



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

**ANÁLISIS DE CALIDAD, ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL  
ADOQUÍN, DE ACUERDO A NORMA COGUANOR NTG41086 PRODUCIDO POR  
LA EMPRESA GRUPO FORTE, S.A.**

**José Jorge Román García**

Asesorado por el Ing. Andrés Manuel Remis Salguero

Guatemala, agosto de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE CALIDAD, ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL  
ADOQUÍN, DE ACUERDO A NORMA COGUANOR NTG41086 PRODUCIDO POR  
LA EMPRESA GRUPO FORTE, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOSÉ JORGE ROMÁN GARCÍA**

ASESORADO POR EL ING. ANDRÉS MANUEL REMIS SALGUERO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Aldo Ozaeta Santiago
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Perez Rodriguez
EXAMINADOR	Ing. Alex Suntecun Castellanos
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**ANÁLISIS DE CALIDAD, ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL  
ADOQUÍN, DE ACUERDO A NORMA COGUANOR NTG41086 PRODUCIDO POR  
LA EMPRESA GRUPO FORTE, S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 31 de mayo de 2016.

  
**José Jorge Román García**

Guatemala, junio de 2018

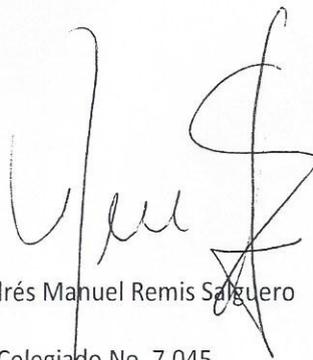
Ingeniero  
Cesar Ernesto Urquizú Rodas  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería, USAC

Ingeniero Urquizú Rodas:

Por este medio hago constar que he revisado el trabajo de graduación titulado: **"ANÁLISIS DE CALIDAD, ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL ADOQUÍN, DE ACUERDO A NORMA COGUANOR NTG41086 PRODUCIDO POR LA EMPRESA GRUPO FORTE, S.A."** del estudiante universitario **José Jorge Román García** con carné número 2012-20171 y quien se identifica con el **CUI: 2567204362201**. Por lo cual considero que cumple con todos los lineamientos correspondientes y la doy por aprobado.

Sin otro particular, me despido.

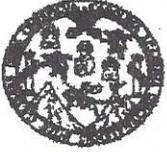
Atentamente,



Ing. Andrés Manuel Remis Salguero

Colegiado No. 7,045

*Andrés Manuel Remis Salguero*  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO 7045



REF.REV.EMI.069.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS DE CALIDAD, ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL ADOQUÍN, DE ACUERDO A NORMA COGUANOR NTG41086 PRODUCIDO POR LA EMPRESA GRUPO FORTE, S. A.** presentado por el estudiante universitario **José Jorge Román García**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

*Ing. Renaldo Girón Alvarado*  
COLEGIADO 5977

Ing. Renaldo Girón Alvarado  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, julio de 2018.

/mgp



REF.DIR.EMI.102.018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS DE CALIDAD, ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL ADOQUÍN, DE ACUERDO A NORMA COGUANOR NTG41086 PRODUCIDO POR LA EMPRESA GRUPO FORTE, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **José Jorge Román García**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Juan José Peralta Dardón  
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2018.

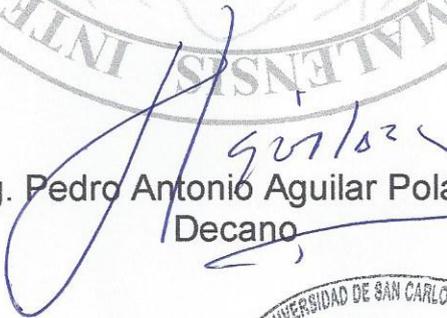


/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS DE CALIDAD, ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL ADOQUÍN, DE ACUERDO A NORMA COGUANOR NTG41086 PRODUCIDO POR LA EMPRESA GRUPO FORTE, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **José Jorge Román García**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, agosto de 2018



/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por permitirme estar acá, por ser mi guía y no abandonarme nunca.
<b>La Virgen María</b>	Por ser luz e interceder por mí, porque sé que siempre ha estado a mi lado.
<b>Mis padres</b>	Jorge y Mayra, por su apoyo incondicional, por su paciencia y sus consejos.
<b>Mis hermanas</b>	Jana y Malu, por estar siempre conmigo.
<b>Mi familia en general</b>	Por creer y confiar en mí; por alentarme a culminar con éxito todo lo que me he propuesto.
<b>Mis amigos</b>	Por acompañarme, ayudarme y apoyarme en esta travesía llamada Universidad.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por permitirme cumplir mis metas.

**La Facultad  
de Ingeniería**

Por la preparación y formación profesional.

**Mi asesor**

Ingeniero Andrés Manuel Remis Salguero, por su ayuda para realizar este trabajo de graduación.

**Ingeniero**

Reynaldo Girón, por su colaboración en el desarrollo de este trabajo de graduación.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN .....	XV
OBJETIVOS .....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA .....	1
1.1. Descripción de la empresa .....	1
1.1.1. Reseña histórica .....	1
1.1.2. Licencias de manufactura .....	2
1.2. Visión de la empresa .....	2
1.3. Misión de la empresa .....	2
1.4. Áreas dentro de la empresa .....	3
1.5. Estructura Organizacional .....	3
1.5.1. Organigrama .....	3
1.6. Funciones .....	4
1.7. Productos .....	9
2. NORMA COGUANOR NTG 41086 .....	11
2.1. Objeto y campo de aplicación de la norma .....	11
2.2. Definiciones .....	11
2.2.1. Adoquín de concreto .....	11
2.2.2. Pavimento articulado .....	12
2.2.3. Adoquín monocapa .....	13

2.2.4.	Adoquín bicapa .....	13
2.2.5.	Rectángulo inscrito .....	14
2.2.6.	Superficie de desgaste .....	15
2.2.7.	Bisel .....	16
2.2.8.	Adoquín biselado .....	17
2.2.9.	Elemento separador. ....	17
2.2.10.	Largo real.....	18
2.2.11.	Ancho real.....	18
2.2.12.	Espesor real.....	18
2.2.13.	Largo nominal .....	19
2.2.14.	Ancho nominal .....	19
2.2.15.	Espesor nominal (En) .....	19
2.2.16.	Junta estándar (sisa) .....	19
2.2.17.	Unidades especiales .....	19
2.2.18.	Lote .....	20
2.2.19.	Muestra .....	20
2.2.20.	Eflorescencia .....	21
2.3.	Condiciones Generales .....	21
2.3.1.	Materiales .....	21
2.3.2.	Cemento hidráulico.....	21
2.3.3.	Agregados .....	21
2.3.4.	Agua.....	22
2.3.5.	Aditivos .....	22
2.3.6.	Pigmentos.....	22
2.4.	Acabado.....	22
2.4.1.	Condiciones generales .....	22
2.4.2.	Textura.....	23
2.4.3.	Color .....	23
2.4.4.	Delaminación .....	23

2.4.5.	Verificación .....	24
2.5.	Características .....	24
2.5.1.	Características Geométricas .....	24
2.5.2.	Tolerancia .....	25
2.5.3.	Biseles .....	25
2.5.4.	Separadores .....	25
2.6.	Clasificación, designación y uso .....	26
2.6.1.	Clasificación y uso .....	26
2.6.1.1.	Clase A .....	27
2.6.1.2.	Clase B .....	27
2.6.1.3.	Clase C .....	28
2.7.	Clasificación por módulo de ruptura del adoquín .....	29
2.7.1.	Clasificación por absorción .....	29
2.7.1.1.	Absorción de Agua .....	29
2.7.2.	Clasificación por resistencia a la abrasión .....	30
2.8.	Toma de muestras y recepción del producto .....	30
2.8.1.	Toma de muestras .....	31
2.8.2.	Aceptación o rechazo .....	32
2.9.	Marcado del adoquín .....	33
2.10.	Metodología de medición de dimensiones geométricas de los adoquines .....	34
2.10.1.	Especímenes de ensayo .....	35
2.10.2.	Equipo .....	35
2.10.3.	Procedimiento .....	35
2.10.4.	Determinación del rectángulo inscrito .....	36
2.10.5.	Longitud y ancho .....	37
2.10.6.	Espesor .....	37
2.10.7.	Bisel .....	38
2.10.8.	Separadores .....	38

2.10.9.	Capa superficial.....	39
3.	ANÁLISIS DEL PROCESO.....	41
3.1.	Diagnóstico de calidad del adoquín.....	41
3.1.1.	Muestreo y ensayos.....	41
3.1.1.1.	Medición de dimensiones.....	42
3.1.1.1.1.	Resultados medición de dimensiones.....	43
3.1.1.2.	Medición de absorción .....	44
3.1.1.2.1.	Resultados ensayo de absorción .....	45
3.1.1.3.	Módulo de ruptura .....	46
3.1.1.3.1.	Resultados ensayo de compresión .....	49
3.1.1.4.	Resistencia a la abrasión .....	50
3.1.1.4.1.	Resultados ensayo de desgaste .....	53
3.2.	Desperdicio de materia prima y desechos de producto .....	54
3.2.1.	Causado por contaminación.....	55
3.2.2.	Causado por mala planificación .....	56
3.3.	Análisis del control de inventarios de productos terminado .....	57
3.3.1.	Método de inventario .....	57
3.3.2.	Método de almacenaje .....	59
3.3.3.	Pronósticos .....	65
3.4.	Análisis de situaciones de riesgo .....	70
3.4.2.	Diagnóstico de necesidades.....	70

4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	73
4.1.	Aceptación o rechazo, análisis de muestreo y ensayos de laboratorio .....	73
4.2.	Verificación de pronósticos y métodos de inventario .....	76
5.	MEJORAS DEL PROCESO.....	77
5.1.	Aplicación de Norma COGUANOR NTG 41086 para adoquines de concreto fabricados por la Empresa Grupo Forte S.A. ....	77
5.2.	Implementación de métodos de inventarios y pronósticos.....	77
5.3.	Implementación de equipo de Seguridad industrial.....	78
5.4.	Costos asociados.....	81
	CONCLUSIONES .....	83
	RECOMENDACIONES.....	85
	BIBLIOGRAFÍA.....	87



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Organigrama .....	4
2.	Adoquín de concreto.....	12
3.	Pavimento articulado .....	13
4.	Adoquín bicapa .....	14
5.	Rectángulo inscrito .....	15
6.	Superficie de desgaste .....	16
7.	Bisel .....	16
8.	Adoquín biselado .....	17
9.	Elemento separador .....	18
10.	Unidades especiales.....	20
11.	Adoquines sanos y libres de fisuras .....	23
12.	Características geométricas y dimensiones de adoquines definidas en esta norma .....	26
13.	Adoquines clase A .....	27
14.	Adoquines clase B .....	28
15.	Adoquines clase C .....	28
16.	Boleta de despacho .....	34
17.	Calibrador de regla .....	35
18.	Rectángulo inscrito .....	36
19.	Espécimen 4, adoquín de concreto .....	41
20.	Toma de mediciones en especímenes.....	42
21.	Toma de peso seco en especímenes.....	45
22.	Ensayo de ruptura.....	47

23.	Ensayo de ruptura en espécimen 3.....	49
24.	Ensayo de abrasión .....	52
25.	Almacenaje bajo techo .....	60
26.	Almacenaje en cubos .....	61
27.	Almacenamiento en bloque .....	62
28.	Palatización compacta.....	63
29.	Almacenaje ordenado o a hueco fijo .....	64
30.	Sistema de almacenamiento .....	65
31.	Resultado de ensayos elaborados en el Centro de Investigaciones de Ingeniera, Facultad de Ingeniería USAC 1/2 .....	74
32.	Resultados de ensayos elaborados en el Centro de Investigaciones de Ingeniera, Facultad de Ingeniería USAC 2/2 .....	75
33.	Mascarillas antipartículas .....	79
34.	Chalecos fosforescentes .....	80
35.	Señalización.....	80
36.	Rotulación .....	81
37.	Delineadores.....	81

## TABLAS

I.	Características Geométricas .....	24
II.	Clases de Adoquines.....	29
III.	Absorción.....	30
IV.	Resistencia a la abrasión .....	30
V.	Toma de muestras para ensayos de módulo de ruptura, porcentaje de absorción y abrasión.....	31
VI.	Marcado de elementos. ....	33
VII.	Adoquín 1.....	43
VIII.	Adoquín 2.....	43

IX.	Adoquín 3.....	43
X.	Adoquín 1.....	45
XI.	Adoquín 2.....	46
XII.	Adoquín 3.....	46
XIII.	Adoquín 1.....	49
XIV.	Adoquín 2.....	50
XV.	Adoquín 3.....	50
XVI.	Adoquín 4.....	53
XVII.	Adoquín 5.....	53
XVIII.	Adoquín 6.....	54
XIX.	Costos asociados.....	82



## GLOSARIO

<b>Adoquín</b>	Piedra labrada en forma de prisma rectangular para la pavimentación de calles y otros usos.
<b>Adoquín bicapa</b>	Si el adoquín se compone de dos capas de concreto de características diferentes, la capa de desgaste no deberá tener menos de 8 mm de espesor. En ningún momento durante el uso de los adoquines ni durante su ensayo a flexión se debe presentar separación o desprendimiento total o parcial de las dos capas de los adoquines bicapa.
<b>Adoquín Biselado</b>	Adoquín cuya superficie de desgaste está limitada por biseles.
<b>Adoquín de concreto</b>	Elemento compacto de concreto, prefabricado, con la forma de prisma recto, cuyas bases pueden ser polígonos que permiten conformar superficies completas como componente de un pavimento articulado, estos pueden ser bicapa o monocapa.
<b>Adoquín monocapa</b>	Elemento conformado de una sola capa de concreto.
<b>Bisel</b>	Borde inclinado de la cara expuesta de un adoquín.

<b>Eflorescencia</b>	Depósito de sales que se forma sobre una superficie, generalmente de color blanco; la sustancia emerge en solución del interior del concreto o mortero y luego precipita por evaporación.
<b>Elemento separador</b>	Pequeño perfil saliente situado en la cara lateral de un adoquín.
<b>Lote</b>	Es el conjunto de adoquines que se fabrican bajo condiciones de producción uniformes y se somete a inspección como un conjunto unitario.
<b>Muestra</b>	Es el conjunto de adoquines tomado de un lote que sirve para obtener la información necesaria que permita apreciar una o más características de este lote.
<b>Norma COGUANOR</b>	Organismo Nacional de Normalización, adscrito al Ministerio de Economía, lo cual se ratifica en el Decreto No. 78-2005, Ley del Sistema Nacional de la Calidad.
<b>NTG 41086</b>	Esta norma tiene por objeto establecer las características y especificaciones que deben cumplir los adoquines de concreto de cemento hidráulico empleados para tráfico vehicular y peatonal.

<b>Pavimento articulado</b>	Capa de rodamiento conformada por elementos uniformes compactos de concreto, denominados adoquines, que se colocan ensamblados y que debido a su entrelazado y a la conformación de sus caras laterales, permiten una transferencia de cargas desde el elemento que las recibe hacia varios de sus adyacentes, trabajando sólidamente y sin posibilidad de desmontaje individual.
<b>Rectángulo inscrito</b>	Es el rectángulo de mayor área que se puede inscribir dentro de la cara inferior del adoquín.
<b>Superficie de desgaste</b>	Es la cara superior del adoquín la cual soporta directamente el tránsito vehicular y peatonal.



## **RESUMEN**

Debido a las medidas de calidad y seguridad industrial que se presentan en el ramo de la construcción en Guatemala, Grupo Forte ha implementado estándares en sus productos para cumplir las necesidades del cliente, tanto en calidad como en tiempo de despacho. Para eso es necesario verificar las especificaciones y características de productos como el adoquín, compararlos con normas guatemaltecas de calidad ya establecidas, analizar su línea de producción, sus procesos de almacenamiento y tiempos de entrega; volver más eficientes las áreas y disminuir sus costos de producción sin afectar la calidad.



# OBJETIVOS

## General

Análisis de calidad, especificaciones y características del adoquín producidos por la empresa, Grupo Forte S.A. de acuerdo a Norma COGUANOR NTG 41086

## Específicos

1. Evaluar la eficiencia operativa en línea de producción de adoquín realizando muestreos y ensayos en el laboratorio.
2. Identificar áreas críticas en las cuales el proceso de producción puede ser poco eficiente.
3. Analizar los controles y medidas utilizadas por la empresa para el manejo de inventarios.
4. Analizar las causas que provocan desperdicio de materiales en el proceso de producción.
5. Analizar las situaciones de riesgo y seguridad industrial en las instalaciones, para aumentar la eficiencia en la operación.



## INTRODUCCIÓN

Guatemala es una ciudad en constante cambio, en lo que se refiere a construcción; la expansión de la ciudad y de los habitantes de ésta va en aumento. Colonias, edificios, jardines y remodelaciones se ven constantemente en toda la ciudad capital; la durabilidad y calidad con la que se realizan estas construcciones es importante y, es por eso que la empresa, Grupo Forte S.A. es *un grupo industrial sólido, enfocado hacia el diseño y manufactura de soluciones para la industria de la construcción en productos de concreto*, manifestándolo en su eslogan.

La empresa se dedica a la producción de distintos artículos utilizados para la construcción, entre ellos se encuentran algunos como muros de contención y decorativos, geomallas, adoquín de distintos tipos como colonial, modular, modular triangular, angular, tipo H, en cruz, ecológico, bordillos, cunetas, *blocks*, bovedilla, tabiques, entre otros productos. Brindar productos que puedan satisfacer las necesidades de sus clientes y garantizar la durabilidad de los productos es el fin principal de la empresa.

Factores como calidad, sistemas de inventarios y seguridad industrial serán medidos ya que, en conjunto, representan la eficiencia operativa; su evaluación proporcionará una mejora en las distintas áreas del proceso productivo, estos procesos serán propuestos para solventar la situación en la que se encuentra la planta.



# 1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

## 1.1. Descripción de la empresa

Grupo industrial sólido, enfocado hacia el diseño y manufactura de soluciones para la industria de la construcción en productos de concreto.

### 1.1.1. Reseña histórica

Grupo Forte se fundó en el mercado guatemalteco en enero de 2002. Montó su planta con una primera fábrica Súper Block, para la fabricación de bloques livianos, de concreto, variedad de adoquines, bordillos, cunetas y muros de contención.

Su fábrica está totalmente automatizada con lo último en tecnología alemana, tiene una capacidad de producción de aproximadamente 65 000 *blocks*, 300 000 adoquines o 10 km de bordillo por día, la tecnología de Grupo Forte permite la fabricación de productos de la más alta calidad, homogénea garantizada.

Su fábrica cuenta con sistemas de curado adecuada para los productos, permitiendo producir sin limitaciones durante todo el año.

Debido a la demanda de *blocks* y al crecimiento constante en la construcción, Grupo Forte inauguró su segunda planta de producción de origen español en mayo del 2010, con una capacidad de producción de 80 000 *blocks* o 4 600 m<sup>2</sup> de adoquín diario.

### **1.1.2. Licencias de manufactura**

Grupo Forte cuenta con licencia para la manufactura de muros de contención marca RockWood, empresa estadounidense líder en su mercado, para así ofrecer un sistema de seguridad con respaldo internacional y poder compartir la experiencia de muros construidos en todo el mundo y en todo tipo de situaciones demográficas .

Los productos del Sistema de Muros de Contención RockWood, son conocidos mundialmente por su fácil instalación, resistencia, versatilidad y estética, no importa si necesita soportar una carretera, crear un espacio adicional o recrear el paisaje de un área específica.

Los muros de contención de Grupo Forte, ofrecen la mejor solución para el control de todo tipo de talud.

### **1.2. Visión de la empresa**

La visión permite trasladar el enfoque hacia un mismo objetivo en conjunto, la visión de la empresa es la siguiente: “Ser la empresa líder de Centro América en la fabricación de productos prefabricados de concreto, satisfaciendo a nuestros clientes con un producto de alta calidad”

### **1.3. Misión de la empresa**

La misión de una empresa representa su identidad y cuáles son sus actividades futuras, la misión de esta empresa es: “Satisfacer la demanda en prefabricados de concreto, con precios competitivos de acuerdo con los

estándares de calidad y con entregas a tiempo de acuerdo a la necesidad de nuestros clientes”

#### **1.4. Áreas dentro de la empresa**

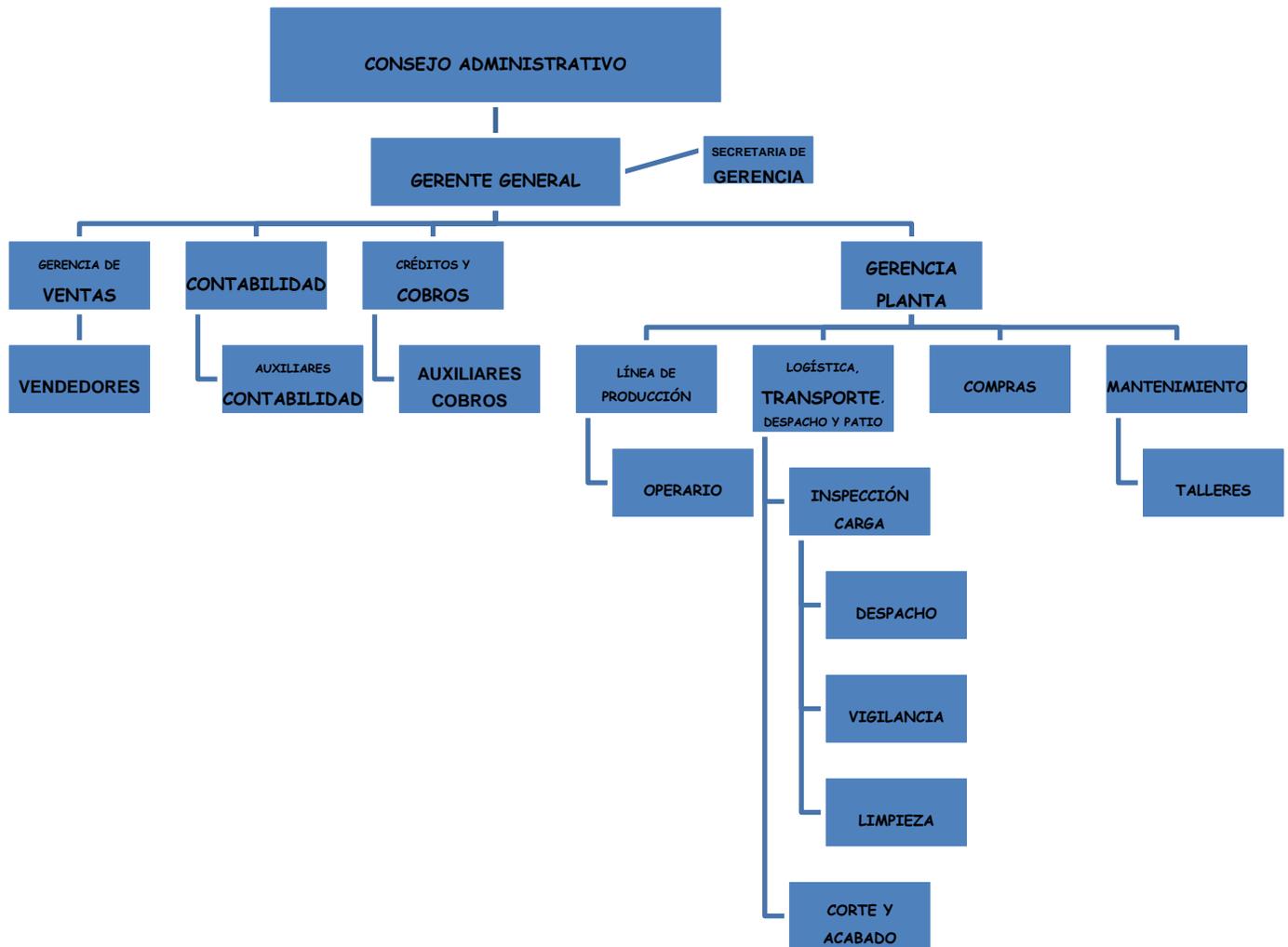
- Consejo administrativo
- Área de Gerencia
- Área de Ventas
- Área de Contabilidad
- Área de Créditos y Cobros
- Área de Gerencia de Planta

#### **1.5. Estructura Organizacional**

Grupo Forte muestra una estructura general de forma piramidal, en ella existen diferentes niveles jerárquicos, ya que la distancia entre los puestos más altos y las posiciones inferiores comprenden varios niveles. La separación entre los niveles se encuentra definida; las áreas se encuentran centralizadas para la que la comunicación sea fluida y rápida, esto ocasiona que la resolución de los problemas sea rápida debido a que los niveles de mando son inmediatos evitando conflictos de autoridad y logrando que el proceso de decisión sea más ordenado.

##### **1.5.1. Organigrama**

Figura 1. Organigrama



Fuente: elaboración propia.

## 1.6. Funciones

Las descripciones de funciones de trabajo sirven para tener una panorámica general de la organización de la empresa y de los perfiles contratados dentro de la misma, estos perfiles son parte de la estrategia de la entidad.

La delimitación de las funciones permite una división de las responsabilidades y del trabajo dentro de la organización, el conocimiento y aptitudes son diferentes en cada persona para desenvolverse en un cargo.

- Consejo Administrativo

Es el encargado de tomar decisiones que afectan a todos los ámbitos de la empresa, evalúa los resultados de la compañía y el desempeño de sus áreas y toma las decisiones en el caso de inversiones importantes.

- Gerente General

Entre sus funciones se encuentran, designar las posiciones gerenciales, evalúa el rendimiento y cumplimiento de las funciones de los departamentos dentro de la empresa, supervisa y desarrolla metas a corto y largo plazo junto con los objetivos y proyecciones anuales.

- Gerencia de ventas

Es el encargado de mantener y aumentar las ventas dentro de la empresa, establecer objetivos, metas y proyecciones que aumenten la utilidad dentro de la misma, gestionar el desempeño de los vendedores y definir los incentivos para ellos, conocer el mercado potencial y hacer eficiente a su recurso humano.

- Vendedores

Este se encarga de mantener una buena relación con los clientes, conocer los productos que la empresa ofrece y buscar y ofrecer los productos de la empresa a clientes potenciales y nuevos.

- Contabilidad

Esta área se encarga de facilitar la información contable dentro de la empresa, lleva el control y registro financiero, compras, ventas, sueldos y pagos de servicios.

- Auxiliares de Contabilidad

Registra las transacciones contables de las operaciones de la compañía, mantiene actualizados los documentos contables y clasifica todos los registros contables.

- Créditos y cobros

Se encarga de evaluar y autorizar nuevos créditos a clientes, planifica las tareas y trata los casos críticos de cobros.

- Auxiliares de Cobros

Son los encargados de realizar los cobros respectivos a los clientes deudores.

- Gerente de Planta

Es el encargado de planificar la forma en que se van a asignar los recursos, velar por el buen funcionamiento de las operaciones de la planta, controlar que los programas de producción se cumplan, coordinar, ejecutar y supervisar toda la operación de la empresa.

- Línea de Producción

Es el encargado de asegurar el desempeño eficiente del personal, verificar que los procesos de la línea de producción se den de una manera adecuada.

- Operario

Es el encargado de manipular la materia prima y todo lo que refiere a la elaboración del producto; verifica el proceso de producción desde su inicio hasta su finalización.

- Logística y Transporte

Sus funciones consisten en prever los requerimientos del cliente, buscar soluciones a problemas futuros de transporte y envío de material y producto, así como la verificación de las mejores rutas al momento de realizar una entrega.

- Inspección de Carga

Al momento de que existe un envío de producto, este tiene que ser verificado utilizando una proforma en donde el vehículo indica lo que va a transportar.

- Corte y Acabado

Este lleva el control de que los productos cumplan con los requerimientos establecidos, desde la materia prima hasta el producto terminado.

- Despacho

Están ligados con el departamento de ventas, ya que estos proporcionan las proformas para realizar los despachos del producto de la bodega.

- Vigilancia

Se encargan de resguardar las instalaciones y la seguridad del complejo.

- Limpieza

Encargados de la limpieza del área administrativa y ventas.

- Compras

Esta área se encarga de la verificación y compra de toda la materia prima y recurso necesario para el funcionamiento de la planta, llevan un control y registro de lo requerido y mantienen la comunicación con los proveedores.

- Mantenimiento

Sus funciones son mantener en buen estado la maquinaria y el equipo que se encuentra en la planta, realizar reparaciones mínimas dentro de las instalaciones o algunos equipos.

- Talleres

Realizan reparaciones específicas en los vehículos y equipos que se encuentran dentro de las instalaciones, llevan los controles del mantenimiento de los montacargas y equipos industriales.

## 1.7. Productos

Grupo Forte cuenta con un amplio portafolio en productos de concreto, lo que le ha permitido constituirse en una empresa sólida en la industria de la construcción; algunos de estos productos son:

- Muroforte, muros de contención y decorativos; estos se encuentran disponibles en tres presentaciones, las cuales se pueden diferenciar por sus medidas: Muroforte plano, Muroforte biselado, Tapadera Muroforte y Geomalla de poliéster de distintas resistencias.
- Paviforte, tipos de adoquines utilizados en caminamientos, calles, rotondas y pasillos. La presentación de estos se basa en apariencia y medidas, las cuales son: Antigua (superficie rústica con apariencia antigua); Colonial (superficie rústica con apariencia colonial); Modular (disponible en tres presentaciones: cuadrado, rectangular y pequeño); Triangular; Angular; H; Cruz y Ecológico.
- Bordillo vial/ residencial. Este tipo de producto se encuentra en tres presentaciones: Bordillo vial, Bordillo residencial recto y Bordillo residencial de paso.
- Cuneta vial/ residencial, este tipo de producto se encuentra en dos presentaciones: Cuneta vial y Cuneta residencial.
- *Blocks* decorativos, Fortebrick, Fachaletas, *Blocks*, Bovedilla Forte y Tabiques, son otros de los productos del portafolio de la empresa Grupo Forte.



## 2. NORMA COGUANOR NTG 41086

### 2.1. Objeto y campo de aplicación de la norma

“La presente norma tiene por objeto establecer las características y especificaciones que deben cumplir los adoquines de concreto de cemento hidráulico empleados para tráfico vehicular y peatonal”<sup>1</sup>.

### 2.2. Definiciones

“En la presente norma encontraremos diferentes tipos de adoquín, a continuación encontraremos algunos de ellos, así como su composición y descripción de los mismos”<sup>2</sup>.

#### 2.2.1. Adoquín de concreto

“Elemento compacto de concreto, prefabricado, con la forma de prisma recto, cuyas bases pueden ser polígonos, que permiten conformar superficies completas como componente de un pavimento articulado, estos pueden ser bicapa o monocapa”<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> *Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086. Objeto y Campo de Aplicación.*  
<https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

<sup>2</sup> *Ibíd. Definiciones.* <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

<sup>3</sup> *Ibíd. Adoquín de Concreto.*  
<https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

Figura 2. **Adoquín de concreto**



Fuente: *Grupo Forte S.A.*

### **2.2.2. Pavimento articulado**

“Capa de rodamiento conformada por elementos uniformes compactos de concreto, denominados adoquines, que se colocan ensamblados y que debido a su entrelazado y a la conformación de sus caras laterales, permiten una transferencia de cargas desde el elemento que las recibe hacia varios de sus adyacentes, trabajando sólidamente y sin posibilidad de desmontaje individual”<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086. Pavimento Articulado. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

Figura 3. **Pavimento articulado**



Fuente: *Departamento de Ventas, Grupo Forte S.A.*

### **2.2.3. Adoquín monocapa.**

“Elemento conformado de una sola capa de concreto”<sup>5</sup>.

### **2.2.4. Adoquín bicapa**

“Si el adoquín se compone de dos capas de concreto de características diferentes, la capa de desgaste no deberá tener menos de 8 mm de espesor. En ningún momento durante el uso de los adoquines ni durante su ensayo a flexión se debe presentar separación o desprendimiento total o parcial de las dos capas de los adoquines bicapa”<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> *Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086. Adoquín Monocapa.*  
<https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

<sup>6</sup> *Ibíd. Adoquín Bicapa.*  
<https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

Figura 4. **Adoquín bicapa**



Fuente: *Grupo Forte S.A.*

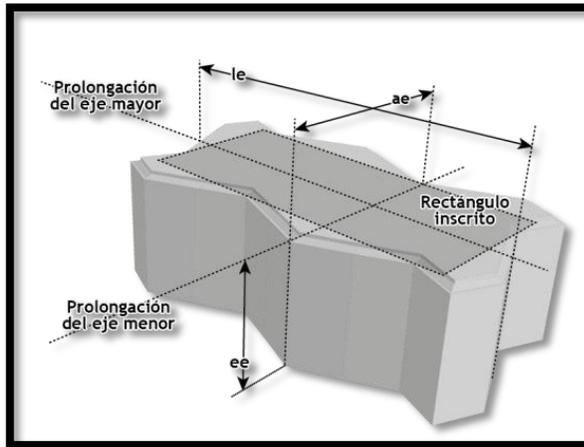
#### **2.2.5. Rectángulo inscrito**

“Es el rectángulo de mayor área que se puede inscribir dentro de la cara inferior del adoquín”<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086. Rectángulo Inscrito. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

Figura 5. **Rectángulo inscrito**



Fuente: <http://www.pavitec.com.ar/unistone-8cm.html>. Consulta: 19/04/2018.

### 2.2.6. **Superficie de desgaste**

“Es la cara superior del adoquín la cual soporta directamente el tránsito vehicular y peatonal”<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> *Ibíd. Superficie de Desgaste.* <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

Figura 6. **Superficie de desgaste**



Fuente: Grupo Forte S.A.

### 2.2.7. **Bisel**

“Borde inclinado de la cara expuesta de un adoquín”<sup>9</sup>.

Figura 7. **Bisel**



Fuente: *Grupo Forte S.A.*

<sup>9</sup> Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086.Bisel.  
<https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

### 2.2.8. Adoquín biselado

“Adoquín cuya superficie de desgaste está limitada por biseles”<sup>10</sup>.

Figura 8. Adoquín biselado



Fuente: *Grupo Forte S.A.*

### 2.2.9. Elemento separador.

“Pequeño perfil saliente situado en la cara lateral de un adoquín”<sup>11</sup>.

<sup>10</sup> Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086. Adoquín Biselado. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

<sup>11</sup> *Ibíd. Elemento Separador.* <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

Figura 9. **Elemento separador**



Fuente: *Grupo Forte S.A.*

#### **2.2.10. Largo real**

“Es igual a la dimensión de la prolongación del eje mayor del rectángulo inscrito hasta donde intercepta las caras del espécimen”<sup>12</sup>.

#### **2.2.11. Ancho real**

“Es igual a la dimensión de la prolongación del eje menor del rectángulo inscrito hasta donde interpreta las caras del espécimen”.<sup>13</sup>

#### **2.2.12. Espesor real**

“Es igual al espesor medido del espécimen perpendicular a la cara de desgaste e igual a la distancia entre la cara de desgaste y la cara de apoyo”<sup>14</sup>.

---

<sup>12</sup> *Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086.Largo Real.* <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>.Consulta:10 de agosto de 2016.

<sup>13</sup> *Ibíd. Ancho Real.* <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>.Consulta:10 de agosto de 2016.

<sup>14</sup> *Ibíd.Espesor Real.*<https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>.Consulta:10 de agosto de 2016.

### **2.2.13. Largo nominal**

“Es igual al largo especificado más un ancho de junta estándar”<sup>15</sup>.

### **2.2.14. Ancho nominal**

“Es igual al ancho especificado más un ancho de junta estándar”<sup>16</sup>.

### **2.2.15. Espesor nominal (En)**

“Es la dimensión del adoquín, tal como la especifica el productor, medida en dirección perpendicular a la superficie de desgaste”<sup>17</sup>.

### **2.2.16. Junta estándar (sisa)**

“El ancho de la junta estándar debe ser de 2,5 mm”<sup>18</sup>.

### **2.2.17. Unidades especiales**

“Adoquines con características diferentes a las que constituyen la mayor parte del pavimento, tales como de dimensiones especiales para ajustes o con texturas o acabados especiales etc”<sup>19</sup>.

---

<sup>15</sup> *Ibíd. Largo Nominal*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

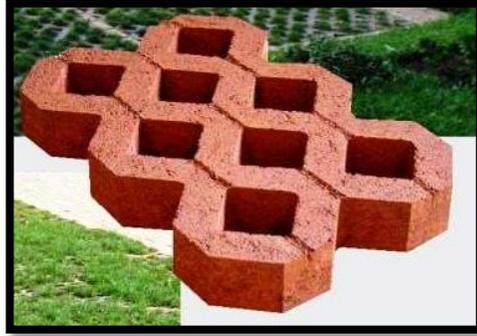
<sup>16</sup> *Ibíd. Ancho Nominal*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

<sup>17</sup> *Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086. Espesor nominal*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

<sup>18</sup> *Ibíd. Junta Estandar*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

<sup>19</sup> *Ibíd. Unidades especiales*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

Figura 10. **Unidades especiales**



Fuente: *Portafolio de Productos, Grupo Forte S.A.*

#### **2.2.18. Lote**

“Es el conjunto de adoquines que se fabrican bajo condiciones de producción uniformes y se somete a inspección como un conjunto unitario”<sup>20</sup>.

#### **2.2.19. Muestra**

“Es el conjunto de adoquines tomado de un lote que sirve para obtener la información necesaria que permita apreciar una o más características de este lote”<sup>21</sup>.

---

<sup>20</sup> Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086.lote. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

<sup>21</sup> *Ibíd. Muestra.* <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

### **2.2.20. Eflorescencia**

“Depósito de sales que se forma sobre una superficie, generalmente de color blanco; la sustancia emerge en solución del interior del concreto o mortero y luego precipita por evaporación”<sup>22</sup>.

## **2.3. Condiciones Generales**

Se describirán las condiciones en las que tienen que estar los materiales y los elementos utilizados para la elaboración de adoquines.

### **2.3.1. Materiales**

El tipo de materiales y la condición en la que se encuentran estos es importante para la buena elaboración de adoquines.

### **2.3.2. Cemento hidráulico**

“El cemento utilizado en la fabricación de los adoquines de concreto debe cumplir con las especificaciones establecidas en la norma NTG 41095”<sup>23</sup>.

### **2.3.3. Agregados**

Los agregados finos y gruesos utilizados en la fabricación de los adoquines deben cumplir con lo establecido en la norma NTG 41007 y el porcentaje de desgaste en los agregados gruesos, no debe ser mayor de 40 % en el ensayo de abrasión de la Máquina de los Ángeles, cuando se realice de acuerdo a lo establecido en la norma ASTM C131 (cuando aplique de acuerdo al tamaño máximo del agregado utilizado)

---

<sup>22</sup> *Ibíd. Eflorescencia.* <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

<sup>23</sup> *Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086. Cemento Hidraulico.* <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

El tamaño máximo del agregado grueso no debe exceder 1/5 del espesor nominal del adoquín<sup>24</sup>

#### **2.3.4. Agua**

“El agua empleada en la elaboración de adoquines debe cumplir con lo establecido en la norma NTG 41073 (ASTM C 1602)”<sup>25</sup>.

#### **2.3.5. Aditivos**

“Los aditivos que se utilicen en la elaboración de adoquines deben cumplir con lo establecido en la norma NTG 41047 (ASTM C 494)”<sup>26</sup>.

#### **2.3.6. Pigmentos**

“Los pigmentos colorantes que se utilicen en la elaboración de adoquines deben cumplir con lo establecido en la norma ASTM C 979”<sup>27</sup>.

### **2.4. Acabado**

#### **2.4.1. Condiciones generales**

“Todos los adoquines deben estar sanos y libres de fisuras y otros defectos que interfieran con el proceso de colocación, o que perjudiquen significativamente el comportamiento y estabilidad del pavimento”<sup>28</sup>.

---

<sup>24</sup> *Ibíd. Agregados*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

<sup>25</sup> *Ibíd. Agua*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

<sup>26</sup> *Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086. Aditivos*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

<sup>27</sup> *Ibíd. Pigmentos*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

Figura 11. **Adoquines sanos y libres de fisuras**



Fuente: *Grupo Forte S.A.*

#### **2.4.2. Textura**

“En el caso de adoquines fabricados con una textura superficial especial, esta debe ser descrita por el fabricante y examinarse de acuerdo con 3.2.5.”<sup>29</sup>.

#### **2.4.3. Color**

“Según el criterio del fabricante, puede colorearse la capa superficial o toda la unidad y debe verificarse según 3.2.5, que no haya diferencias significativas en el color respecto a cualquier muestra facilitada por el fabricante y aprobada por el comprador”<sup>30</sup>.

#### **2.4.4. Delaminación**

“En caso de adoquines bicapa, cuando se examinen de acuerdo con 4.2.5, no debe existir separación entre las dos capas”<sup>31</sup>.

---

<sup>28</sup> *Ibíd. Condiciones Generales*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

<sup>29</sup> *Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086. Textura*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

<sup>30</sup> *Ibíd. Color*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

<sup>31</sup> *Ibíd. Delaminación*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

### 2.4.5. Verificación

Se deben colocar las muestras al nivel del suelo, formando una superficie aproximadamente cuadrada, disponiendo adecuadamente los adoquines en planta, después de examinar cada uno de los adoquines por separado para apreciar si existen delaminaciones. En condiciones normales y a la luz del día, un observador debe situarse de pie a una distancia de 2 m, de cada lado del cuadrado y registrar cualquier adoquín que muestre grietas o exfoliaciones, y se compara la textura y el color con las muestras facilitadas por el fabricantes<sup>32</sup>.

## 2.5. Características

### 2.5.1. Características Geométricas

“Largo y ancho real: el largo y ancho real de los adoquines de concreto para pavimentos, no debe ser mayor de 250 mm, ni menor de 50mm.

Se muestran las características geométricas que deben de tener los adoquines de concreto”<sup>33</sup>.

Tabla I. **Características Geométricas**

<b>CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS</b>	
Espesor	$\geq 60$ mm
Relación (largo real / ancho nominal)	$\leq 2,5$
Relación (largo real / espesor)	$\leq 4$

Fuente: elaboración propia.

<sup>32</sup> *Ibíd. Verificación.* <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

<sup>33</sup> *Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086. Características Geométricas.* <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

### 2.5.2. Tolerancia

- Las medidas del espesor real promedio tomadas para cada espécimen de la muestra no debe diferir en más de  $\pm 3\text{mm}$  del espesor especificado.
- Las medidas del largo real promedio como del ancho real promedio para cada espécimen de la muestra no debe diferir del largo especificado y el ancho especificado respectivamente, en más de  $\pm 2\text{mm}$ <sup>34</sup>.

### 2.5.3. Biseles

“El bisel debe tener igual forma o perfil en toda su longitud;”<sup>35</sup>

### 2.5.4. Separadores

El uso de separadores es opcional en los pavimentos articulados con adoquín Clase C y obligatorio para los pavimentos articulados con adoquines Clase A y B. Cada unidad de adoquines puede tener un separador en cada pared que haga contacto directo con las unidades adyacentes. El separador debe estar siempre en la misma posición relativa de la pared del adoquín

El ancho de los separadores debe estar entre 4 mm y 15 mm.

El espesor de los separadores debe ser de  $2\text{ mm} \pm 1.5\text{ mm}$ .

La longitud de los separadores debe ser como mínimo las tres cuartas partes del espesor del adoquín.

Representación gráfica de las características y dimensiones de los adoquines de concreto<sup>36</sup>.

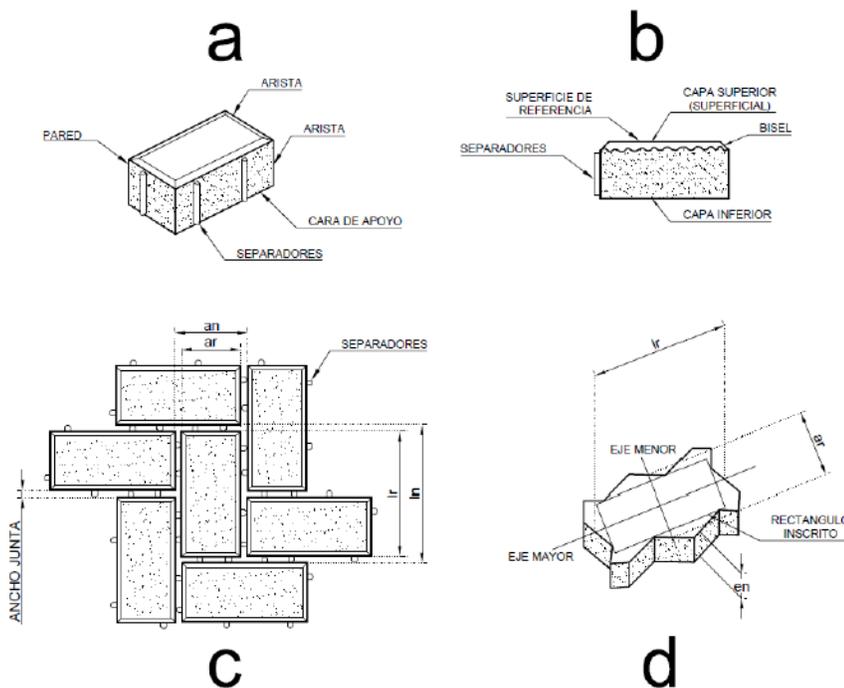
---

<sup>34</sup> *Ibíd. Tolerancia*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

<sup>35</sup> *Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086. Biseles*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

<sup>36</sup> *Ibíd. Separadores*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

Figura 12. **Características geométricas y dimensiones de adoquines definidas en esta norma**



Fuente: *NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA COGUANOR NTG 41086*

## 2.6. Clasificación, designación y uso

Según la norma utilizada, existen diferentes clasificaciones de los adoquines por el uso que se le dan.

### 2.6.1. Clasificación y uso

“La clasificación se realiza por la resistencia a flexión, como sigue”<sup>37</sup>.

<sup>37</sup> Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086. Clasificación y uso. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

### 2.6.1.1. Clase A.

“Uso industrial y tránsito pesado. Para uso en zonas sometidas a grandes cargas de tránsito pesado como puertos, aeropuertos, patios de maniobras en zonas industriales, terminales de autobuses, calles o avenidas principales”<sup>38</sup>.

Figura 13. Adoquines clase A



Fuente: *Portafolio de Productos, Grupo Forte S.A.*

### 2.6.1.2. Clase B

“Uso en tránsito liviano. Para uso en arterias o calles secundarias con tránsito vehicular liviano”<sup>39</sup>.

<sup>38</sup> *Ibíd. Clase A.* <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

<sup>39</sup> *Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086. Clase B.* <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

Figura 14. **Adoquines clase B**



Fuente: *Portafolio de Productos, Grupo Forte S.A.*

### 2.6.1.3. **Clase C**

“Uso peatonal. Para uso exclusivo de zonas peatonales, espacios públicos”<sup>40</sup>.

Figura 15. **Adoquines clase C**



Fuente: *Portafolio de Productos, Grupo Forte S.A.*

---

<sup>40</sup> *Ibíd. Clase C.* <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

## 2.7. Clasificación por módulo de ruptura del adoquín

“Los adoquines de concreto deben tener un módulo de ruptura promedio (3 especímenes saturados por 24 horas), como se indica en el Cuadro 2. El ensayo se debe realizar según la norma NTG 41087 h1”<sup>41</sup>.

Tabla II. Clases de Adoquines

Clase	Espesores mínimos del adoquín (mm)	Resistencia mínima a flexión de adoquín MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	
		Promedio de 3 adoquines	Mínimo de un adoquín individual
A	80	5,4 (55)	4,6 (46,8)
B	80	4,1 (42)	3,5 (35,7)
C	60	4,1 (42)	3,5 (35,7)

Fuente: *elaboración propia*.

### 2.7.1. Clasificación por absorción

“La absorción en la retención de agua que tendrá nuestro adoquín, se determinan los valores máximos que se pueden tener”<sup>42</sup>.

#### 2.7.1.1. Absorción de Agua

“La prueba se realizará según la norma (ASTM C140). En el momento de despacho al comprador los adoquines deben cumplir con la absorción como se indica en el Cuadro 3”<sup>43</sup>.

<sup>41</sup> Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086. Clasificación por módulo de ruptura. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

<sup>42</sup> *Ibid. Clasificación por absorción.* <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

<sup>43</sup> *Ibid. Absorción de Agua.* <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

Tabla III. **Absorción**

Clase	Absorción (en % de masa)	
	Promedio de 3 adoquines como mínimo	Valor máximo individual
A	≤ 7	7,7
B	≤ 9	9,9
C	≤ 9	9,9

Fuente: *elaboración propia.*

### 2.7.2. Clasificación por resistencia a la abrasión

“El valor promedio de tres especímenes sometidos a los métodos de ensayo descritos en la norma NTG 41087 h2 debe ser.”<sup>44</sup>

Tabla IV. **Resistencia a la abrasión**

Método de Ensayo <sup>A</sup>	Valor
Mediante arena y disco metálico ancho	≤ 23 mm
Ensayo de Böhme	≤ 20 000 mm <sup>3</sup> / 5 000 mm <sup>2</sup>
<sup>A</sup> Los métodos de ensayo se describen en la norma NTG 41087 h2.	

Fuente: *elaboración propia.*

### 2.8. Toma de muestras y recepción del producto

“Se debe de determinar los procesos para la recepción y la toma de muestras para los diferentes ensayos y así poder determinar la calidad de nuestros lotes”<sup>45</sup>.

<sup>44</sup> Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086. Clasificación por resistencia. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

### 2.8.1. Toma de muestras

“Para los ensayos de módulo de ruptura, absorción y abrasión, 9 unidades deben ser seleccionadas por cada lote de 10 000 unidades o fracción, y 15 unidades para lotes entre 10 000 y 100 000 unidades. Para lotes de más de 100 000 adoquines, 9 unidades deben ser seleccionadas por cada 50 000 unidades adicionales o fracción”<sup>46</sup>.

Tabla V. **Toma de muestras para ensayos de módulo de ruptura, porcentaje de absorción y abrasión**

<b>Cantidad fabricada</b>	<b>Muestra mínima ( ensayo de módulo de ruptura, % absorción y abrasión )</b>
0 – 10 000	9
10 000 a 100 000	15
>100 000	9 unidades por cada 50 000 (fabricadas)

Fuente: *elaboración propia*.

Las unidades muestreadas se ensayarán de la siguiente forma:

- Lotes de menor de 10000 unidades. De las 9 unidades muestreadas, previo a la realización de las pruebas, 5 unidades se utilizarán para verificar las características geométricas. Posteriormente, 3 se ensayarán en la prueba de absorción según lo indicado en el apartado 6.3.1, otras 3 unidades se ensayarán para determinar el módulo de ruptura según lo indicado en el apartado 6.2, las 3 unidades restantes se ensayarán para estimar la resistencia a la abrasión de acuerdo con lo indicado en 6.4.

---

<sup>45</sup>Ibíd. *Tomademuestras*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

<sup>46</sup> *Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086.Toma de muestras*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016

- Lotes entre 10000 y 100000 unidades. De las 15 unidades muestreadas, previo a la realización de las pruebas, 5 unidades se utilizarán para verificar las características de acuerdo al Anexo A. Posteriormente se utilizarán 6 para ser ensayadas en la prueba de absorción de agua, y deberán cumplir con lo indicado en el apartado 2.6.3.1. Otras 6 unidades serán ensayadas para determinar su módulo de ruptura, y deberán cumplir lo indicado en el apartado 2.6.2, las 3 unidades restantes se ensayarán para estimar la resistencia a la abrasión de acuerdo con lo indicado en 2.6.4.
- Lotes de más de 100000 unidades. Se muestrearán 15 unidades y se ensayarán según lo indicado en el apartado 2.7.1.2.2. Por cada 50000 unidades adicionales o fracción, se muestrearán 9 unidades adicionales y se ensayarán según lo establecido en el apartado 2.7.1.2.1.<sup>47</sup>

## **2.8.2. Aceptación o rechazo**

El lote se aceptará si las muestras tomadas según el apartado 2.6.1 cumplen con lo establecido en los apartados 2.6.2, 2.6.3 y 2.6.4. Si se detectan deficiencias en uno o varios requisitos se debe realizar una segunda verificación del lote correspondiente (siguiendo nuevamente lo establecido en el apartado 6.1) y si persisten las deficiencias (de cualquier tipo y en cualquiera de los requisitos establecidos) se rechazará la totalidad del lote evaluado<sup>48</sup>.

---

<sup>47</sup> Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086.Toma de muestras.  
<https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>.Consulta:10 de agosto de 2016

<sup>48</sup> *Ibíd.*Aceptación o rechazo.  
<https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>.Consulta:10 de agosto de 2016.

## 2.9. Marcado del adoquín

Un mínimo del 50 % de los adoquines de concreto deberán marcarse claramente para identificar el uso adecuado de los mismos, de la siguiente manera:

Tabla VI. **Marcado de elementos.**

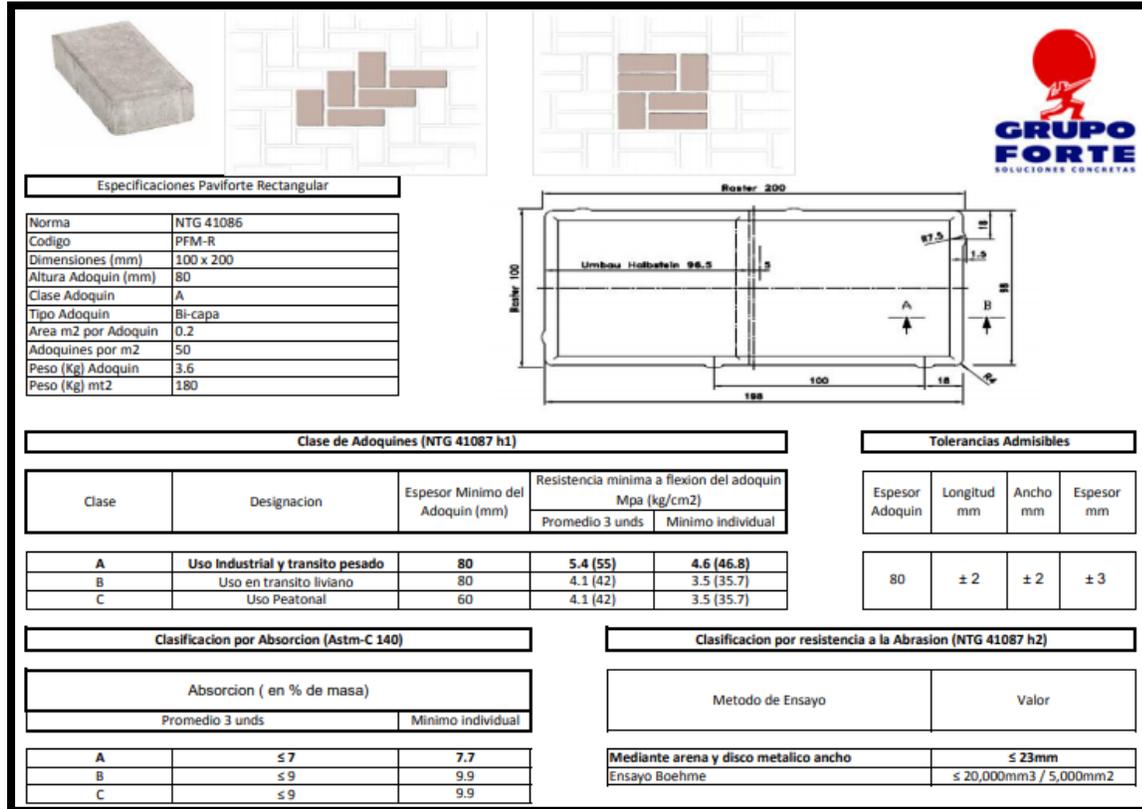
<b>Clase</b>	<b>Color</b>
<b>A</b>	<b>Azul</b>
<b>B</b>	<b>Rojo</b>
<b>C</b>	<b>Verde</b>

Fuente: *elaboración propia.*

Cada envío de adoquines deberá acompañarse de una boleta de despacho en donde debe indicarse como mínimo, la siguiente información:

- El nombre del fabricante o importador
- La designación del adoquín indicando clase y densidad
- Edad ó fecha de producción
- Número de lote

Figura 16. Boleta de despacho



Fuente: Grupo Forte S.A.

## 2.10. Metodología de medición de dimensiones geométricas de los adoquines

Para la norma NTG41086 existe una metodología de medición que se debe de utilizar para determinar las dimensiones geométricas de los adoquines, así como el equipo a utilizar.

### 2.10.1. Especímenes de ensayo

Se debe tener 5 especímenes enteros.

### 2.10.2. Equipo

Para tomar las mediciones de los adoquines se debe utilizar un calibrador de regla y aguja con divisiones a cada 0,1 mm.

Figura 17. Calibrador de regla



Fuente: <http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/medidores/calibres-digitales.htm>. Consulta: 19/04/2018.

### 2.10.3. Procedimiento

“Las mediciones de longitud, ancho y espesor se deben tomar a una distancia de 10 mm de la arista correspondiente, excepto la del espesor de la capa superficial, la cual se debe tomar directamente sobre la superficie partida o cortada, apoyando las puntas de los brazos del calibrador”<sup>49</sup>.

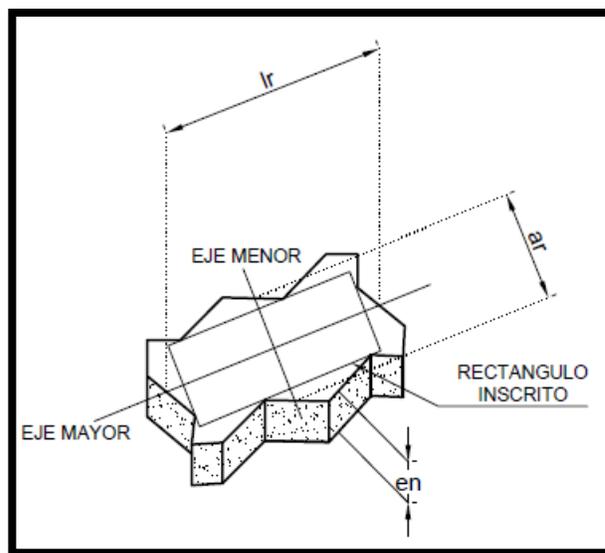
<sup>49</sup> Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086. Procedimiento. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

#### 2.10.4. Determinación del rectángulo inscrito

Para determinar el rectángulo circunscrito se debe colocar cada espécimen apoyado sobre su cara de desgaste y se debe dibujar el mayor rectángulo que se pueda inscribir dentro de sus paredes.

A continuación se deben marcar los ejes mayor y menor de dicho rectángulo y se deben prolongar hasta interceptar las paredes de cada espécimen. Adicionalmente, se deben marcar las líneas, paralelas al eje menor y localizado a 10 mm de cada lado.<sup>50</sup>

Figura 18. Rectángulo inscrito



Fuente: NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA COGUANOR NTG 41086

Si el adoquín es rectangular se deben registrar como dimensiones del rectángulo circunscrito de cada adoquín, la longitud real promedio ( $l_r$ ) del espécimen y el ancho real promedio ( $a_r$ ) del espécimen tomado según se indica en

<sup>50</sup>

Ibíd. *Rectangulo*

*Inscrito.*

<https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

2.9.5. Cuando el adoquín no sea rectangular se debe tomar la dimensión de los ejes del rectángulo circunscrito sobre la cara de desgaste y se deben registrar.

Luego se debe repetir la operación para la cara de desgaste proyectando el rectángulo circunscrito de manera que cuando exista el bisel este no será impedimento para su determinación<sup>51</sup>.

### **2.10.5. Longitud y ancho**

La longitud real ( $l_r$ ) y el ancho ( $a_r$ ) de cada adoquín se deben tomar sobre las prolongaciones del eje mayor y del eje menor del rectángulo circunscrito, respectivamente, tanto sobre la cara de desgaste como sobre la cara de apoyo. Se deben registrar las dos mediciones para la longitud real ( $l_r$ ) y las dos mediciones para el ancho real promedio ( $a_r$ ) del espécimen, para cada uno de los cinco que conforman la muestra. Luego se debe calcular el promedio de estas cinco mediciones como la longitud real promedio ( $l_r$ ) de la muestra y el ancho real promedio ( $a_r$ ) de la muestra, respectivamente

Cuando la línea para la medición coincida con un separador, la medición se debe realizar inmediatamente al lado de este. Cuando la línea para la medición coincida con adherencias (protuberancias, pequeños salientes, etc.) de concreto, éstos deben ser removidos antes de tomar la medición<sup>52</sup>.

### **2.10.6. Espesor**

Para el espesor real ( $e_r$ ) se deben tomar cuatro mediciones en aquellos puntos donde las prolongaciones de los ejes mayor y menor del rectángulo inscrito intercepten las paredes. Se deben registrar las cuatro mediciones para cada espécimen y se calcula el espesor real promedio ( $e_r$ ) para cada espécimen. El rango (diferencia entre la mayor y la menor de las cuatro mediciones) y el espesor real promedio ( $e_r$ ) para cada espécimen no debe ser mayor de 2 mm.

---

<sup>51</sup> Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086. Rectángulo inscrito. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

<sup>52</sup> Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086. Longitud y ancho. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

En los adoquines con acabado con juntas falsas, cuando estas coincidan con los ejes del rectángulo circunscrito, el espesor se debe tomar inmediatamente al lado de las juntas falsas<sup>53</sup>.

### **2.10.7. Bisel**

Para medir el bisel se debe tomar una escuadra de carpintería y se debe colocar, sobre la superficie de desgaste y perpendicular a la pared, en cada uno de los cuatro puntos donde la prolongación de los ejes del rectángulo circunscrito interceptan las paredes.

Con el calibrador se debe tomar la proyección sobre la superficie de desgaste o de referencia (proyección horizontal del bisel (phb)) y sobre la pared (proyección vertical del bisel (phb)), o sea la longitud de la luz que se genera desde el ángulo de la escuadra hasta que cada brazo se apoya sobre la masa del adoquín. Para ambas proyecciones se deben registrar el valor máximo, el mínimo y el rango (diferencia entre el mayor y el menor)<sup>54</sup>.

### **2.10.8. Separadores**

El ancho de cada separador (as) se debe medir con las puntadas de los brazos del calibrador y el espesor de cada separador (es) con la aguja del calibrador, a 10 mm de los extremos, superior e inferior, del mismo. Se deben registrar todas las mediciones para cada espécimen y se debe calcular y registrar el valor máximo y mínimo en ambos casos del promedio del espesor del separador promedio (es) para el espécimen. Con dicho promedio se debe calcular y registrar el espesor del separador promedio (es) para la muestra<sup>55</sup>.

---

<sup>53</sup> *Ibíd. Espesor*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

<sup>54</sup> *Ibíd. Bisel*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

<sup>55</sup> *Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41086. Separadores*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2016.

### **2.10.9. Capa superficial**

El espesor de la capa superficial (ecs) se debe tomar sobre cada espécimen una vez se hayan ensayado a flexo fracción.

Sobre uno de los dos trozos del adoquín resultante se debe anotar el espesor mínimo de la capa superficial (ecs) medido con relación a la superficie de referencia de la cara de desgaste apoyando directamente sobre el punto de menor espesor, observando las puntas de los brazos del calibrador.

Luego se deben partir o cortar los dos trozos en sentido transversal a la superficie de falla, lo más cerca posible al eje mayor del rectángulo inscrito y se debe tomar el espesor mínimo de la capa superficial (ecs) del espécimen. Entre dichos valores mínimos se selecciona el valor menor y se registra como el espesor de la capa superficial (ecs) para la muestra<sup>56</sup>.

---

<sup>56</sup> *Ibíd. Capa Superficial*. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/NTG41086.pdf>. Consult10 de agosto de 2016.



### 3. ANÁLISIS DEL PROCESO

#### 3.1. Diagnóstico de calidad del adoquín

##### 3.1.1. Muestreo y ensayos

Los adoquines son sometidos a dos tipos de carga, que dependen del tipo de vehículos que transiten sobre él, como es la carga a flexión y la de compresión. Estas dos propiedades mecánicas se ven afectadas directamente por el porcentaje de absorción de agua que el material permita, así como del desgaste que pueda sufrir por erosiones o rozamientos por la carga vehicular que transite.

Figura 19. **Espécimen 4, adoquín de concreto**



Fuente: *Elaboración propia, 5 de febrero de 2018.*

### 3.1.1.1. Medición de dimensiones

Para cada una de las dimensiones, se tomarán dos medidas sobre cada uno de los adoquines que componen la muestra. Estas se tomarán entre puntos opuestos.

Las mediciones de longitud, ancho y espesor se deben tomar a una distancia de 10 mm de la arista correspondiente, excepto la del espesor de la capa superficial, la cual se debe tomar directamente sobre la superficie partida o cortada, apoyando las puntas de los brazos del calibrador.

La longitud real ( $l_r$ ) y el ancho ( $a_r$ ) de cada adoquín se deben tomar sobre las prolongaciones del eje mayor y del eje menor del rectángulo circunscrito, respectivamente, tanto sobre la cara de desgaste como sobre la cara de apoyo. Se deben registrar las dos mediciones para la longitud real ( $l_r$ ) y las dos mediciones para el ancho real promedio ( $a_r$ ) del espécimen, para cada uno de los cinco que conforman la muestra. Luego se debe calcular el promedio de estas cinco mediciones como la longitud real promedio ( $l_r$ ) de la muestra y el ancho real promedio ( $a_r$ ) de la muestra, respectivamente.

Figura 20. Toma de mediciones en especímenes



Fuente: *Elaboración propia, 5 de febrero de 2018.*

### 3.1.1.1.1. Resultados medición de dimensiones

Después de seguir la metodología determinada por la norma, se pudo realizar las siguientes tablas que contienen las dimensiones de los especímenes.

Tabla VII. **Identificación: adoquín 1**

LARGO cm	GROSOR cm	BASE cm
19,8	8	9,8

Fuente: *elaboración propia.*

Tabla VIII. **Identificación: adoquín 2**

LARGO cm	GROSOR cm	BASE cm
19,8	8,3	9,8

Fuente: *elaboración propia.*

Tabla IX. **Identificación: adoquín 3**

LARGO Cm	GROSOR cm	BASE cm
19,9	8,2	9,8

Fuente: *elaboración propia.*

### 3.1.1.2. Medición de absorción

Para este ensayo se saturan las muestras durante 24 horas, se obtiene el peso aparente en agua (peso sumergido). Después se debe drenar las muestras y secar la superficie, de manera que se tome el peso saturado.

Se seca la muestra en el horno durante 24 horas, hasta que la diferencia en peso sea menor al 2 % en mediciones cada 2 horas.

Con estos valores se pueden realizar las tablas de cálculo de absorción y área de las muestras.

El coeficiente de absorción (%abs), será calculado como un porcentaje para cada pieza del ensayo como sigue:

$$\%abs = \frac{mh - ms}{ms} \times 100$$

Donde:

- %abs = porcentaje de absorción en %
- mh = masa húmeda en kg
- ms = masa seca en kg

Figura 21. **Toma de peso seco en especímenes**



Fuente: *Elaboración propia, 5 de febrero de 2018.*

### 3.1.1.2.1. **Resultados ensayo de absorción**

Después de seguir la metodología determinada por la norma, se pudo realizar las siguientes tablas que contienen el peso de los especímenes y su absorción.

Tabla X. **Adoquín 1**

PESO NATUTRAL Kg	PESO SECO kg	PESO HUMEDO kg	%ABS
3,322	1,487	1,589	6,86

Fuente: *elaboración propia.*

Tabla XI. **Adoquín 2**

PESO NATURAL Kg	PESO SECO kg	PESO HUMEDO kg	%ABS
3,344	1,739	1,854	6,61

Fuente: *elaboración propia.*

Tabla XII. **Adoquín 3**

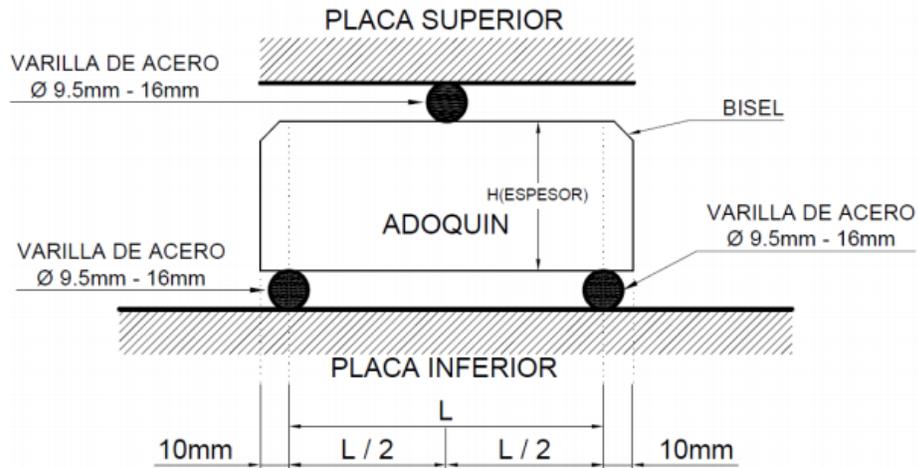
PESO NATURAL kg	PESO SECO kg	PESO HUMEDO kg	%ABS
3,316	1,537	1,647	7,16

Fuente: *elaboración propia.*

### **3.1.1.3. Módulo de ruptura**

Los especímenes deben permanecer saturados por inmersión durante las 24 h  $\pm$  2h antes del ensayo. Luego se deben retirar del agua y se deben dejar escurrir durante 1 min, colocándolos sobre una malla metálica con aberturas de mínimo 9,5 mm. A continuación se debe secar el agua superficial con un paño seco y se someten a ensayo.

Figura 22. Ensayo de ruptura



Fuente: NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA, COGUANOR NTG 41086

Cada adoquín se debe llevar hasta la ruptura como una viga simplemente apoyada, cuyo eje coincida con el eje mayor del rectángulo inscrito, mediante la aplicación de una carga uniformemente distribuida a lo ancho del adoquín y sobre la proyección, en la superficie de desgaste, del eje menor del rectángulo inscrito (ver figura 22)

El adoquín se debe colocar en la máquina de ensayo con la superficie de desgaste hacia arriba. Como apoyos y elemento de transmisión de carga se debe utilizar tres barras lisas de acero del mismo diámetro, el cual debe estar comprendido entre 9,50 mm y 16,00 mm y con una longitud igual o mayor que el ancho respectivo del adoquín en el eje de contacto. Las barras de apoyo se deben colocar paralelas entre sí, perpendiculares al eje mayor del rectángulo inscrito y con la proyección vertical de su eje (punto de apoyo) 10 mm hacia adentro de los lados menores del rectángulo inscrito. La barra para la

transmisión de carga se debe colocar en la superficie del desgaste sobre la proyección del eje menor del rectángulo inscrito, como lo indica la figura 1. El adoquín se debe someter a una carga con una velocidad que produzca un aumento en el esfuerzo cercano a 0,5 MPa por segundo.

El módulo de ruptura del adoquín debe calcularse según la siguiente fórmula:

$$MR = \frac{3PL}{2BH^2}$$

Donde:

- MR = Módulo de ruptura, en MPa
- P = Carga máxima aplicada, en N
- L = Distancia entre los ejes de los apoyos, en mm.
- H = Espesor del adoquín, en mm.

Figura 23. **Ensayo de ruptura en espécimen 3**



Fuente: *Elaboración propia, 5 de febrero de 2018.*

### 3.1.1.3.1. **Resultados ensayo de compresión**

Después de seguir la metodología determinada por la norma, se pudo realizar las siguientes tablas que contienen las cargas. Con estas podemos determinar el modulo de ruptura de nuestro ensayo de compresión.

Tabla XIII. **Adoquín 1**

LARGO cm	GROSOR cm	LUZ Cm	CARGA kg	MODULO RUPTURA kg/cm <sup>2</sup>
19,8	8	17,2	1 000	41,14

Fuente: *elaboración propia.*

Tabla XIV. **Adoquín 2**

LARGO cm	GROSOR cm	LUZ cm	CARGA kg	MODULO RUPTURA kg/cm <sup>2</sup>
19,8	8,3	17,2	1 050	40,13

Fuente: *elaboración propia.*

Tabla XV. **Adoquín 3**

LARGO cm	GROSOR Cm	LUZ Cm	CARGA kg	MODULO RUPTURA kg/cm <sup>2</sup>
19,9	8,2	17,2	1 000	39,15

Fuente: *elaboración propia.*

#### **3.1.1.4. Resistencia a la abrasión**

La resistencia a la abrasión se determina midiendo el desgaste producido en la superficie externa de una probeta que se somete a rozamiento mediante un disco de acero y material abrasivo. Los adoquines deberán tener una adecuada resistencia al desgaste, la cual se logra al usar un agregado adecuado y una dosificación apropiada con cemento de buena calidad.

Para el ensayo de desgaste se utilizará Carburo de silicio. El Carburo de silicio también conocido como Carborundo, posee además de una estructura similar, una dureza semejante al diamante.

Para el procedimiento se realiza lo siguiente:

- Tomar la masa inicial en gramos de la probeta cúbica de ensayo.
- Medir en 4 puntos distintos las aristas del cubo, que deben ser de  $71,0 \pm 1,5$  mm, en dos caras paralelas entre sí, para determinar el área promedio la cual deberá ser de  $50,0 \pm 2,5$  cm<sup>2</sup>.
- Medir cuatro alturas perpendiculares a la superficie que será desgastada.
- Extender 20 gramos de polvo abrasivo en el carril de prueba. Previo a esto, el disco deberá de estar completamente limpio.
- Encender la rotación del disco de abrasión, la cual se detendrá automáticamente al completar 22 revoluciones. Al concluir las revoluciones se debe de retirar la probeta, colocando 20 gramos de abrasivo nuevamente, luego de haber limpiado el residuo del ciclo anterior de la pista y de la probeta.
- Colocar de nuevo la probeta en la palanca sujetadora; esta vez se deberá de girar la probeta 90° hacia cualquier sentido sobre un eje axial a la superficie de desgaste, girando siempre en la misma dirección. Una vez colocada la probeta en su posición de ensayo, se debe encender la máquina para comenzar un nuevo ciclo de 22 revoluciones.
- Repetir los pasos anteriores hasta completar 16 ciclos de 22 vueltas. Para cada ciclo se deberá de restituir 20 gramos de abrasivo.
- Al completar los 16 ciclos, hay que retirar la probeta cúbica y medir la masa, área y altura final.

La pérdida de espesor por el desgaste abrasivo lo encontramos de la siguiente manera:

$$\Delta l = l_o - l_f$$

Donde:

- $\Delta l$  = pérdida de espesor en mm
- $l_o$  = espesor inicial en mm

$l_f$  = espesor final en mm

Figura 24. **Ensayo de abrasión**



Fuente: *Elaboración propia, 5 de febrero de 2018.*

### 3.1.1.4.1. Resultados ensayo de desgaste

Después de seguir la metodología determinada por la norma, se pudieron realizar las siguientes tablas. En estas se determinaron las diferentes alturas que nos ayudan a realizar el ensayo de desgaste.

Tabla XVI. **Adoquín 4**

Alturas (cm)	Inicial		Ensayado	
h1	6,951	6,923	6,477	6,410
h2	6,925	6,923	6,38	6,400
h3	6,943	6,938	6,442	6,491
h4	6,942	6,932	6,498	6,466

	INICIAL	ENSAYO	Diferencia $\Delta$ desgaste
Altura (cm)	6,935	6,446	0,489
Área(cm <sup>2</sup> )	48,078	48,078	0,000
volumen (cm <sup>3</sup> )	333,31	309,80	23,510

Fuente: *elaboración propia.*

Tabla XVII. **Adoquín 5**

Alturas (cm)	Inicial		Ensayado	
h1	6,998	7,002	6,658	6,657
h2	6,983	6,856	6,63	6,498
h3	6,833	6,888	6,466	6,563
h4	6,903	6,963	6,591	6,64

Continuación de la tabla XVII.

	INICIAL	ENSAYO	Diferencia $\Delta$ desgaste
Altura (cm)	6,928	6,588	0,340
Área(cm <sup>2</sup> )	48,030	48,030	0,000
volumen (cm <sup>3</sup> )	332,96	316,60	16,360

Fuente: *elaboración propia.*

Tabla XVIII. **Adoquín 6**

Alturas (cm)	Inicial		Ensayado	
h1	6,602	6,586	6,185	6,208
h2	6,564	6,617	6,22	6,265
h3	6,609	6,636	6,251	6,227
h4	6,638	6,596	6,212	6,173

	INICIAL	ENSAYO	Diferencia $\Delta$ desgaste
Altura (cm)	6,606	6,218	0,388
Área(cm <sup>2</sup> )	44,079	44,079	0,000
volumen (cm <sup>3</sup> )	293,74	276,47	17,270

Fuente: *elaboración propia.*

### 3.2. Desperdicio de materia prima y desechos de producto

Se considera desperdicio a todo lo que no le agregue un valor a nuestro producto. Toda la mal utilización de nuestros recursos lo podemos considerar como tal.

Para producir un bien o servicio, que cumpla con las especificaciones y normas de calidad requeridas por el mercado demandante, es necesario

seleccionar cuidadosamente las materias primas e insumos que intervendrán en la fabricación del producto. La calidad de la materia prima no solo se determina por la calidad del producto a ofrecer, sino que influye además la selección de la tecnología a utilizar en el proceso de producción.

Dentro del proceso de la elaboración de adoquines podemos encontrar distintas fuentes de desperdicio

### **3.2.1. Causado por contaminación**

Cuando dentro de un proceso de producción se encuentra una estación de trabajo que produce falla en el artículo, es usual que observemos en el resto de la línea las mismas fallas o, en algunos casos, algunos otros problemas que hagan que se detenga la operación.

El proceso de la elaboración de adoquines tiene que satisfacer especificaciones normadas, para que sus dimensiones, resistencia, entre otras, satisfagan las condiciones para las que son elaborados. Debido a esto, se debe tener especial cuidado con la contaminación dentro de los procesos de elaboración, ya que la mezcla no idónea de las materias primas puede causar importantes cambios dentro de las especificaciones técnicas del adoquín.

Para contrarrestar lo anterior, se utilizan métodos de reciclaje que consisten fundamentalmente en desintegrar los desechos con máquinas trituradoras; posteriormente se lo tamiza y se selecciona. Una vez procesado el material, se lo utiliza para elaborar adoquines y medio adoquín y para cubrir las necesidades de los constructores.

Con el reciclaje de los escombros y el cumplimiento de las normas citadas, el adoquín propuesto va tener una resistencia y durabilidad para cualquier fin.

El reciclaje de los escombros, es un sector económicamente rentable y organizado, en algunos países como Alemania y Holanda, donde las legislaciones son más restrictivas, la escasez de recursos naturales y, sobre todo, el gran valor económico que se da al suelo, ha obligado a fomentar el reciclaje con resultados muy positivos.

### **3.2.2. Causado por mala planificación**

Producir más de lo demandando es muy frecuente con productos para la construcción, debido a que las empresas tienen la falsa creencia de que produciendo grandes lotes y almacenarlos en *stock* hasta que el mercado los demande es preferible, el desperdicio en recurso humano, materias primas, financieras y en espacio es muy común con esta *praxis*.

La mala planificación no solo se da con producto terminado, el sobreproducir en cualquier proceso o el almacenaje de materia prima en exceso es también una mala práctica de planificación.

Por otro lado, las esperas provocadas por la mala planificación, afectan y producen desperdicio dentro de los procesos, las esperas en materia prima, máquinas o herramientas, producen retrasos de lotes y recurso humano. Estos retrasos son también conocidos como cuellos de botella y son producidos debido a que algunos procesos productivos van más rápidos que otros, con lo cual el material llega a la siguiente etapa sin que esta se pueda completar.

### **3.3. Análisis del control de inventarios de productos terminado**

El análisis de control de inventario se utiliza para facilitar a la compañía la gestión de su producto final y su abastecimiento con relación a la materia prima.

Con este análisis, conocemos el momento en donde la empresa debe de hacer sus pedidos para reabastecer sus inventarios, de tal modo que siempre se cuente con existencias y no afecte el capital financiero debido al exceso de producto.

La logística y el almacenaje aseguran que la administración de los mismos se enfoca en cuatro aspectos fundamentales: la cantidad de bienes que deberán producirse en un momento determinado, establecer el momento en que debe realizarse el inventario, determinar cuáles son los artículos que merecen atención especial y, por último, el cálculo de los posibles cambios en los costos de cada artículo que forma parte del inventario.

#### **3.3.1. Método de inventario**

Existen diferentes formas de clasificar los inventarios y cada una de ellas depende de la función que cumple en la organización, las tres categorías principales son:

- Tipos de inventarios, según su función:
  - De fluctuación: Estos se dan cuando la demanda del artículo inventariado no es constante y por lo tanto no se puede conocer con certeza; su fin es que los niveles de producción no tengan que

cambiar drásticamente para enfrentar las 6 variaciones aleatorias que presenta la demanda. Los inventarios de fluctuación también son llamados de stock o de seguridad. Este tipo de inventario es el utilizado por la empresa Grupo Forte, debido a su amplio abanico de productos en materia de construcción y su amplio catálogo con los adoquines en cuanto a forma, color y resistencia. Esto es utilizado tanto para producto terminado como para materia prima.

- De anticipación: Estos inventarios son hechos cuando conocemos de antemano la demanda del producto.
- De tamaño de lote: Estos se fabrican en un plan maestro de producción, regularmente es mayor a la demanda, pero se calcula según un estimado de ventas.
- De protección o de seguridad: Cuando la mercadería puede fluctuar en sus precios y las empresas tienden a obtener ahorros significativos comprando grandes cantidades cuando los precios están bajos.
- Tipos de inventarios, según la etapa de procesamiento del bien material:
  - Materias primas: Son aquellos productos almacenados que esperan un proceso productivo para que puedan ser convertidos a productos terminados.
  - Productos en proceso: Son productos que se encuentran en una etapa intermedia del proceso productivo, estos están parcialmente terminados y no son materias primas.

- Productos terminados: Son todos los productos que han sido producidos o en algunos casos comprados por la empresa para ser comercializados.
- Suministros: Son los artículos necesarios para la operación de la empresa, estos no tienen relación con el producto que se fabrica, dentro de los suministros se encuentran: repuestos, accesorios, papelería y útiles.
- Tipos de inventarios, según el tipo de demanda al que se ven afectados:
  - Inventarios de demanda independiente: esta es aleatoria en función de las condiciones del mercado y no está relacionada directamente con la de otros artículos.

Inventarios de demanda dependiente: Estos tienen necesidad de otros artículos. Son componentes de  $n$  productos complejos cuyo consumo dependerá del número de unidades a fabricar del producto final decidido en la planificación de la producción.

### **3.3.2. Método de almacenaje**

Es necesario que el material esté correctamente almacenado en un sitio de almacenamiento temporal o en el lugar de instalación para que no sufra quebraduras, despuntes ni fisuras.

Los adoquines deben de ser preferiblemente almacenados bajo techo, ya que deben mantenerse secos, se pueden cubrir con lona o plástico si no se tienen las condiciones adecuadas. Es ideal que se almacenen sobre tarimas y

en un lugar fresco. Las estibas de adoquines deberán ser colocadas en piso firme, plano y libre de irregularidades o suciedad.

Figura 25. **Almacenaje bajo techo**



Fuente: *Grupo Forte S.A.*

Cuando se manejan cubos, estos se podrán almacenar uno sobre otro; se recomienda no almacenar más de cinco cubos de altura. Cuando se manejan adoquines individualmente, se recomienda que las estibas no superen una altura de 1,60 metros. Para cualquier método de acomodo, las hileras deben ser trabadas en los dos sentidos horizontales, para evitar colapso.

Figura 26. **Almacenaje en cubos**



Fuente: *Grupo Forte S.A.*

- Los sistemas de almacenamiento en bloque, estiba o apilado, tienen la ventaja de que no utilizan estructuras ni estanterías, con lo que se ahorra espacio e infraestructuras. Como inconveniente se tiene la limitación del peso que pueda soportar la base de la estiba para su estabilidad y puede dificultar el esquema FIFO, ya que los primeros productos que entran se encuentran en la parte baja de la estiba.

Figura 27. Almacenamiento en bloque



Fuente: *Grupo Forte S.A.*

- En la Paletización compacta no existen pasillos entre estantes, pueden tener diferentes profundidades y los montacargas las pueden acceder por el frente (*Drive in*) con un flujo de productos LIFO. Los sistemas para acceso tanto por el frente como por atrás (*Drive through*) permiten implementar el sistema FIFO:

Figura 28. **Palatización compacta**



Fuente: *Grupo Forte S.A.*

- Tienen la ventaja de alto índice de aprovechamiento de espacio por la eliminación de pasillos “ociosos”. Aunque tiene los inconvenientes siguientes: no permiten un acceso directo a todos los productos almacenados (por ejemplo un pallet de en medio); el acceso frontal solo permite el esquema LIFO.

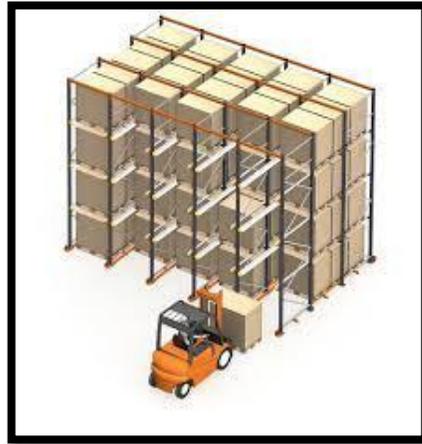
Figura 29. **Almacenaje ordenado o a hueco fijo**



Fuente: <https://logisticayabastecimiento.jimdo.com/almacenamiento/sistema-de-almacenamiento-movil/>. Consulta: 25/04/2018.

- El almacenaje ordenado o a hueco fijo supone que cada referencia tiene una ubicación fija. Facilita el control de productos almacenados y los huecos se pueden adaptar a las características físicas del producto. Tiene el inconveniente de que se tienen que prever a capacidad máxima de productos, que en muchos casos se desperdician estos huecos.

Figura 30. **Sistema-de-almacenamiento**



Fuente: <https://www.zonalogistica.com/sistema-de-almacenamiento-drive-thru/>.Consulta:25/04/2018.

Existen dos tipos de almacenajes en el adoquín de la empresa Grupo Forte, esto es por dos tipos de procesos por los que pasa el producto, se tiene un almacenamiento temporal que es el que se utiliza para secado, durante 48 horas el adoquín se almacena en estanterías hasta lograr que el adoquín este totalmente seco, luego, se almacenan por cubos, estos cubos están ubicados en corredores dentro de las instalaciones de la empresa, a estos corredores se les conoce como El Patio, las estibas en las que se encuentran los adoquines están sobre un terreno estable y firme, libre de irregularidades.

### **3.3.3. Pronósticos**

Podemos clasificar los métodos de pronóstico en dos grandes grupos: cualitativos y cuantitativos. Se emplean varias metodologías en diferentes empresas o aún en una misma empresa en función del horizonte temporal, la urgencia en la toma de decisiones y la información disponible.

Cuando la situación no es clara y hay pocos datos, como por ejemplo al estudiar el lanzamiento de un producto innovador o una nueva tecnología, se recurre a métodos cualitativos, donde prevalece la intuición. Por el contrario, cuando la situación es más estable y existen datos históricos, se suelen utilizar los métodos cuantitativos.

- Métodos Cualitativos

- Jurado de opinión ejecutiva: Se agrupan las opiniones de un grupo de expertos de alto nivel o de directivos, a menudo en combinación con modelos estadísticos, como probabilidades y datos históricos. Hay que tener en mente las desventajas de la interacción grupal en este sentido: que haya mucha gente no garantiza que haya opiniones conocedoras realmente del tema; las posiciones muy probablemente escondan intereses personales o simplemente no sean enunciadas por miedo a contrariar a la mayoría; hay gran vulnerabilidad a la posición y personalidad de algunos de los individuos, sea por sus aptitudes de manejo de grupos o simplemente por la jerarquía organizacional. La correcta elección de los participantes es muy importante en el método.
- Método Delphi: Es un proceso iterativo grupal, con ciertas reglas y metodología, mediante el cual se pretende maximizar las ventajas que presentan los métodos basados en grupos de expertos y minimizar sus inconvenientes. Ello se logra mediante el anonimato (ningún experto conoce la identidad de los otros que componen el grupo de debate, evitando la influencia y permitiendo que uno se anime a modificar su postura inicial), una iteración con

retroalimentación controlada, y la expresión de los resultados mediante una distribución estadística.

- Proposición de personal comercial: Se agrupan y revisan estimación de ventas esperadas por los vendedores, y luego se obtiene un pronóstico global.
  - Estudio de mercado: Requiere información de los clientes sobre sus intenciones futuras de compras. Esto incluye tanto sus preferencias, experiencia con el producto, y necesidades, como una definición del precio máximo que estarían dispuestos a pagar o la cantidad que demandarían a un determinado precio.
- Métodos Cuantitativos
    - Enfoque Simple: Supone que la demanda en el próximo periodo será igual a la demanda del periodo más reciente. Es la mejor predicción para los precios de insumos, acciones, etc. que cotizan. Porque si el mercado realmente creyera que en un tiempo valdrá más, compraría tanto hoy que haría llevar el precio a ese valor esperado.
    - Series de Tiempo: Es una secuencia de datos uniformemente espaciada. Se obtiene observando las variables en periodos de tiempo regulares. Se trata de un pronóstico basado en los datos pasados; es decir que supone que los factores que han influido en el pasado lo seguirán haciendo en el futuro. Se pueden descomponer en tendencia, estacionalidad y variación aleatoria.

La Tendencia es el movimiento gradual de ascenso o descenso de los datos a lo largo del tiempo. Los cambios en la población e ingresos, estos influyen en la tendencia.

La Estacionalidad es la existencia de un patrón periódico de comportamiento de los datos. Se puede deber a la climatología, las costumbres, etc. y producirse dentro de un periodo diario, semanal, mensual, anual.

Las Variaciones Aleatorias, que son “saltos” en los datos causados por el azar y situaciones inusuales. Son de corta duración y no se repiten, o al menos no lo hacen con una frecuencia determinada. Al ser aleatorias, no se pueden predecir.

- Media Móvil: Consiste simplemente en tomar el promedio aritmético de los últimos  $n$  períodos. El valor de  $n$  se elige en función a la influencia que queramos que tenga la historia más antigua en la predicción de los valores futuros. Un valor de  $n$  muy chico, hará que los pronósticos sigan más de cerca a los últimos valores reales, mientras que un valor de  $n$  más grande, se traduce en una curva más amortiguada aunque, por el mismo motivo, también de una menor velocidad de cambio. Se utiliza si no hay tendencia o si ésta es escasa. Se suele utilizar para alisar la curva, facilitando una lectura general de los datos.

$$MM = \frac{\sum \text{demanda de } n \text{ periodos previos}}{n}$$

- Media Móvil Ponderada: Se utiliza cuando se presenta una tendencia. Los datos anteriores pierden importancia relativa. Las ponderaciones se

basan en la intuición. Ante cambios importantes de la demanda, puede seguir siendo muy lenta la respuesta.

$$\text{Media móvil ponderada} = \frac{\sum (\text{ponderación para el periodo } n) (\text{demanda en el periodo } n)}{\sum \text{ponderaciones}}$$

- Alisado Exponencial: Es un caso especial de pronóstico de media móvil ponderada, donde ahora los factores de ponderación disminuyen exponencialmente, dándole más peso a los períodos más recientes. Se necesita una constante de alisado ( $\alpha$ ), que toma valores entre 0 y 1, eligiéndola de forma subjetiva.

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

donde  $F_t$  = Pronóstico

$A_t$  = Valor real

$\alpha$  = Constante de alisado

- Alisado Exponencial con Ajuste de Tendencia: Es un refinamiento del método anterior, donde se le suma al pronóstico suavizado exponencialmente ( $F_t$ ), una tendencia también suavizada exponencialmente ( $T_t$ ).

$$FIT_t = F_t + T_t$$

Estos terminos se calculan de la siguiente manera

$$F_t = \alpha(A_{t-1}) + (1 - \alpha) (F_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

### **3.4. Análisis de situaciones de riesgo**

En la industria de la construcción día a día se está expuesto a riesgos y peligros que pueden provocar accidentes, causando lesiones permanentes e incluso la muerte de los trabajadores. Mundialmente la construcción es una de las tres industrias que presentan mayores tasas de accidentes y siniestralidades, lo que genera grandes costos económicos y sociales. Además, datos de países industrializados muestran que los trabajadores de la construcción tienen de tres a cuatro veces más probabilidades que otros trabajadores, de morir a causa de accidentes en el trabajo.

Algunos de los riesgos a los que se esta expuesto dentro de la empresa son:

1. El ruido producido por la maquinaria
2. Riesgos mecánicos producidos por la maquinaria
3. El polvo producido por los materiales utilizados para la elaboración del adoquín.
4. Derrumbes en los cubos utilizados en el almacenaje del adoquín

#### **3.4.2. Diagnóstico de necesidades**

En la construcción, el desarrollo de diversos procesos constructivos representa un peligro si estos no son realizados por personal capacitado y si no se consideran las precauciones necesarias; por lo que es importante implementar en nuestros proyectos un plan de seguridad industrial, con el fin de minimizar los riesgos y el número de accidentes laborales, garantizando la integridad física de los trabajadores y evitando daños de equipos e instalaciones, por lo que se recomienda a la empresa Grupo Forte, el utilizar las herramientas necesarias para mejorar su plan de seguridad industrial, así como capacitación en las distintas áreas.

La importancia de la aplicación de medidas de seguridad industrial en la construcción consiste en hacer una buena gestión de los riesgos y peligros existentes, logrando así minimizar el número de siniestros que esta industria reporta anualmente. Se considera importante que dentro de la empresa se pueda llevar el conteo de los días sin incidentes para crear conciencia dentro de los trabajadores.

Con la aplicación de medidas de seguridad se busca convertir las construcciones en ambientes más seguros; mejorando con esto las condiciones de salud de los trabajadores, aumentando la productividad y beneficiándose las empresas mediante la reducción de tiempos de ejecución y costos que estas tendrían que asumir como consecuencia de accidentes y diferentes factores que estos traen consigo. Acciones simples, como la buena señalización en toda la empresa y carteles con medidas de seguridad, son parte del diagnóstico de necesidades.



## **4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **4.1. Aceptación o rechazo, análisis de muestreo y ensayos de laboratorio**

Los ensayos, para la verificación del cumplimiento de la norma técnica guatemalteca NTG 41086 fueron elaborados en la Universidad de San Carlos de Guatemala, específicamente en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería.

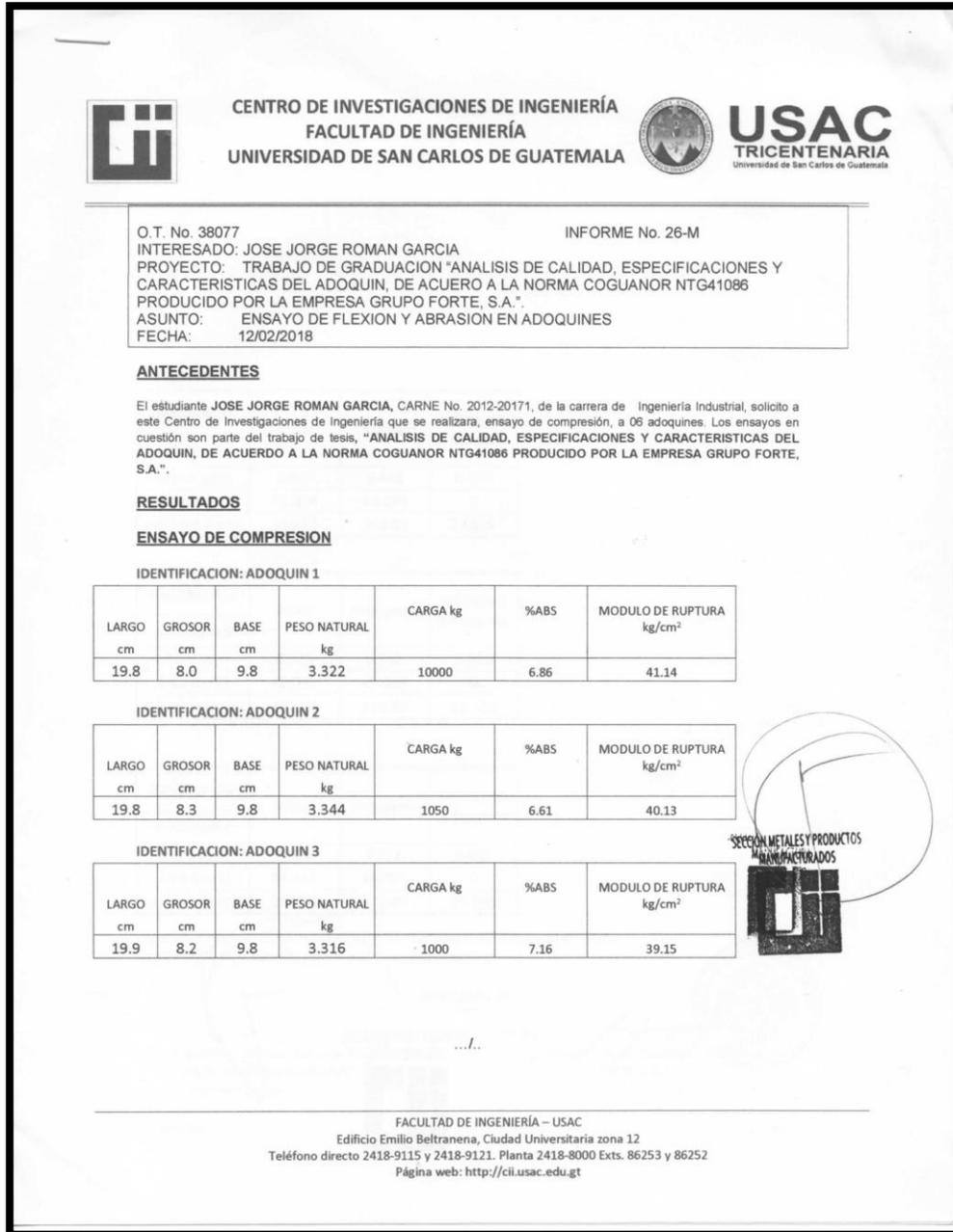
El departamento correspondiente recibió los especímenes y para la aceptación o rechazo de estos se requería que los adoquines tuvieran un módulo de ruptura promedio de acuerdo a la clasificación por módulo de ruptura del adoquín explicada anteriormente en el inciso 2.6.2; la absorción de agua debía de cumplir un valor máximo individual.

Dado que las muestras tomadas cumplieron con lo establecido en los diferentes apartados, el lote fue aceptado.

- Cumplimiento de la norma técnica guatemalteca NTG 41086

De acuerdo con los resultados obtenidos y presentados en el informe No. 26-M del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, podemos establecer que los adoquines elaborados en la empresa, Grupo Forte S.A. cumplen con la norma técnica guatemalteca NTG 41086

Figura 31. Resultado de ensayos elaborados en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería USAC 1/2



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Figura 32. Resultados de ensayos elaborados en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería USAC 2/2



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

## **4.2. Verificación de pronósticos y métodos de inventario**

Debido al tipo de producto, como es el adoquín que se puede manejar según su clasificación, designación o uso, agregándole que la empresa cuenta con un portafolio amplio en lo que se refiere a colores de estos, la empresa no realiza un pronóstico como tal.

Manejan un inventario de fluctuación, ya que la demanda del artículo, ventas y el ritmo de producción no la conocen con certeza, mantienen sus bodegas abastecidas solo con lo necesario, se manejan *stocks* de seguridad de materia prima, para no verse afectados con sobreproducción y que esta pueda afectar económicamente a la empresa.

La empresa, Grupo Forte, trabaja tanto la producción como la venta del adoquín bajo pedido, esto quiere decir que se tendrá un período desde la orden de compra hasta la entrega del producto terminado; la empresa lo ha determinado así debido a sus diferentes tipos de adoquines en cuanto a color, resistencia y formas.

## **5. MEJORAS DEL PROCESO**

### **5.1. Aplicación de Norma COGUANOR NTG 41086 para adoquines de concreto fabricados por la Empresa Grupo Forte S.A.**

El poder aplicar la norma COGUANOR NTG 41086 nos permite garantizar que los adoquines elaborados cuentan con las características y especificaciones adecuadas en cuanto a resistencia, absorción de agua y resistencia al desgaste. La importancia de estas es que constituyen la capa de rodadura que soportará directamente el tráfico al que será sometido el pavimento.

Los adoquines que se sometieron a los distintos ensayos en esta investigación cumplen con todas las especificaciones antes mencionadas.

### **5.2. Implementación de métodos de inventarios y pronósticos**

La obtención de utilidades es el objetivo primordial de las empresas, la relevancia y función de los inventarios reside en esta premisa, ya que si este no opera con efectividad, las ventas, que es el motor de la empresa, no contará con suficiente producto para poder trabajar; el cliente se inconformará y la oportunidad de tener utilidades se disuelve.

Debido al amplio portafolio que maneja la empresa, esta no utiliza ningún tipo de pronóstico, no quiere con esto decir que no es factible el utilizar algún método.

Los principales productos tienen una tendencia, utilizando un pronóstico de series de tiempo, que es una secuencia de datos uniformemente espaciada, podemos observar las variables y cómo estas se repiten.

Este tipo de pronósticos se basa en datos pasados y supone que los factores que han influido en el pasado lo seguirán haciendo en el futuro. Se pueden descomponer en tendencia, estacionalidad y variación aleatoria.

La Tendencia es el movimiento gradual de ascenso o descenso de los datos a lo largo del tiempo. Los cambios en la población e ingresos influyen en la tendencia.

La Estacionalidad es la existencia de un patrón periódico de comportamiento de los datos. Se puede deber a la climatología, las costumbres, etc. y producirse dentro de un periodo diario, semanal, mensual, anual.

Las Variaciones Aleatorias, que son “saltos” en los datos causados por el azar y situaciones inusuales, son de corta duración y no se repiten o, al menos, no lo hacen con una frecuencia determinada. Al ser aleatorias, no se pueden predecir.

### **5.3. Implementación de equipo de Seguridad industrial**

El implementar programas de seguridad industrial dentro de empresas dedicadas a la producción de materiales para construcción contribuye a mejorar el ambiente laboral, reduciendo los riesgos de accidentes y haciendo nuestros proyectos constructivos más seguros, esto trae consigo grandes beneficios para los trabajadores y la empresa en general, algunos beneficios como:

- Reducción de sanciones legales por incumplimiento de las leyes.
- Reducción del costo de los daños a la propiedad ocasionados por los accidentes, si en determinado momento los hubiesen.
- Reducción de gastos de indemnización de trabajadores por lesiones o muerte.
- Aumento en la productividad.

Los equipos de protección personal (EPP) deberán ser utilizados de acuerdo a la labor realizada y, aunque la empresa cuenta con este equipo para sus trabajadores, existen algunos equipos que se les debiese de exigir al operario para el uso en todo momento dentro de las instalaciones por el tipo de partículas en el aire y el tránsito constante de vehículos, los cuales son:

Figura 33. **Mascarillas antipartículas**



Fuente: [http://solutions.3mfrance.fr/wps/portal/3M/fr\\_FR/PPE\\_SafetySolutions\\_EU/Safety/Products/RespiratoryProtection/](http://solutions.3mfrance.fr/wps/portal/3M/fr_FR/PPE_SafetySolutions_EU/Safety/Products/RespiratoryProtection/).Consulta:25/04/2018

Figura 34. **Chalecos fosforescentes**



Fuente: <http://www.directorio-logistico.com.mx/ventajas-del-uso-de-chalecos-de-seguridad-industrial/>.Consulta:25/04/2018.

Y algunos equipos de protección colectivos como lo son:

Figura 35. **Señalización**



Fuente: <https://www.marbenabogados.com/seguridad-e-higiene-en-el-trabajo/>.Consulta:25/04/2018.

Figura 36. Rotulación



Fuente: <https://curiosoando.com/que-es-el-rombo-nfpa>.Consulta:25/04/2018.

Figura 37. Delineadores



Fuente: <http://www.jlb.com.mx/productos/trafico/postes/>.Consulta:25/04/2018.

#### 5.4. Costos asociados

Los costos en los que incurriría la empresa con relación a la seguridad industrial serian los siguientes.

Tabla XIX. **Costos asociados**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Total</b>
Mascarillas antipartículas	2 cajas	Q 200,00	Q 400,00
Chalecos fosforescentes	10	Q 40,00	Q 400,00
Rótulos	15	Q 40,00	Q 600,00
Conos viales	10	Q 60,00	Q 600,00
Cinta de señalización	5	Q 80,00	Q 400,00
<b>TOTAL</b>			<b>Q 2 400,00</b>

Fuente: elaboración propia.

La inversión es mínima y el beneficio que se obtiene es alto, las mascarillas antipartículas serán el único artículo que se estaría comprando periódicamente.

El uso que se le dará a las mascarillas antipartículas es mínimo, por lo tanto el tiempo de vida de estas se puede prolongar entre 15 y 30 días dependiendo el uso, este artículo deberá ser adquirido una vez por mes.

## CONCLUSIONES

1. Bajo el análisis de los resultados elaborados en la Universidad de San Carlos que fueron comparados con la Norma Guatemalteca COGUANOR NTG 41086 siguiendo los respectivos lineamientos que marcaba la norma en cuanto a mediciones, selección de la muestra y ensayos requeridos, se determinó que los adoquines elaborados en la empresa, cumplían con la norma.
2. Al observar y analizar los resultados de los ensayos se determina que actualmente la línea de producción cuenta con los estándares que se han establecido dentro de la empresa, buscan el cumplimiento de las metas, aún cuando no se manejan grandes cantidades de inventario, logrando una efectividad bastante aceptable en la elaboración de adoquines de concreto.
3. Por los tipos de inventario que se manejan dentro de la empresa y debido a que no se tiene establecido un método fijo de pronósticos para la elaboración de adoquines, el proceso de pedido, elaboración y entrega del producto final puede tener ciertos atrasos y, si por alguna razón sufre algún desperfecto alguna línea de producción o no se cuenta con materia prima disponible, esta ineficiencia podría causar pérdidas económicas para la compañía.
4. Se pudo observar y analizar el tipo de inventarios que se maneja dentro de la empresa, determinando que por el tipo de portafolios que manejan y por el tipo de producto que se maneja de acuerdo a su clasificación y

uso utilizan un inventario de fluctuación, esto debido a que la demanda del producto, las ventas y el ritmo de producción no se mantienen constantes, provoca que las bodegas de materia prima y producto terminado se mantengan solo con un *stock* de seguridad con el fin de no verse afectados por la sobreproducción y que esta pueda afectar económicamente la empresa.

5. Los materiales utilizados para darle color al adoquín son naturales, lo cual causa que, en algunos productos, la materia prima no sea la idónea y pueda tener grandes cambios en las especificaciones, tanto técnicas como estéticas del producto.
6. Grupo Forte cuenta con métodos de reciclaje, lo cual permite reducir considerablemente los desperdicios causados por contaminación o mala planificación y además se obtienen beneficios para la empresa.
7. La empresa cuenta con equipos de seguridad y salud ocupacional, mas no con un proyecto de seguridad que minimice aún más los riesgos laborales.

## RECOMENDACIONES

1. Tomando en cuenta que generalmente se tiene una tendencia con relación a venta y producción de los distintos productos de un portafolio, se recomienda utilizar un pronóstico de series de tiempo buscando las variables que se repiten en periodos determinados, lo cual se puede lograr con datos pasados. Este método supone que los factores que han influido en el pasado lo seguirán haciendo en el futuro.
2. Debe de existir una capacitación constante a operarios y auxiliares, tanto en las áreas de trabajo que desempeñan, como en el resto de áreas para que estén preparados y puedan realizar tareas multifuncionales, lo cual represente un beneficio en toda la Compañía.
3. Retroalimentar y capacitar al personal sobre temas de seguridad industrial y su importancia para la Compañía.
4. Continuar utilizando y maximizando el área de control de calidad con que cuentan la empresa para que el producto siga manteniéndose en norma.
5. Por los diferentes tonos y colores de los adoquines que distribuye la empresa, deben asegurarse contar con inventario suficiente de materia prima para poder cubrir la demanda.
6. El crear ambientes laborales más seguros, mejora las condiciones de salud de los trabajadores, incrementando la productividad y reduciendo los tiempos de ejecución de las tareas, lo cual se traduce en reducción

de costos y beneficio económico, por lo que se recomienda fortalecer el tema de seguridad industrial en la Empresa.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CÁRCAMO, Marcela. *Administración De Un Sistema De Aseguramiento De Calidad En El Área De Materias Primas Y Productos Intermedios En La Producción De Loza Sanitaria, Basado En El Incremento De La Eficiencia De Sus Procedimientos* [En línea]. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2271\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2271_IN.pdf). [Consulta 10 de marzo de 2016].
2. LÓPEZ, Brayan. *Indicadores de los sistemas de producción*. [En línea]. <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producci%C3%B3n/indicadores-de-producci%C3%B3n/>. [Consulta 11 de marzo de 2016].
3. MENDEZ, Edgar. *Implementación de un Programa de Mantenimiento Preventivo y Control de Inventarios en la empresa Alcances Médicos S.A.* [En línea]. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0624\\_MI.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0624_MI.pdf). [Consulta 10 de marzo de 2016].
4. MOSCOSO, Mario. *Montaje Y Puesta En Marcha De Equipo De Mezclado Para Incremento De Eficiencia En La Producción De Tubos De Concreto, En La Planta De Producción De La Empresa Los Canarios S. A.* [En línea]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1844/1/Mario%20Ren%C3%A9%20Moscoso%20S%C3%A1enz.pdf>. [Consulta 11 de marzo de 2016],

5. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL. *Manual de Producción más Limpia*, [En línea]. [http://www.unido.org/fileadmin/import/71360\\_1Textbook.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/import/71360_1Textbook.pdf). [consulta 9 de marzo de 2016].
6. OVALLE, Cesar. *Determinar La Eficiencia De Procesos En Una Planta Envasadora De Productos Industriales* [En línea]. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3209\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3209_IN.pdf). [Consulta 10 de marzo de 2016].
7. PINTO, Arabella. *Mejora Al Proceso Y Aumento De Eficiencia En Línea De Producción No. 3 Y Mesas De Acabado De Envasado En La Industria Licoreras De Guatemala* [En línea]. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3222\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3222_IN.pdf). [Consulta 9 de marzo 2016].
8. QUEMÉ, Jorge. *Propuesta Para La Reducción De Los Desperdicios De Empaque Y Materia Prima Y Mejora De La Eficiencia De La Planta De Producción De Industrias Ricks, S. A.* [En línea]. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3198\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3198_IN.pdf). [Consulta 9 de marzo de 2016].
9. REYES, Walter. *Diseño De Una Propuesta Para La Reducción Del Kpi De Días De Inventario De Material De Empaque, Mediante Métodos De Planificación Y Diseño De Un Sistema De Recolección De Agua De Lluvia Para La Planta Malher Zona 12.* [En línea]. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3218\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3218_IN.pdf). [Consulta 9 de marzo de 2016].

10. SAIDER, Lucero. *Reorganización Y Estandarización En La Línea De Producción De Fachaletas Oxford En Planta Inmaco, S. A.* [En línea].[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3093\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3093_IN.pdf). [Consulta 9 de marzo de 2016].
  
11. VELÁZQUEZ, Samuel V. 2010. *Análisis De Los Métodos Actuales, Para Incrementar La Productividad, En Una Fábrica De Velas Aromáticas*[En línea].[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2192\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2192_IN.pdf). [Consulta 10 de marzo de 2016].

