo III, pero a diferencia de todas las demás no existirá criterio de muestreo, si no que se verificarán solamente que hayan cumplido con los requisitos de calidad.

La siguiente tabla muestra el resumen de las variables, indicando el tipo de muestreo, cantidad y tamaño de muestras requeridas.

**Tabla 4.6**

Resumen de variables por tipo de muestreo.

Variable Número	Tipo Variable	Muestreo Tipo	Número de Muestras	Tamaño de Muestras
V1	C	IV	-	-
V2	M	I	Equivalente a 30% de longitud total dividido entre 50	5
V3	M	I	Equivalente a 30% de longitud total dividido entre 50	5
V4	M	I	Equivalente a 30% de longitud total dividido entre 50	5
V5	M	I	Equivalente a 30% de longitud total dividido entre 50	3

V6	M	II	Equivalente al 30% de la cantidad de calles, 5 muestras por calle.	3
V7	M	II	Equivalente al 30% de la cantidad de calles multiplicado por 5 muestras por calle.	3
V8	M	II	Equivalente al 30% de la cantidad de calles, mínimo 5 calles.	5
V9	C	II	Equivalente al 30% de la cantidad de calles, mínimo 5 calles.	5
V10	M	III	Equivalente al 30% de la cantidad de calles, mínimo 5 calles.	5
V11	C	II	Equivalente al 30% de la cantidad de calles, mínimo 5 calles.	5
V12	M	III	Equivalente al 30% de la cantidad de calles, mínimo 5 calles.	
V13	C	III	Equivalente al 30% de la cantidad de calles, mínimo 5 calles.	-
V14	C	III	Equivalente al 30% de la cantidad de calles, mínimo 5 calles.	-
V15	C	III	Equivalente al 30% de la cantidad de calles, mínimo 5 calles.	-
V16	C	IV	-	-
V17	C	IV	-	-

## CAPÍTULO 5 – CASO DE ESTUDIO

## 5.1 DESCRIPCIÓN

Para el caso de estudio de esta investigación, se cuenta con el apoyo de la Inmobiliaria Tierra y Armonía S.A. de C.V. con sede principal en Guadalajara, Jalisco. Se nos proporcionó la documentación completa del desarrollo inmobiliario “*Campo Real*” ubicado en Zapopan, Jalisco.

El objetivo de este capítulo es realizar el análisis de la información suministrada, a fin de definir la documentación base que deberán manejar las empresas, como requisito inicial para la evaluación de la calidad. De igual forma, con la información proporcionada de registros de control de calidad se intentará poner en práctica la herramienta desarrollada en capítulos anteriores, buscando evaluar la variación en los resultados obtenidos durante la etapa de construcción de la infraestructura del desarrollo inmobiliario mencionado.

## 5.2 DOCUMENTACIÓN BASE DE PROYECTO

Luego del análisis de la información, se define que para fines de evaluación de calidad, las organizaciones deberán mantener como documentación previa lo siguiente:

- ***Licencia de Urbanización:*** Es un documento legal mediante el cual el Ayuntamiento o Autoridad Municipal, a través de su departamento de Obras Públicas, autoriza la realización del desarrollo urbano, del área estipulada por la inmobiliaria para este fin.  
Este permiso es necesario para el inicio de cualquier actividad referente al desarrollo y deberá contar con las firmas y sellos de los funcionarios públicos encargados de la autorización.
- ***Estudio de mecánica de suelos:*** El objetivo principal de este estudio es proporcionar al calculista los elementos necesarios para el diseño de cimentaciones en el área que abarca y proporcionarle un panorama general de las características que forman el suelo.

Es creencia, algo generalizada, que cualquier terreno puede sostener con eficiencia una construcción liviana, por lo tanto, no se requiere de un estudio de suelos. Sin embargo, los hechos demuestran lo contrario. Casas residenciales y otras construcciones livianas han sido muy afectadas debido al desconocimiento de las características del subsuelo.

Este estudio deberá contener como mínimo la metodología a seguir, la descripción del lugar, perfiles estratigráficos, parámetros obtenidos que definan la capacidad de carga admisible del subsuelo.

El estudio deberá ser realizado y presentado por un laboratorio o entidad dedicada a realizar este tipo de trabajos.

- **Presupuesto del proyecto:** Un presupuesto, es un plan de acción elaborado para cumplir un objetivo, expresado en términos financieros. Dicho plan, debe cumplirse dentro de un tiempo específico, bajo condiciones previamente acordadas.

Para desarrollos inmobiliarios, el presupuesto debe mostrar el precio de las actividades previstas, que serán las necesarias para cumplir con el objetivo final del proyecto, que es la construcción de la infraestructura del fraccionamiento.

Dicho presupuesto se podrá presentar en la forma como sea acordada por ambas partes, es decir, a precio alzado, precios unitarios, etc.

- **Planos del Proyecto:** Los planos son representaciones gráficas, a escala que permiten la visualización del elemento a construir. Estos planos son los que dictan las pautas de la construcción a través de medidas y especificaciones técnicas, por lo que deben ser respetados en su totalidad y se convierten en los criterios de aceptación al momento de evaluar la calidad en la construcción.

Los planos del proyecto deberán contener, aparte de la representación gráfica de los elementos, el título o contenido, clave de identificación,

fecha, número de revisión, escala y las firmas tanto del dueño del proyecto y el dibujante, como de las autoridades de la Dirección de Obras Públicas del Municipio donde se vaya a desarrollar la urbanización.

Se deberá contar con el paquete completo de planos para llevar a cabo el desarrollo. Al menos, este paquete deberá contener planos de lotificación, vialidades, redes de drenajes y agua potable, electrificación, telefonía y telecable.

- ***Dictámenes Técnicos para Factibilidad de Servicios Hidráulicos:***  
Son los documentos legales que autorizan las redes de agua potable, drenaje sanitario y drenaje pluvial previstas para satisfacer las necesidades de los futuros usuarios del desarrollo urbano.

Estos documentos legales deberán ser emitidos por las autoridades municipales para los servicios de agua potable y alcantarillados.

### **5.3 ANÁLISIS DE DATOS PARA CONTROL DE CALIDAD**

El análisis de datos se realizará con una combinación de datos reales y ficticios con el fin de demostrar la manera en que se obtendría los resultados al momento de tomar los datos reales de un proyecto.

Se decide proceder de esta manera ya que los criterios de muestreo desarrollados en el capítulo 4 no fueron implementados al momento de ejercer el control de calidad en el fraccionamiento en estudio.

Se seguirá utilizando como fuente de datos el proyecto descrito en este capítulo en párrafos anteriores.

El proyecto cuenta con un total de 13 calles, una longitud total de 2,595 m de pavimento. Estos datos nos servirán más adelante al momento de realizar el muestreo de datos.

### **5.3.1 ANÁLISIS DE COMPACTACIONES DE SUB-BASE DE PAVIMENTO**

Como se muestra en el capítulo 4, las compactaciones corresponden a la variable V5 que utiliza un muestreo tipo I.

Es decir, se analizará el 30% de la longitud total del fraccionamiento, repartido equitativamente en el 30% de la cantidad de calles, analizando como mínimo 5 calles.

En nuestro caso, el 30% de la longitud total es igual a 780 m. El 30% de la cantidad de calles es igual a 4, por lo que se analizarán 5 calles para cumplir con el mínimo, analizando 156 m por calle, obteniendo muestras a un espaciamiento de 50 m, por lo que se tomarán 3 muestras de tamaño 3 por calle, para un total de 15 muestras tamaño 3 del proyecto.

Los resultados de las compactaciones se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 5.1**

Datos de porcentajes de compactación

Muestra No.	Calle	Elementos ( % compactaciones)			Promedio	Amplitud
		1	2	3		
1	Campo Príncipes	90.2	90.5	92.2	90.97	2.00
2	Campo Príncipes	90.4	92.4	90.9	91.23	2.00
3	Campo Príncipes	92.6	90.2	90.5	91.10	2.40
4	Campo Real Pte.	91.9	90.7	92	91.53	1.30
5	Campo Real Pte.	89.9	90	90	89.97	0.10
6	Campo Real Pte.	92	90.5	92.1	91.53	1.60
7	Campo Duque	90	92.7	90.6	91.10	2.70
8	Campo Duque	90.1	91	90.7	90.60	0.90
9	Campo Duque	89.9	90.8	91.3	90.67	1.40
10	Campo Real Ote.	89.9	92.1	90.5	90.83	2.20
11	Campo Real Ote.	90	90.6	91.3	90.63	1.30
12	Campo Real Ote.	91	91.5	90.1	90.87	1.40
13	Campo Paraíso	90.8	91.7	90.5	91.00	1.20
14	Campo Paraíso	91.9	91.3	90.7	91.30	1.20
15	Campo Paraíso	92.3	90	92.7	91.67	2.70

De esta tabla obtenemos los siguientes datos para proseguir con los cálculos.

$$\bar{x} = 91\%$$

$$\bar{R} = 1.63\%$$

De la tabla del capítulo 4, para encontrar la variable  $A_2$  para el gráfico de medias, obtenemos que para un tamaño de muestra = 3,  $A_2$  toma un valor de 1.02.

Se prosigue con el cálculo de los límites estadísticos.

$$LS = \bar{x} + A_2 \bar{R}$$

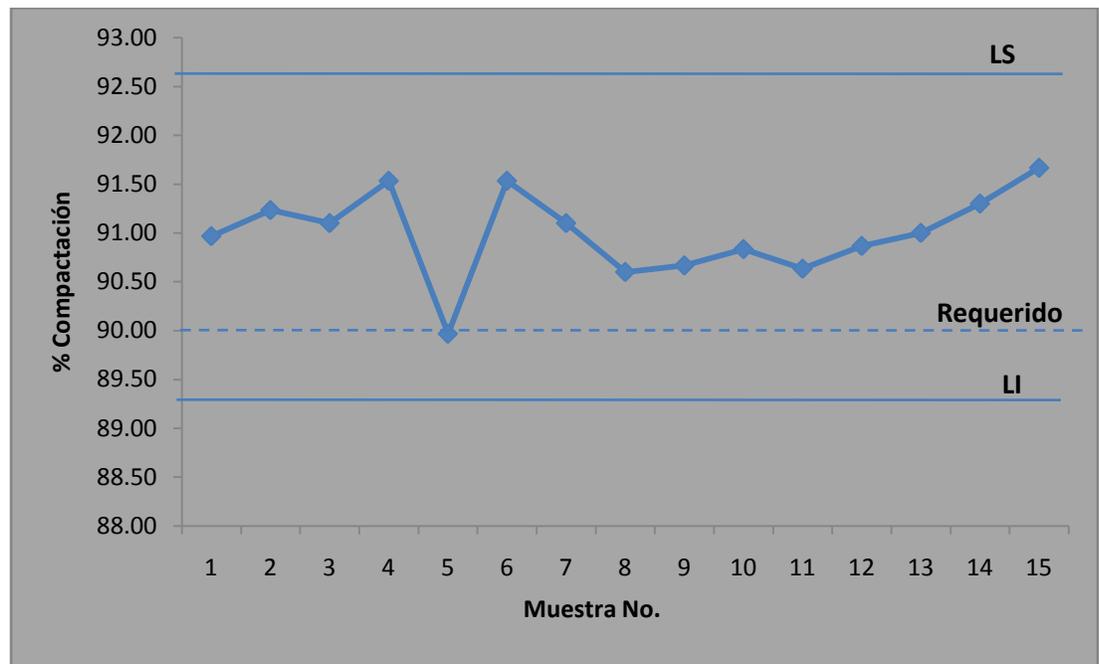
$$LI = \bar{x} - A_2 \bar{R}$$

Entonces,  $LS = 92.66$  y  $LI = 89.34$ .

El gráfico de control resulta de la siguiente manera.

**Figura 5.1**

Gráfico de control para compactación de sub-base de pavimento



### 5.3.2 ANÁLISIS DE ANCHO DE CORONA EN VIALIDAD DE FRACCIONAMIENTO

Como se muestra en el capítulo 4, los anchos de corona corresponden a la variable V8 que utiliza un muestreo tipo II.

Es decir, se analizará el 30% de la cantidad de calles, analizando como mínimo 5 calles.

En nuestro caso, el 30% de la cantidad de calles es igual a 4, por lo que se analizarán 5 calles para cumplir con el mínimo. Se procurará tomar

medidas de inicio, mitad y fin de calle, obteniendo un total de 5 muestras tamaño 5 del proyecto.

Los resultados de las mediciones se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 5.2**

Datos de anchos de corona

Muestra No.	Calle	Elementos ( anchos de corona)					Promedio	Amplitud
		1	2	3	4	5		
1	Campo Príncipes	8.12	8.4	8.22	8.4	8.27	8.28	0.28
2	Campo Real Pte.	8.54	8.68	8.4	8.4	8.4	8.48	0.28
3	Campo Duque	8.4	8.4	8.58	8.35	8.55	8.46	0.23
4	Campo Real Ote.	8.48	8.4	8.47	8.52	8.4	8.45	0.12
5	Campo Blasones	8.4	8.31	8.4	8.4	8.2	8.34	0.20

De esta tabla obtenemos los siguientes datos para proseguir con los cálculos.

$$\bar{x} = 8.40 \text{ m}$$

$$\bar{R} = 0.22 \text{ m}$$

De la tabla del capítulo 4, para encontrar la variable  $A_2$  para el gráfico de medias, obtenemos que para un tamaño de muestra = 5,  $A_2$  toma un valor de 0.58.

Se prosigue con el cálculo de los límites estadísticos.

$$LS = \bar{x} + A_2 \bar{R}$$

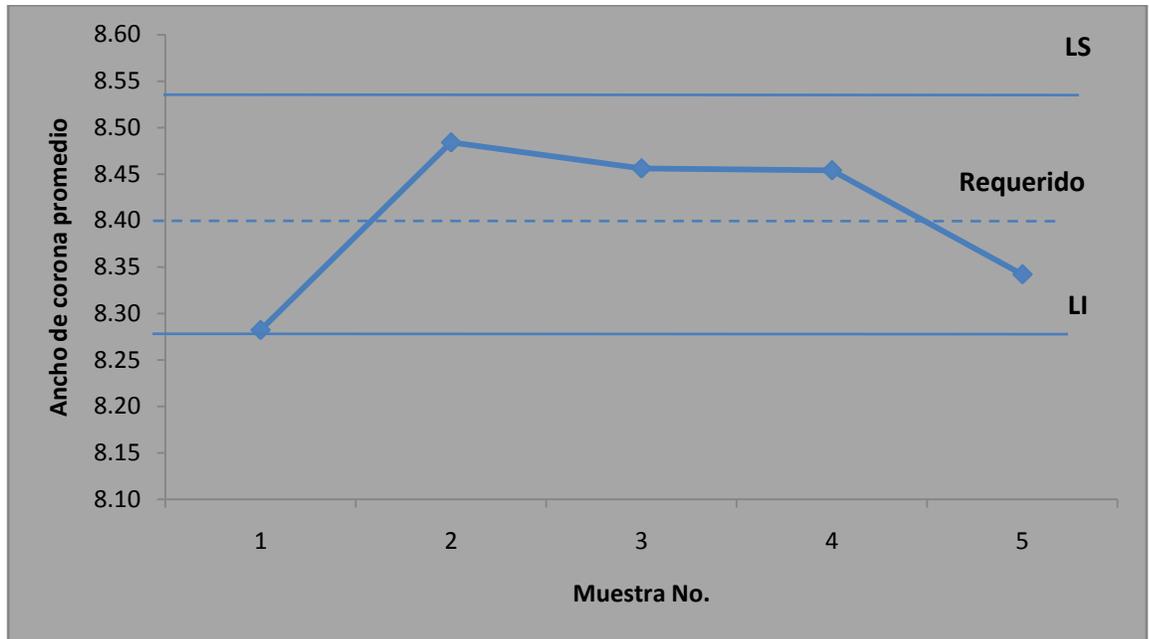
$$LI = \bar{x} - A_2 \bar{R}$$

Entonces,  $LS = 8.53$  y  $LI = 8.27$ .

El gráfico de control resulta de la siguiente manera.

**Figura 5.2**

Gráfico de control para ancho de corona de pavimento



### 5.3.3 ANÁLISIS DE SEPARACIÓN ENTRE POZOS DE VISITA DE LÍNEA SANITARIA

Como se muestra en el capítulo 4, la separación entre pozos de visita corresponde a la variable V16 que utiliza un muestreo tipo III.

Es decir, se analizará el 30% de la cantidad de calles, analizando como mínimo 5 calles.

Como se explicó anteriormente, por la naturaleza de estas variables no es posible obtener una gráfica a partir de estos datos. Por lo que el criterio de aceptación es el cumplimiento del requisito de calidad en todas las medidas analizadas.

Los resultados de las mediciones se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 5.3**

Datos de separación entre pozos de visita de línea sanitaria

Calle	Entre Pozos	Distancia Real	Distancia en Planos	Variación	Cumple sí o no
Campo Real Pte.	152-153	44.32	44.45	0.13	Sí
Campo Real Pte.	153-156	40.83	41.04	0.21	Sí
Campo Real Pte.	156-159	40.12	41	0.88	No
Campo Real Pte.	159-162	41	41.04	0.04	Sí
Campo Real Pte.	162-185	44.98	45.55	0.57	No
Campo Blasones	198-200	21.32	21.12	0.2	Sí
Campo Blasones	200-201	21.05	21.08	0.03	Sí
Campo Blasones	201-202	29.32	29.47	0.15	Sí
Campo Blasones	202-190	29.45	29.47	0.02	Sí
Campo Real Ote.	105-106	44	44.5	0.5	Sí
Campo Real Ote.	106-109	42.61	42.07	0.54	No
Campo Real Ote.	109-112	42.7	42.76	0.06	Sí
Campo Real Ote.	112-115	41.52	41.07	0.45	Sí
Campo Duque	150-53	54.21	54.45	0.24	Sí
Campo Duque	53-53'	62.33	62.87	0.54	No
Campo Duque	53'-186	79.92	79.89	0.03	Sí
Campo Armas	149-196	45.2	45.25	0.05	Sí
Campo Armas	196-195	41.73	41.5	0.23	Sí
Campo Armas	195-194	27.93	27.75	0.18	Sí
Campo Armas	194-192	25.21	25.73	0.52	No

### 5.3.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS

Del ejercicio realizado, se pueden obtener las siguientes conclusiones.

- o La actividad de compactación para la sub-base de pavimento aparenta estarse comportando dentro de los límites estadísticos superior e inferior, por lo que se puede decir que se desarrolla de manera controlada.

Hay que mejorar en intentar llevar los resultados lo más cercano posible a la línea que marca el % de compactación requerido para evitar trabajos de más que pueden estar consumiendo recursos valiosos como tiempo y dinero.

- El ancho de corona de pavimento se encuentra dentro de los límites estadísticos superior e inferior, sin embargo, algunos resultados se encuentran muy cerca a los límites y aunque se encuentren “bajo control estadístico”, estas variaciones representan una amenaza a la calidad entregada por parte del contratista. Es necesario revisar los procedimientos constructivos, equipos utilizados y mano de obra, a fin de encontrar la razón de tal variabilidad y reducirla el máximo posible.
- La calidad entregada por parte del contratista en la separación de los pozos de visita en líneas sanitarias es pobre de acuerdo con los requisitos exigidos por esta herramienta. En cinco de veinte medidas se obtuvo incumplimiento. Una cifra muy alta, por lo que hay que revisar el trabajo realizado en campo y equipo utilizado para encontrar las fallas que generan tanta inconsistencia.

## CAPÍTULO 6 - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## **6.1 RESPUESTA A PROBLEMA PLANTEADO**

La variabilidad de los resultados obtenidos de un proceso, pueden suceder por causas asignables o no asignables, dependiendo de la naturaleza de éstas. Si son efecto de incumplimiento de normas, especificaciones, faltas a procedimientos definidos o alguna otra causa que dependa del personal que ejecuta el trabajo, se puede decir que son asignables. Si la naturaleza de la causa es externa al proceso en estudio, es una causa no asignable.

Es de común conocimiento, que en la industria de la construcción, por su naturaleza artesanal en la gran mayoría de las actividades, muchas de las causas de las variabilidades encontradas en los resultados son asignables.

La herramienta desarrollada en esta investigación, sienta las bases para la medición y control de las variabilidades en la infraestructura de desarrollos inmobiliarios.

Buscando educar a los constructores en materia de calidad en construcción, procurando convencerlos de los beneficios que se pueden obtener a largo plazo si se mantiene una cultura de calidad en el día a día de la industria.

## **6.2 CONFIRMACIÓN DE SUPUESTOS**

A través del análisis de los procedimientos constructivos, que se llevan a cabo para la infraestructura en desarrollos inmobiliarios y gracias al aporte de empresas inmobiliarias nacionales, se pudo desarrollar una herramienta que encerrara los criterios que definen la calidad de una urbanización.

Durante la construcción de un fraccionamiento, al respetar las indicaciones de los procedimientos constructivos redactados y al ejercer control sobre las variables listadas en el capítulo 4, se puede analizar el comportamiento de los resultados obtenidos en campo, identificar puntos de variabilidad e investigar

las causas que pudieron dar lugar a éstas, con el fin de corregirlas y lograr en el futuro, que el producto obtenido mantenga siempre un alto nivel de calidad.

### **6.3 LOGRO DE OBJETIVOS**

A lo largo de toda la investigación, se logró analizar los procedimientos constructivos que se llevan a cabo en la infraestructura urbana, plasmado en 13 procedimientos propuestos de donde se derivan las variables que se proponen controlar.

Se logró definir criterios que determinen la calidad en el producto obtenido y como resultado se desarrolló una herramienta práctica, de fácil aplicación basada en principios estadísticos para ejercer control sobre la producción, que permite identificar los puntos en que los resultados no sean estadísticamente aceptables o presenten altas variabilidades que demuestren la inconsistencia en la realización de actividades cotidianas.

### **6.4 RECOMENDACIONES**

Después de culminada la Tesis, se pueden ofrecer las siguientes recomendaciones para investigaciones futuras referente al control de calidad en infraestructura urbana.

#### ***1. Aplicación a un proyecto actual***

Para efectos del caso de estudio se utilizó un proyecto culminado. A fin de demostrar la utilidad de la herramienta se tuvo que utilizar una combinación de datos reales y ficticios, para poder cumplir con los requisitos de muestreo que permitieran el funcionamiento correcto de los gráficos de control.

Se recomienda la aplicación de la herramienta en etapas tempranas de un desarrollo inmobiliario, con el fin de poder comprobar cómo se reduce

la variabilidad de resultados y se identifican y corrigen las causas que las originan a lo largo del proyecto.

## **2. Ampliar la cantidad de variables**

Es posible que una vez puesta en práctica la herramienta desarrollada, se presenten nuevas variables no consideradas que sería prudente controlar, por lo que de existir esta situación, se recomienda en futuras investigaciones proponer las nuevas variables que pudieran surgir.

## **3. Desarrollar un modelo de calidad completo**

La herramienta desarrollada en esta investigación es sólo una parte de un gran modelo de calidad, que se puede desarrollar utilizando como base la medición propuesta en esta Tesis.

## BIBLIOGRAFÍA

- E. Claver Cortés, J.F. Molina Azorín y J.J. Tarí Guilló (2005). "Gestión de la calidad y gestión medioambiental" Fundamentos, herramientas, normas ISO y relaciones. Pp 22-29.
- J.L. Palacios Blanco (2006). "Administración de la calidad". Pp. 34-39.
- C. Pérez López (1999). "Control estadístico de la calidad" Teoría, práctica y aplicaciones informáticas. Pp. 73-80-
- A. Rico Rodriguez y H. Del Castillo (1999). "La Ingeniería de suelos en las vías terrestres" Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas. Pp. 561, 582-584.
- C. Camisón, S. Cruz, T. González (2007). "Gestión de la calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas"
- Beatriz A. Rivera Z. (2005). Manual de Implementación del Aseguramiento de Calidad en la Industria de la Construcción. Tesis Maestro en Administración de Construcciones. ITESM. (2005) Monterrey, N.L., México.
- Julio César Pacheco (2008). Modelo de Coordinación de Proyectos durante la Fase de Urbanización en Proyectos Inmobiliarios. Tesis Maestro en Administración de Construcciones. ITESM. (2008) Monterrey, N.L., México
- Low Sui Pheng y Jasmine Ann Teo (2004). "Implementing Total Quality Management in Construction Firms". J. Mgmt in Engrg. Volume 20 No. 1 Pp.2-3
- Burati Jr., Matthews, Kalidindi (1992). "Quality Management Organization and Techniques". J. Mgmt in Engrg. Volume 118 No. 1 Pp.121-122
- Saarinen Jr., Hobel (1990). "Setting and Meeting Requirements for Quality". J. Mgmt in Engrg. Volume 6 No. 2 Pp.178-181
- Burati Jr., Matthews, Kalidindi (1991). "Quality Management in Construction Industry". J. Mgmt in Engrg. Volume 117 No. 7
- Newton, Christian (2005). "Impact of Quality on Building Costs". J. Mgmt in Engrg. Volume 12 No. 4
- Secretaría de comunicación y transporte. (2004). Norma N-CMT-2-02-005/4. Libro CMT. Características de los materiales. Pp4-5

- Secretaría de comunicación y transporte. (2003). Norma N-CTR-CAR-1-04-002/03. Libro CTR. Construcción. Pp7-8
- Secretaría de comunicación y transporte. (2004). Norma N-CMT-2-02-005/4. Libro CMT. Características de los materiales. Pp4-5
- Secretaría de comunicación y transporte. (2000). Norma N-CTR-CAR-1-04-006/00. Libro CTR. Construcción. Pp13,14,18.
- Secretaría de Energía. (2005). Norma NOM-001-SEDE-2005. Aprobada en la cuarta sesión ordinaria del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas, celebrada el 8 De Noviembre De 2005.
- Secretaría General de Gobierno del Estado de Nuevo León. Ley de Ordenamiento Territorial de los Asentamientos Humanos y de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León. Publicada en el Periódico Oficial del Estado de fecha 3 de Marzo de 1999. Pp. 68, 71,72, 75.