



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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA PARA LA
PRODUCCIÓN DE CONCRETO EN PLANTA SALCAJÁ, MIXTO LISTO**

Mariano Iván de León Urizar

Asesor Inga. Sigrid Alitza Calderón de León

Guatemala, marzo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA PARA LA
PRODUCCIÓN DE CONCRETO EN PLANTA SALCAJÁ, MIXTO LISTO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MARIANO IVAN DE LEÓN URIZAR

ASESOR INGA. SIGRID ALITZA CALDERÓN DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paíz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Roberto Mayorga Rouge
EXAMINADOR	Ing. Julio Cesar Rivera Peláez
EXAMINADOR	Ing. César Peláez Castellanos
EXAMINADOR	Ing. José Cecilio Baeza Gamar
SECRETARIO	Ing. René Andrino Guzmán

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA PARA LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO EN PLANTA SALCAJÁ, MIXTO LISTO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha julio de 2010.



Mariano Iván de León Urizar



Guatemala, 29 de noviembre de 2011.
REF.EPS.DOC.1517.11.11.

Ingeniera
Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Sarmiento Zeceña.

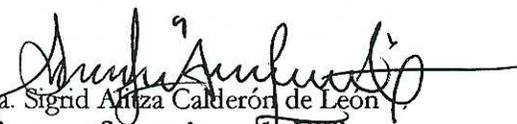
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Mariano Iván De León Urizar**, Carné No. **7912253** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA, PARA LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO EN PLANTA SALCAJA, MIXTO LISTO”**.

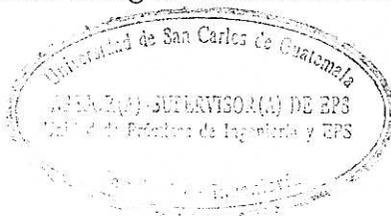
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



SACdL/ra



Guatemala, 29 de noviembre de 2011.
REF.EPS.D.1083.11.11

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA, PARA LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO EN PLANTA SALCAJA, MIXTO LISTO"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Mariano Iván De León Urizar** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León.

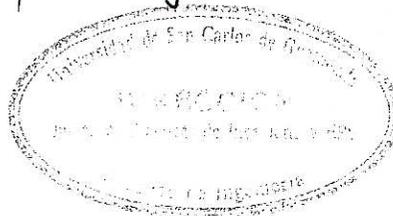
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra

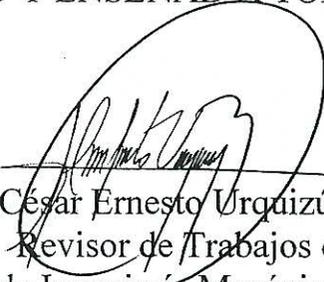




REF.REV.EMI.232.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA, PARA LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO EN PLANTA SALCAJA, MIXTO LISTO**, presentado por el estudiante universitario **Mariano Iván De León Urizar**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2011.

/mgp



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 **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA PARA LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO EN PLANTA SALCAJA, MIXTO LISTO**, presentado por el estudiante universitario **Mariano Iván De León Urizar**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


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



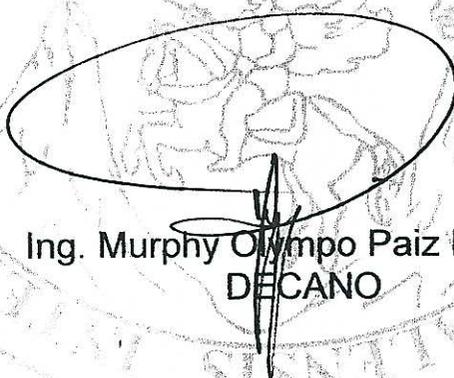
Guatemala, marzo de 2012.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA PARA LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO EN PLANTA SALCAJÁ, MIXTO LISTO**, presentado por el estudiante universitario: **Mariano Iván de León Urizar**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, marzo de 2012



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la vida para poder concluir una etapa más en mi carrera profesional dándome fortaleza y paciencia para afrontar los retos.
- Mis padres** Walter Noel de León (q.e.p.d.) y Laura Urizar, gracias por su ejemplo, por su amor y apoyo incondicional. Gracias por depositar su confianza y creer en mí.
- Mi esposa** Lilyam Pac, pilar fundamental de mi familia, gracias por existir, la amo.
- Mis hijos** Andrés, Mariana y Diego, gracias por acompañarme y compartir tantas aventuras y experiencias juntos, valen mucho para mí. Que este logro sea animador para alcanzar sus metas profesionales.
- Mis hermanos** Cristian (q.e.p.d.); Herberth, Ivonne y Sergio por ser partícipe de esta meta, gracias por estar siempre a mi lado.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por darme la oportunidad de formar parte de tan prestigiosa casa de estudios.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme los conocimientos de ingeniería que al aplicarlos, me abrió muchas puertas.

Inga. Sigrid Calderón

Por su desinteresada colaboración, apoyo y entusiasmo en la realización de este trabajo de graduación.

Mixto Listo Salcajá

Por permitirme realizar este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	1
1.1. Antecedentes de la empresa	1
1.2. Misión	3
1.3. Visión.....	3
1.4. Política de calidad.....	3
1.5. Estructura organizacional planta de producción.....	4
1.6. Actividades a que se dedica	12
1.7. Ubicación de la empresa	14
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	19
2.1. Situación actual de la producción de concreto	19
2.1.1. Diagnóstico de causas diagrama causa – efecto	23
2.1.2. Proceso.....	26
2.1.3. Maquinaria y equipo	33
2.1.4. Materias primas	35
2.1.5. Tipos de cemento.....	43
2.1.6. Clasificación de concretos.....	47

2.1.7.	Normas para la producción de concreto	49
2.1.8.	Temperaturas de las materias primas.....	55
2.1.9.	Temperaturas ambientales	63
2.2.	Sistema de enfriamiento de agua	65
2.2.1.	Sistema de obtención del agua.....	66
2.2.2.	Temperatura del agua	69
2.2.3.	Medios para disminuir la temperatura del agua	69
2.2.4.	Sistemas para enfriar el agua	72
2.2.5.	Torres de enfriamiento.....	73
2.2.6.	Diseño de sistema para enfriar el agua.....	75
2.2.7.	Características del agua para la producción de concreto.....	78
2.2.8.	Ventajas del sistema.....	80
2.2.9.	Cálculo de la torre de enfriamiento	81
2.2.10.	Materiales y accesorios para su implementación.....	86
2.2.11.	Análisis de estructura de soporte de torre de enfriamiento.....	87
2.2.12.	Costos del proyecto	87
2.2.13.	Cronograma de implementación	88
2.3.	Desarrollo para la implementación de gráficos de control de concreto fresco.....	90
2.3.1.	Normas y pruebas de concreto fresco	91
2.3.2.	Manual de control de calidad	94
2.3.3.	Procedimientos para realización de pruebas	95
2.3.4.	Diseño de gráficos de control	100
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN.....	109
3.1.	Accidentes viales	110
3.2.	Documentación de seguridad vehicular de la empresa	111

3.2.1.	<i>FPE</i> vehicular.....	111
3.3.	Operación de vehículos en planta.....	116
3.4.	Distribución de concreto	117
3.4.1.	Rutas	119
3.4.2.	Camiones mezcladores.....	119
3.4.3.	Bombas.....	120
3.4.4.	Vehículos de apoyo.....	123
3.5.	Actividades para la prevención de accidentes viales	123
3.5.1.	Bitácoras 360°	124
3.5.2.	Matriz de riesgos en planta	126
3.5.2.1.	Condiciones inseguras	132
3.5.2.2.	Actos inseguros.....	132
3.5.3.	Puntos negros.....	132
3.5.4.	Plan de emergencia	133
3.5.4.1.	Legislación vigente.....	134
3.5.4.2.	Equipo de emergencia.....	134
3.5.4.3.	Qué hacer en caso de accidente	135
4.	FASE DE DOCENCIA	139
4.1.	Capacitación al personal.....	139
4.1.1.	Propósito.....	139
4.1.2.	Elaboración	140
4.1.3.	Acciones para tomar decisiones para disminuir temperatura del agua, plan de contingencia.....	144
4.1.4.	Implementación de gráficos de control	146
4.1.5.	Utilización de formatos	148
4.1.6.	Uso de gráficos de control.....	151

CONCLUSIONES 153
RECOMENDACIONES 155
BIBLIOGRAFÍA 157
ANEXOS 161

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama gerencial de la unidad de negocio de concreto y predosificados	5
2.	Organigrama de región 4, planta Salcajá Mixto Listo	6
3.	Localización de la planta en jurisdicción de Salcajá, Quetzaltenango.....	16
4.	Ubicación de la planta en jurisdicción de Salcajá, Quetzaltenango.....	17
5.	Componentes del concreto: cemento, agua, agregado fino, agregado grueso	20
6.	Diagrama causa – efecto, para la producción de concreto, planta Salcajá	25
7.	Diagrama de flujo del proceso de producción del concreto premezclado	29
8.	Agregado fino (arena)	36
9.	Agregado grueso. Grava redondeada (izquierda) y piedra triturada (derecha).....	37
10.	Temperaturas mínimas para la colocación de concreto	54
11.	Temperatura de materiales, concreto y medio ambiente por la mañana	59
12.	Temperatura de materiales, concreto y medio ambiente a medio día.....	60
13.	Temperatura de materiales, concreto y medio ambiente al final del día	62

14.	Flujo de agua actual para la producción de concreto planta Salcajá.....	68
15.	Torre de enfriamiento de tiro inducido	76
16.	Flujo de agua propuesto para la producción de concreto planta Salcajá.....	77
17.	Características del agua planta Salcajá	78
18.	Características de agua para torre de enfriamiento	79
19.	Cálculo para determinar el consumo de agua planta Salcajá.....	82
20.	Ensayo de revenimiento	92
21.	Medición de temperatura	94
22.	Prueba para determinar el revenimiento	100
23.	Horas de producción mes uno	102
24.	Representación gráfica de sub lotes	104
25.	Gráfico de control para temperatura	105
26.	Gráfico de control para revenimiento	107
27.	Equipo de protección personal	135
28.	Formato recolección de datos de pruebas de concreto fresco	149
29.	Hojas electrónicas para ingresar datos	150

TABLAS

I.	Funciones por puesto	7
II.	Resumen de las operaciones del proceso de elaboración de concreto premezclado	31
III.	Características de los agregados	38
IV.	Tipos de cemento según Normas ASTM C-150 o ASTM C-1157	44
V.	Normas utilizadas para analizar agregados	50
VI.	Normas utilizadas para análisis de concreto	51
VII.	Temperatura de materias primas, concreto y ambientales.....	57

VIII.	Temperatura de materiales, concreto y medio ambiente por la mañana	58
IX.	Temperatura de materiales, concreto y medio ambiente al medio día	60
X.	Temperatura de materiales, concreto y medio ambiente al final del día	61
XI.	Temperatura del agua durante el día	70
XII.	Monitoreo de temperaturas planta Salcajá	84
XIII.	Datos para especificar torre de enfriamiento	85
XIV.	Costos de materiales	86
XV.	Costos del proyecto	87
XVI.	Cronograma de implementación del proyecto	89
XVII.	Intervalos de tiempos para muestreo	103
XVIII.	Asentamientos de concretos	106
XIX.	Estructura de <i>FPE</i> vial	113
XX.	Estándar de conducción.....	118
XXI.	Procedimiento de conducción de camiones	121
XXII.	Procedimiento de manejo vehículo liviano	124
XXIII.	Matriz de riesgos en planta	129
XXIV.	Información en caso de accidente.....	137
XXV.	Teléfonos de emergencias.....	137

LISTA DE SIMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetros
°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit
gl	Galones
hrs	Horas
kg	Kilogramos
kg/m³	Kilogramo por cada metro cúbico
kW	Kilovatios
lbs	Libras
psi	Libras sobre pulgada cuadrada
lt	Litros
m	Metros

mm	Milímetros
min	Minutos
ppm	Partes por millón
pulg	Pulgada
Q	Unidad monetaria de quetzales
W	Vatios

GLOSARIO

ACI	<i>American Concrete Institute</i> o Instituto Americano del Concreto, que tiene por objetivo promover el conocimiento del concreto, de la realización de seminarios, la gestión de los programas de certificación y la publicación de documentos técnicos.
AGREGUA	Empresa que proporciona agregados (arena, piedrín), para la producción del concreto.
Antisol	Solución de parafina en solventes orgánicos que forma, al aplicarse sobre concreto fresco, una película de baja permeabilidad que evita la pérdida prematura de humedad.
Batchada	Carga de la mezcla de concreto, que se descarga a los camiones mezcladores por metro cúbico.
Bitácora 360º	Documento que sirve para registrar las observaciones a los vehículos antes de operarlos.
Blower	Un compresor en un motor de combustión interna, que se utiliza para trasegar el cemento de un silo a otro silo.

Bolsa de predosificados	Materiales secos de agregados, cemento y arena, dosificados con las medidas exactas que al añadirle agua se obtiene concreto.
<i>Bureau of Reclamation Manual</i>	Manual de Rehabilitación consiste en una serie de políticas y directivas y normas, para asignar la responsabilidad de establecer y documentar en todo los métodos de hacer negocios.
Cemento Portland	Material aglutinante que presenta propiedades de adherencia y cohesión, permitiendo la unión de fragmentos minerales entre sí.
CFB	Designación de un tipo de cemento de alta resistencia inicial, utilizado para hacer productos de concreto prefabricados.
Chifle	Extensión del camión mezclador para descargar el concreto.
<i>Chiller</i>	Máquina que extrae el calor de un líquido a través de compresión de vapor o ciclo de refrigeración por absorción.
Clinker	Caliza cocida, principal materia prima de la que se obtiene el cemento.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.

Colado	La acción de vaciar el concreto fresco en la cavidad de un elemento a fundir.
<i>Command Batch</i>	Sistema de automatización del proceso de plantas para la producción de concreto.
Concreto premezclado	Mezcla de agregados, agua y cemento hecho en una planta dosificadora y transportado en un camión agitador.
Cubicador	Persona que determina la cantidad de metros cúbicos a fundir y vende el concreto.
Descascaramiento	Desprendimiento de una superficie terminada de concreto endurecido como resultado de su exposición a ciclos de congelación y deshielo.
Flujómetro	Aparato que sirve para medir el volumen de corriente en los aditivos con una alta precisión.
<i>FPE</i>	<i>Fatality Prevention Element</i> , que significa, prevención a un elemento con potencial a fatalidad.
FRP	Fibra de plástico reforzado es un material compuesto hecho de un polímero reforzado con fibra de vidrio.

GPS	<i>Global Positioning System</i> , sistema global de navegación por satélite que permite fijar a escala mundial la posición de un objeto.
Gravimétrico	Determina la cantidad proporcionada de un elemento, compuesto presente en la mezcla, eliminando todas las sustancias que interfieren y convirtiendo el componente deseado, en un compuesto de composición definida, que sea susceptible de pesarse.
Granulometría	Es la medida de las dimensiones de los agregados, gruesos y finos. Se hace con la acción de hacer pasar las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de entramado que actúen como filtros de los granos que se llama comúnmente columna de tamices.
Hidroneumático	Sistema formado por una bomba y un tanque que mantienen un suministro de agua a una presión constante en toda la tubería.
HDP	Polietileno de alta densidad, termoplástico hecho de petróleo.

Intemperismo	Acción combinada de procesos (climáticos, biológicos, etc.) mediante los cuales la roca es descompuesta y desintegrada por la exposición continua a los agentes atmosféricos, transformando las rocas masivas y duras en un manto residual finamente fragmentado.
Metroexpress	Nombre comercial, dado el sistema de distribuir concreto con capacidad de un metro cúbico.
Normas ASTM	Documento desarrollado y establecido dentro de los principios de consenso de la organización ASTM, que establece los requisitos de los procedimientos y regulaciones de materiales.
Revenimiento	La prueba de revenimiento muestra la fluidez del concreto a través de su consistencia. Disminución de la altura de una muestra de concreto fresco, debido a la gravedad, al ser sacada de un molde estándar llamado Cono de Abrams.
<i>Round trip</i>	Tiempo de viaje, de un camión mezclador al salir de planta, llegar al punto de descarga y volver a planta.

Software	Equipamiento lógico o soporte lógico de un sistema informático; comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas, denominados programas.
Stacker	Apilador, es una máquina utilizada en el manejo de materiales a granel.
Temperatura de bulbo húmedo	Es la temperatura que da un termómetro bajo sombra, con el bulbo envuelto en una mecha de algodón húmedo bajo una corriente de aire.
Temperatura de bulbo seco	Temperatura seca del aire de un entorno.
Trabajabilidad	Facilidad de colocar, consolidar y acabar al concreto recién mezclado.
Totes	Tanques de almacenamiento de líquidos con diferentes capacidades volumétricas.

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado, para una planta que produce concreto premezclado, ubicada en el municipio de Salcajá, del departamento de Quetzaltenango.

La comercialización de concreto premezclado, al momento de su entrega en la obra debe cumplir con las especificaciones requeridas por los clientes, siendo una de ellas, la temperatura del concreto fresco, al no cumplirse es rechazado el producto.

En esta planta, cumplir con esta especificación, ha sido en repetidas ocasiones difícil, al realizar un análisis de causas se identificó que las materias primas para la producción tienen gran impacto en la temperatura del concreto fresco.

De las materias primas, el agua es la más fácil de enfriar, planteándose, diseñar un sistema de enfriamiento de agua, utilizando torres de enfriamiento, equipo capaz de integrarse al proceso de forma mecanizada, sin aumentar las operaciones.

También se complementan los planes de calidad, al implementar el uso de gráficos de control, para poder monitorear dos de las especificaciones que más se utilizan para la entrega de concreto, siendo éstas: la temperatura concreto fresco y el revenimiento.

En la operación del concreto premezclado, el uso de distintos vehículos es intensivo, como consecuencia se mantiene un riesgo latente de accidentes viales, para prevenirlos se implementó parte de una iniciativa denominada FPE, que lleva como fin reducir los accidentes donde se involucren vehículos.

Para el desarrollo de este trabajo se contó con la participación de los colaboradores de planta, obteniéndose un aumento en las competencias de los mismos, logrando con ello un mejor desempeño.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema mecánico, que permita reducir la temperatura del agua, en un gradiente mínimo de 8 °C, utilizando para ello la menor energía, con lo cual se obtendrán temperaturas de concreto, con un máximo 32 °C, según Norma ASTM C-94.

Específicos

1. Establecer mediante un estudio técnico-práctico, el impacto de la temperatura en las materias primas y su relación con la temperatura del concreto.
2. Reducir los costos directos de producción de concreto en la compra materias primas, al adoptar distintas acciones para poder lograr la temperatura adecuada del concreto, con la menor inversión.
3. Dejar diseñado un sistema de enfriamiento de agua, que su operación sea acoplada a proceso de producción, de manera automática.
4. Comparar los distintos mecanismos que sirven para disminuir la temperatura del agua para la producción de concreto.
5. Implementar un sistema de control industrial, utilizando para ello gráficos de control.

6. Capacitar al personal de planta en el uso de los gráficos de control y acciones a tomar con base en los resultados.

INTRODUCCIÓN

Es importante presentar una solución integral para resolver la problemática de la planta Salcajá, para que la temperatura del concreto fresco, al momento de su entrega, cumpla con las especificaciones de sus clientes.

Como primer paso se hizo un análisis de las causas que tienen influencia en la temperatura del concreto fresco, determinándose que las materias primas son las causantes de la temperatura del concreto, por lo que la solución se basa en el uso de un sistema de enfriamiento del agua utilizada en la mezcla.

Se evaluaron los distintos medios para enfriar el agua para seleccionar el que mejor se adapte al proceso y a la maquinaria instalada en la planta para llegar al diseño de un sistema de enfriamiento de agua para la producción.

También se describe en el trabajo de graduación la implementación de los gráficos de control para complementar los planes de control de calidad, logrando con ello tomar acciones inmediatas durante el proceso, disminuyendo las *batchadas* defectuosas de concreto.

Como parte de una iniciativa de contingencia, se incluyen, recomendaciones y procedimientos para evitar los accidentes viales, contingencia planteada por el departamento de seguridad de la empresa, por el continuo uso de los vehículos para la operación.

Se describe cómo se llevó a cabo la capacitación al personal, para la implementación de los gráficos de control, comunicación de recomendaciones y procedimientos con respecto a los accidentes viales y se listan los contenidos transmitidos.

La estructura del documento, presenta en el primer capítulo la información general de la empresa, con aspectos generales de la misma, en el segundo capítulo se desarrolla todo el proceso para diseñar un sistema de enfriamiento de agua, basados en un análisis de causas.

El tercer capítulo, se detallan las recomendaciones y procedimientos como medidas preventivas y acciones en caso de accidentes viales, como parte de un iniciativa *FPE* de la empresa, y el cuarto capítulo hace mención de cómo se llevó a cabo la transferencia de conocimientos al personal.

Toda la información utilizada para el desarrollo del trabajo se limitó a las operaciones de producción y distribución de concreto premezclado de la planta Salcajá y su radio de influencia.

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

1.1. Antecedentes de la empresa

Mixto Listo es una empresa privada, perteneciente a la Unidad de Concreto del grupo Cementos Progresos dedicada a la fabricación, distribución y colocación de concreto premezclado y otros servicios para la industria de la construcción.

Mixto Listo inició sus operaciones en noviembre de 1954, con una primera planta de producción de concreto ubicada en Finca La Pedrera zona 6, Planta Norte.

En 1963 la flota de transporte del concreto se duplicó y su presencia empezó a notarse. Se compró equipo de bombeo adecuado para fundir a mayor altura.

En 1965 se instala la tercera planta de producción de concreto premezclado en Escuintla.

En 1994 se construyeron dos silos de cemento, para almacenar entre 7 000 y 10 000 sacos para las plantas Norte y Sur.

Debido a una demanda creciente en sector de la construcción, se han ubicado estratégicamente, 16 plantas, su mayoría en el área metropolitana de Guatemala.

Cuenta con más de 60 años al servicio de la construcción, tiempo que ha servido para acumular experiencia, confiabilidad y conocimiento sobre el negocio a que se dedica, al proveer soluciones de concreto en todas las obras de Guatemala.

Mixto Listo cuenta actualmente con más de 300 colaboradores, más de 130 vehículos, alrededor de 35 equipos de bombeo de alta tecnología, suministrando las mejores soluciones en fundición, a un precio justo y rentable, cumpliendo las especificaciones, excediendo las expectativas del cliente e innovando constantemente.

En el 2002 inicia operaciones en Quetzaltenango, colocando su planta en el cantón Xecaracoj, Sector 2 del municipio de Quetzaltenango, posteriormente en el 2007 traslada, su planta al kilómetro 193 carretera interamericana, en el municipio de Salcajá, del departamento de Quetzaltenango, siendo ésta la sede para atender el sur occidente de la república.

Actualmente la región cuatro, está compuesta por 4 plantas: Salcajá, Ilostenango, Huehuetenango y Metroexpress.

Para la distribución de concreto en la región, se cuenta con una flota de 18 vehículos, con capacidades de 7 y 6 metros cúbicos, 4 con capacidad de 1 metro cúbico para metroexpress y 3 bombas, para la elevación y colocación del concreto en las obras.

1.2. Misión

"Suministrar las mejores soluciones en fundición a un precio justo y rentable, cumpliendo las especificaciones, excediendo las expectativas del cliente e innovando constantemente"¹

1.3. Visión

“Ser la empresa más confiable en soluciones de fundición y la primera alternativa en la industria de la construcción”¹

1.4. Política de calidad

En la empresa, se produce concreto premezclado para la construcción, y el aseguramiento de la calidad del mismo se basa en las leyes de probabilidad, realizando pruebas internas, para garantizar que el concreto producido cumpla con las normas internacionales de calidad.

Proporcionando valor agregado a los clientes, accionistas, colaboradores y demás partes interesadas, a través de un compromiso con la mejora continua de los procesos, productos y servicios y el cumplimiento de la legislación y otros acuerdos suscritos por la planta.

¹ Manual de inducción Mixto Listo. 2009 p. 10-11

La empresa está comprometida a:

- Proveer ambientes de trabajo seguros y saludables dentro de las instalaciones, identificando, controlando y reduciendo los riesgos significativos, buscando eliminarlos con el fin de prevenir los incidentes y enfermedades ocupacionales.
- Realizar actividades compatibles con el medio ambiente utilizando de forma racional los recursos naturales, previniendo la contaminación ambiental, eliminando, reduciendo o controlando los impactos significativos al aire, suelo y agua.
- Satisfacer los requerimientos de los clientes asegurando la calidad de los productos, optimizando los procesos y gestionando el mantenimiento.

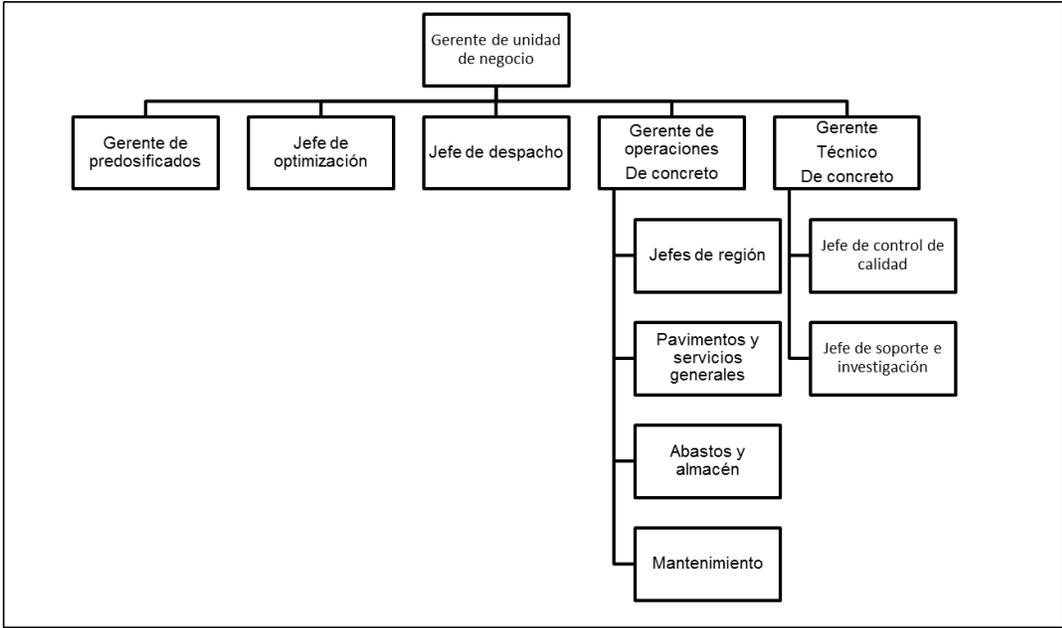
1.5. Estructura organizacional planta de producción

La estructura organizacional de la Planta Salcajá, Mixto Listo, se encuentra dentro de la estructura de la Unidad de Concreto, del grupo de empresas de Cementos Progreso.

La Unidad de Concreto tiene a su cargo las plantas concreteras, las plantas de bolsas de pre-dosificados, entre otros departamentos, a nivel nacional y centroamericano, dirigida por el Gerente de la Unidad, ver figura 1.

La producción de concreto está regionalizada, para poder estar más cerca de los proyectos y clientes, dividiendo los recursos por áreas de acción y logrando coordinar mejor las actividades y cumplir eficientemente con los clientes.

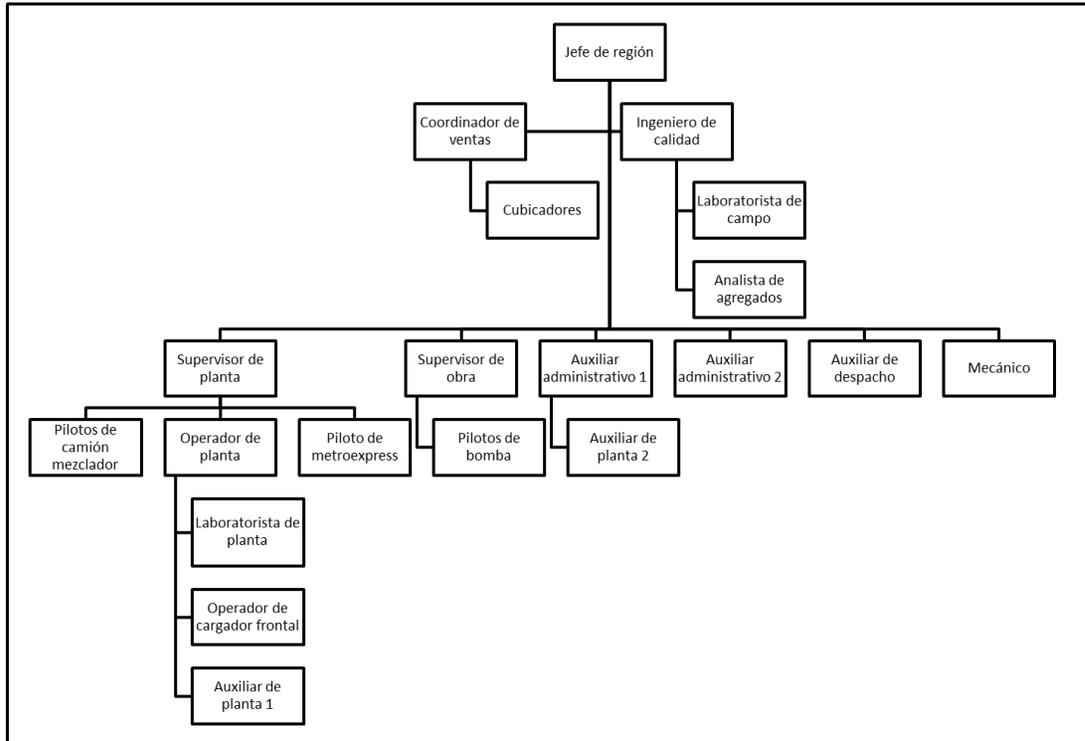
Figura 1. **Organigrama gerencial de la unidad de negocio de concreto y predosificados**



Fuente: elaboración propia.

La región 4, su campo de acción es el occidente de la república de Guatemala, teniendo la responsabilidad de toda la operación, abarcando las siguientes áreas: producción, control de calidad, almacén, administración, distribución, bombeo, colocación, mantenimiento y comercialización, del concreto, dirigida por el Jefe de Región, teniendo a su cargo 40 colaboradores, la figura 2, muestra la estructura organizativa.

Figura 2. Organigrama de región 4, planta Salcajá Mixto Listo



Fuente: elaboración propia.

En la tabla I se describe las funciones de cada puesto de trabajo, de la planta Salcajá, Mixto Listo.

Tabla I. Funciones por puesto

COORDINADOR DE VENTAS	Cantidad: 1
<p><u>FUNCIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizar presupuestos y cotizaciones ✓ Cubicar obras ✓ Verificar accesos ✓ Cobrar ✓ Entregar facturas ✓ Cotizar agregados y/o materiales ✓ Coordinar a los cubicadores ✓ Asistir a los clientes, de los ejecutivos de ventas y cuentas claves ✓ Realizar informes ✓ Coordinar con operaciones las programaciones 	
CUBICADORES	Cantidad: 3
<p><u>FUNCIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizar presupuestos y cotizaciones ✓ Cubicar obras ✓ Verificar accesos ✓ Cobrar ✓ Entregar facturas ✓ Cotizar agregados y/o materiales ✓ Revisar condiciones de seguridad en obra ✓ Autorizar excedentes de cubicaciones al momento de despacho 	
OPERADOR DE PLANTA	Cantidad: 2
<p><u>FUNCIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Coordinar y realizar programa para los pilotos mezcladores ✓ Programar las bombas ✓ Despachar los camiones ✓ Verificar existencias de materiales ✓ Coordinar todo lo relacionado entre planta y obra (envío de antisol, laboratorista, aditivos, etc.) ✓ Ingresar los datos al <i>comand batch</i> ✓ Llevar el seguimiento de despacho (<i>round trip</i>, cumplimiento) ✓ Cuadrar despachos (guías) con salida de materiales ✓ Coordinar al personal de planta ✓ Verificar calidad de concreto ✓ Resolver problemas menores de planta ✓ Coordinar mantenimiento de planta 	
LABORATORISTA DE PLANTA	Cantidad: 2
<p><u>FUNCIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificar calidad de concreto en mezcladores ✓ Realizar las pruebas en planta de concreto ✓ Hacer la limpieza del lugar de trabajo ✓ Realizar pruebas de humedades a agregados ✓ Realizar reportes de pruebas ✓ Dar apoyo cuando es necesario laboratorio en campo ✓ Apoyar en el laboratorio de agregados ✓ Informar características del concreto ✓ Desencofrar cilindros provenientes de campo 	

Continuación de la tabla I.

OPERADOR DE CARGADOR FRONTAL	Cantidad: 2
<u>FUNCIONES:</u> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizar homogenización de agregados ✓ Abastecer tolvas de planta ✓ Mantener limpio el área de ripio ✓ Hacer la limpieza de fosa de la vado de camiones ✓ Realizar cualquier trabajo de movimientos de tierra en planta ✓ Hacer la limpieza de cuneta de desfogue de aguas residuales ✓ Realizar limpieza del área de cargadero ✓ Controlar las existencias de agregados ✓ Revisar las góndolas que traen los agregados (Cantidad y calidad) ✓ Apoyar el mantenimiento de planta ✓ Apilar agregados 	
AUXILIAR DE PLANTA 1	Cantidad: 3
<u>FUNCIONES:</u> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Hacer la limpieza de toda el área de planta ✓ Manipular el <i>Stacker</i> ✓ Entregar aditivos y materiales de bodega ✓ Cubrir el puesto de Auxiliar de Planta 2 (almacén) ✓ Hacer la limpieza de equipo de planta ✓ Trasladar cilindros hacia laboratorio ✓ Hacer al abastecimiento de combustible a generadores ✓ Dar apoyo en desencofrar cilindros ✓ Apoya en limpieza general de planta ✓ Hacer la preparación de área a pavimentar 	
LABORATORISTA DE CAMPO	Cantidad: 2
<u>FUNCIONES:</u> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizar pruebas de concreto en campo ✓ Hacer la elaboración de espécimen en campo ✓ Aplica aditivos en obra ✓ Dar apoyo a laborista de planta ✓ Dar apoyo en laboratorio de agregados 	
ANALISTA DE AGREGADOS	Cantidad: 1
<u>FUNCIONES:</u> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizar inspecciones de OH&S ✓ Realizar charlas de 5 minutos ✓ Coordinar todas las actividades de OH&S ✓ Realizar programación de personal de plantas ✓ Solicitar y coordinar traslado de cemento a plantas ✓ Realizar planilla de horas extras, bonos de producción y viajes de pilotos ✓ Supervisar la producción diaria ✓ Atender clientes para poder programarlos ✓ Coordinar con proveedores, actividades de mejoras en plantas ✓ Realizar informes de OH&S ✓ Revisar bitácoras 360 de vehículos y planta ✓ Coordinar el envío de vehículos a mantenimiento ✓ Realizar informes de disponibilidad de plantas y vehículos 	

Continuación de la tabla I.

INGENIERO DE CALIDAD	Cantidad: 1
<p><u>FUNCIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizar reporte de horas extras de todo su personal a cargo ✓ Programar laboratoristas de campo ✓ Programar muestreos en planta y campo ✓ Programar análisis granulométricos ✓ Chequear los agregados en planta y patios de Agregua ✓ Controlar las resistencias mixto listo y metroexpress ✓ Realizar reportes de resistencias a clientes ✓ Realizar permisos de trabajo ✓ Verificar ingreso de humedades diarias al comand ✓ Chequear la consistencia de trabajabilidad del concreto ✓ Dar apoyo en operación de planta ✓ Elaborar pruebas del concreto ✓ Verificar temperatura de pilas de curado ✓ Realizar inspecciones en obra ✓ Atender reclamos ✓ Coordinar con el departamento técnico diseño de mezclas ✓ Cubrir a supervisor de planta ✓ Chequear pruebas de concreto fresco en planta u obra 	
AUXILIAR ADMINISTRATIVO 2	Cantidad: 1
<p><u>FUNCIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Notificar pedidos ✓ Validar precios de venta contra pedidos ✓ Coordinar el traslado e información para facturación a Cementos Progreso ✓ Llevar control pagos de clientes ✓ Llevar control de pagos de clientes ✓ Llevar control de recibos de caja de pago de clientes ✓ Llevar control de pago de excedentes de despacho ✓ Realizar integraciones de cuentas de clientes ✓ Apoyar a servicio al cliente ✓ Asistir en la programación de despacho de concreto 	
AUXILIAR DE DESPACHO	Cantidad: 1
<p><u>FUNCIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Atender a los clientes ✓ Realizar la programación de despachos ✓ Coordinar todas las cubicaciones ✓ Asignar obras a cubicadores ✓ Trasladar información de pedidos de clientes ✓ Dar seguimiento a despachos ✓ Coordinar con los grupo de colocación programación ✓ Atender reclamos de clientes ✓ Realizar depósitos de pagos de venta de concreto ✓ Realizar liquidaciones de gastos de caja chica ✓ Realizar reportes de despachos diario 	

Continuación de la tabla I.

AUXILIAR ADMINISTRATIVO 1	Cantidad: 1
<p><u>FUNCIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Descargar inventarios ✓ Realizar la creación de pedidos de traslado de cemento (para proyectos) ✓ Solicitar agregados (para proyectos) ✓ Solicitar orden de compra (para proyectos) ✓ Calcular semanalmente el volumen de agregados a consumir y enviar la información al proveedor (Agregua) ✓ Escribir el No. de pedido, No. de entrega en guías de despacho de cada cliente ✓ Elaborar reportes de accesorios ✓ Proporcionar soporte a las áreas de notificación y despacho, con aspectos relacionados al proceso de ventas, clientes, facturación, etc. ✓ Solicitar órdenes de compra ✓ Verificar precios de orden de compra ✓ Aceptar las facturas de los proveedores, cuando corresponda (no aceptación de servicios) ✓ Generar y mantener el clima de relaciones comerciales con el proveedor ✓ Mantener una comunicación constante con el proveedor ✓ Elaborar reportes de inventario fin de mes ✓ Comparar de inventarios físicos y teóricos ✓ Crear reservas de suministros y contabilizarlas ✓ Cargar inventarios a través de aceptaciones de facturas ✓ Registrar semanalmente el ingreso de materiales (agregados) a inventario ✓ Asistir a bodeguero en la recepción de mercaderías ✓ Enviar información a ciudad capital a cerca del consumo diario de combustible ✓ Realizar elaboración de controles de consumos de grasas y lubricantes ✓ Elaborar reportes de accesorios ✓ Solicitar citas médicas ✓ Elaborar controles de citas médicas ✓ Solicitar pagos por servicios a clínica médica y medicinas ✓ Solicitar cartas laborales a empleados ✓ Guiar al empleado con relación al proceso de préstamos BANTRAB ✓ Ampliar información al empleado a cerca de dudas relacionadas al pago de cada mes. (descuentos, costo de horas extras, suspensiones etc.) ✓ Solicitar a RH, carnés de IRTRA, IGSS además otros documentos que interesan al empleado. personas solicitantes de plazas con relación a la solicitud de empleo ✓ Explicar al empleado el proceso de préstamos de asociación solidarista ✓ Solicitar los insumos y/o servicios que se cancelan con cheque de caja chica ✓ Generar y mantener el clima de relaciones comerciales con el proveedor ✓ Elaborar detalles de unidades en mantenimiento 	
MECANICO	Cantidad: 1
<p><u>FUNCIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Llevar el control de mantenimiento de la flota ✓ Coordinar el envío de unidades para servicio ✓ Realizar reparaciones de camiones y planta, eléctricos, mecánicos y neumáticos ✓ Asistir en ruta a camiones ✓ Supervisar cambios de llantas ✓ Realizar mantenimiento de planta e instalaciones ✓ Apoyar en envío papelería ✓ Apoyar en recoger cilindros en obras 	

Continuación de la tabla I.

AUXILIAR DE PLANTA 2	Cantidad: 1
<u>FUNCIONES:</u> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Llenar el control de combustible de planta y camiones ✓ Controlar los materiales de almacén ✓ Entregar materiales para obras y operación de plantas ✓ Llevar el control de inventarios físico y Kardex ✓ Acondicionar y recibir lo trasladado entre almacenes ✓ Lubricar la planta ✓ Abastecer los generadores de combustible ✓ Apoyar actividades de pavimentación de planta ✓ Hacer la limpieza de planta ✓ Apoyar al mecánico de planta 	
PILOTO DE MEZCLADOR	Cantidad: 13
<u>FUNCIONES:</u> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Distribuir concreto ✓ Reportar fallas de vehículo ✓ Colocar marchamo en chifle ✓ Trasladar aditivos a obra ✓ Manejar las guías de despacho ✓ Revisar accesos a obra 	
PILOTO DE BOMBA	Cantidad: 3
<u>FUNCIONES:</u> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Bombear concreto ✓ Llenar reporte de operación ✓ Reportar calidad de concreto ✓ Coordinar con grupos de colocación ✓ Reportar fallas en vehículo ✓ Reportar fallas de bomba ✓ Coordinar camiones a obra con despacho ✓ Llevar control de tubería ✓ Apoyar en manejo de camiones mezcladores 	
PILOTO METROEXPRESS	Cantidad: 1
<u>FUNCIONES:</u> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Distribuir concreto ✓ Reportar fallas de vehículo ✓ Trasladar aditivos a obra ✓ Manejar las guías de despacho ✓ Revisar accesos a obra Trasladar concreto a obra ✓ Apoyar en actividades de mixto listo ✓ Regar patios de planta ✓ Apoyar en laboratorio de agregados ✓ Descargar cemento envasado 	

Continuación de la tabla I.

SUPERVISOR DE PLANTA	Cantidad: 1
<p><u>FUNCIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizar inspecciones de OH&S ✓ Realizar charlas de 5 minutos ✓ Coordinar todas las actividades de OH&S ✓ Realizar programación de personal de plantas ✓ Solicitar y coordina traslado de cemento a plantas ✓ Realizar planilla de horas extras, bonos de producción y viajes de pilotos ✓ Supervisar la producción diaria ✓ Atender clientes para poder programarlos ✓ Coordinar con proveedores, actividades de mejoras en plantas ✓ Realizar informes de OH&S ✓ Revisar bitácoras 360 de vehículos y planta ✓ Coordinar el envío de vehículos a mantenimiento ✓ Realizar informes de disponibilidad de plantas y vehículos 	
SUPERVISOR DE OBRA	Cantidad: 1
<p><u>FUNCIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Asignar a pilotos de bomba según programación ✓ Realizar planilla de pilotos de bomba ✓ Supervisar obras ✓ Realizar reporte de supervisión de colocación ✓ Evaluar los riegos en obra ✓ Atender reclamos ✓ Realizar reportes de reclamos ✓ Coordinar mantenimiento de bombas 	

Fuente: elaboración propia.

1.6. Actividades a que se dedica

Planta Salcajá, Mixto Listo, constituye una solución a la demanda de concreto premezclado de la zona de Quetzaltenango, Retalhuleu, Mazatenango, San Marcos, Huehuetenango, Sololá y Totonicapán, cuando la distancia hacia lugares de esos departamentos permita que el concreto se mantenga en un estado plástico, adecuado para colocarlo en el elemento a fundir.

Para poder lograr cumplir con la demanda, realiza tres actividades, siendo estas:

- Fabricación de concreto premezclado: este es un proceso sencillo que consiste en dosificar los agregados (arena y piedrín), agua, cemento y aditivos para concreto, por medio de una planta, que luego de ser pesados se descargan a un camión mezclador.

Todo el proceso de dosificación, se realiza de manera automatizada, controlado a través de un programa computarizado.

Ya en el camión, se realiza la mezcla de todos los componentes, para su homogenización. Posterior a esto se realiza una inspección, por parte del laboratorista de planta, para determinar que las especificaciones solicitadas por el cliente, se cumplan en el producto

- Distribución de concreto premezclado: ya el concreto dentro del camión, el piloto recibe una guía, la cual contiene los datos necesarios para realizar la entrega.

El piloto después de recibir el visto bueno, por parte de laboratorista de planta, coloca el marchamo al chifle, para garantizar que la cantidad especificada en la guía, esté contenida dentro del camión.

Toda la distribución es controlada por un sistema de seguimiento dinámico en tiempo real. El cual consiste en un programa que se alimenta por las señales que envían los *GPS* ubicados en los camiones a unas terminales, donde se registran los movimientos del vehículo.

Este sistema nos permite programar todas las obras, ubicar los camiones y bombas, también nos permite determinar la frecuencia con la que se deben enviar los camiones.

- Colocación de concreto premezclado: este es un servicio que brinda a sus clientes Mixto Listo, el cual consiste en colocar el concreto, en los distintos elementos que los clientes necesitan fundir.

El camión que lleva el concreto a las obras, puede descargar de dos formas, denominadas: directa o con bomba.

Descarga directa significa que el concreto se descarga del camión directo al elemento a fundir, para lo cual las personas que lo van a colocar, lo esparcen dentro de la formaleta del elemento.

Descarga con bomba, es cuando se requiere de un equipo especial para bombear concreto, el camión descarga el concreto a la tolva de la bomba, posteriormente es bombeado a una tubería que lo conduce al elemento a fundir.

El personal de colocación se encarga de ubicar el concreto dentro de la formaleta del elemento, utilizando las distintas herramientas para el caso, pero principalmente utiliza un equipo de vibración, que tiene la finalidad de consolidar totalmente el concreto y sacar a las superficies las burbujas de aire.

1.7. Ubicación de la empresa

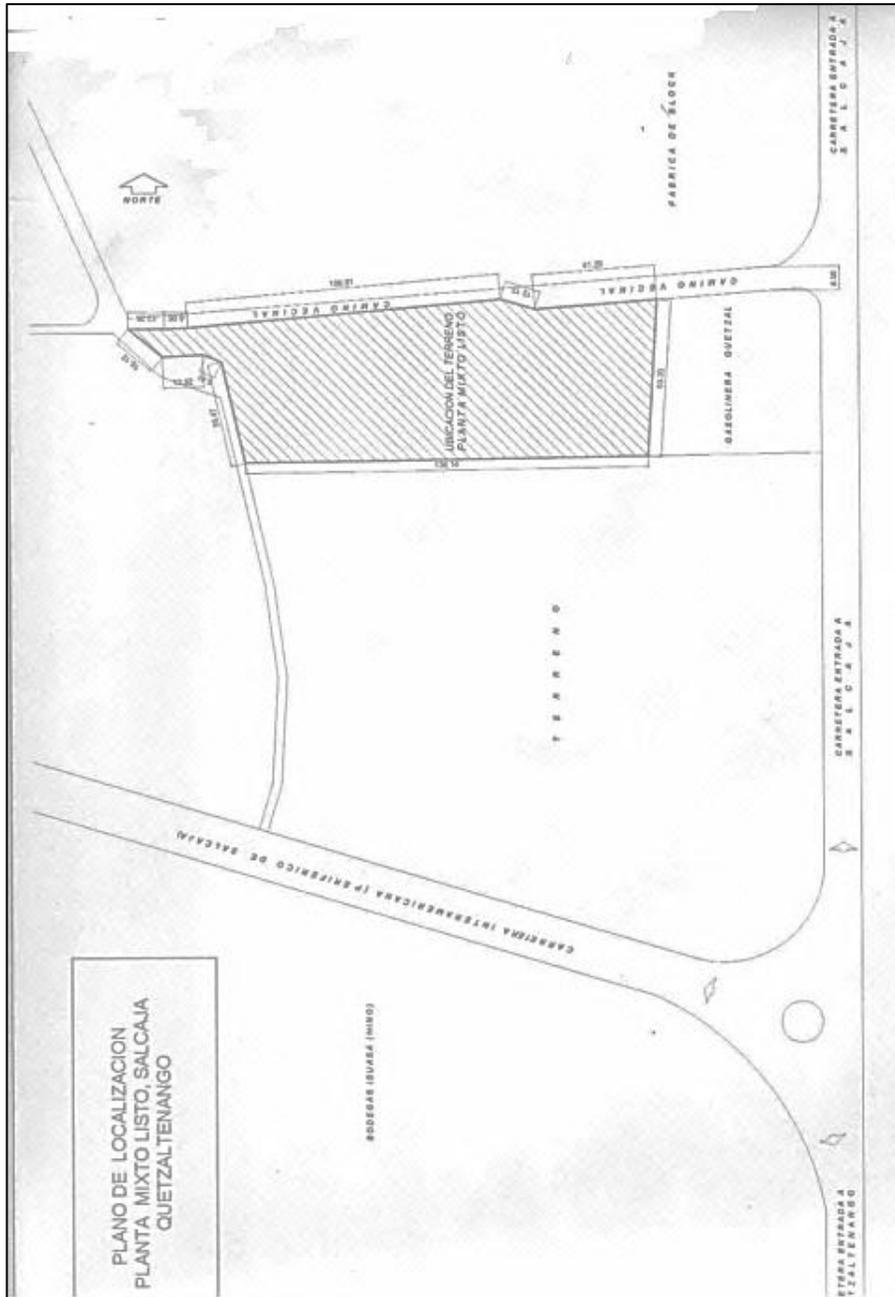
El municipio de Quetzaltenango y su área de influencia se ha convertido en un polo de desarrollo para la región occidental del país dado el comercio, las universidades, la agricultura y otros factores macro económicos que han permitido que esta región se desarrolle rápidamente.

Paralelamente a este factor, la industria de la construcción constituye una actividad que permite dar solución a la demanda de vivienda, servicios y construcciones de todo tipo.

La planta Salcajá, Mixto Listo se ubica estratégicamente en la periferia de Quetzaltenango, en jurisdicción de Salcajá, donde se puede tener acceso a un buen sistema de vías que le permite abastecer, tanto la ciudad de Quetzaltenango, como entroncar con las carreteras que conducen a los municipios del departamento de Quetzaltenango o hacia otros departamentos, logrando con ello reducir tiempos de distribución del concreto.

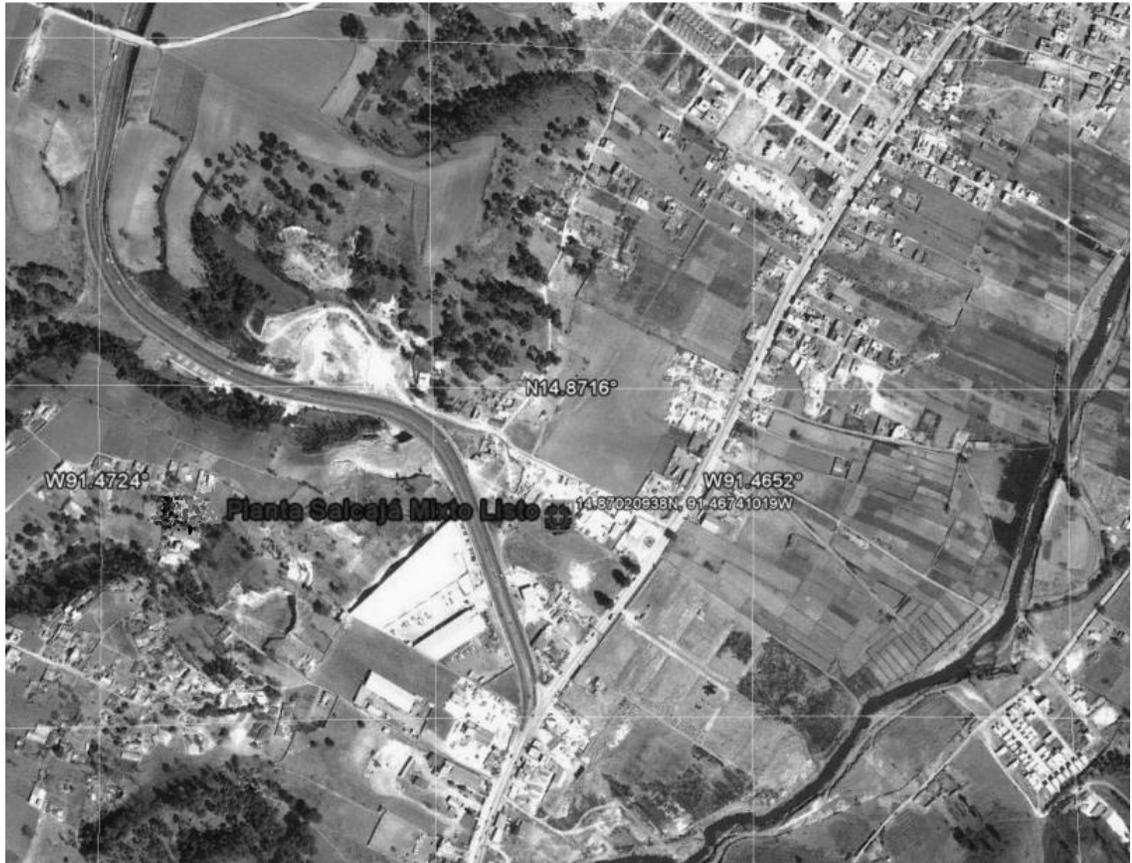
La Planta Salcajá se ubica en el lugar llamado La Majadas o también conocido como La Concepción, jurisdicción del municipio de Salcajá, departamento de Quetzaltenango. (Ver figura 3 localización y figura 4 de ubicación)

Figura 3. Localización de la planta en jurisdicción de Salcaja, Quetzaltenango



Fuente: planos de Planta Salcajá Mixto Listo.

Figura 4. **Ubicación de la planta en jurisdicción de Salcajá, Quetzaltenango**



Fuente: Google, imagen geoeye.15-07-2011.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

En la planta Salcajá en el inicio de sus operaciones, no se tenían exigencias por parte de los clientes al momento de la recepción del concreto en estado fresco, con respecto a la temperatura de este; con el ingreso de un cliente que entre sus especificaciones solicitó que esta característica fuera por debajo de los de los 32 °C, se tuvieron problemas para cumplirle.

La fase de servicio técnico profesional, tiene como finalidad poder analizar el proceso de producción, determinar las causas que provocan no poder cumplir con esta especificación y plantear una posible solución utilizando para ello los conocimientos de ingeniería.

2.1. Situación actual de la producción de concreto

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta, la pasta, compuesta de cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava (piedra triturada), creando una masa similar a una roca (ver figura 5). Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta en consecuencia de la reacción química del cemento con el agua.

El concreto es un material que presenta la particularidad, de que puede ser realizado en cualquier lugar y de cualquier manera, pero tomar en cuenta que de la forma de ejecución, del control de los materiales, de su colocación y curado, depende la calidad futura de la estructura de concreto en toda su vida útil.

Figura 5. **Componentes del concreto: cemento, agua, agregado fino, agregado grueso**



Fuente: KOSMATKA, Steven H.; PARANESE William C. *PCA: Diseño y control de mezclas de Concreto*. p. 1.

El concreto es uno de los pocos materiales o productos que no son almacenables; por lo tanto, no se puede producir y mantener para comprobar su calidad antes de ser utilizado en la obra.

Para realizar la mezcla de los componentes, se puede hacer la dosificación por volumen o por peso de los materiales.

Los concretos se denominan, por el lugar donde se realizan como fabricado en obra o premezclado.

El fabricado en obra, su dosificación es por volumen, los componentes se mezclan con pala o con mezcladora. La capacidad de las mezcladoras es de uno o dos sacos de cemento, adicionando los agregados y agua, con cubetas, siendo esta la medida de volumen.

El premezclado, se realiza siempre por peso de los materiales, en las plantas premezcladoras, las cuales se ubican a distancia del lugar donde se va a colocar, el control de calidad sobre el producto terminado se realiza de manera rigurosa mediante muestreos en la planta premezcladora y/o en la obra misma.

En planta Salcajá, el concreto producido es el denominado premezclado, hacerlo en la planta y transportarlo, al lugar de uso, requiere de características que permitan su transportación y que al momento de su colocación sus condiciones sean adecuadas, por lo que a estos concretos deben cumplir con especificaciones que están normadas para su uso en la construcción.

Una de las especificaciones que debe cumplir el concreto premezclado en estado fresco, está relacionada con su temperatura.

De acuerdo con la Norma ASTM C-94, la temperatura máxima de concreto producido con agregados calentados, agua caliente o ambos, nunca debe exceder 32 °C durante el proceso de producción o transporte.

En la actualidad los clientes solicitan a planta Salcajá, que se les entregue el concreto con temperaturas, por debajo de los 32 °C e ideal que fuera como máximo 27 °C, lo cual en repetidas ocasiones no ha sido posible cumplirlo.

Para poder cumplir el requisito de los clientes, se han implementado las siguientes medidas:

- Compra de hielo con valores de Q.20,00 por 25 Kg, usando 75 kg por metro cúbico, esto incrementa el costo en Q.60,00/m³ obteniendo concreto con temperaturas por debajo de los 32 °C a un costo alto, pero su operación es muy compleja y no siempre se garantiza que se logre la temperatura.
- Compra de agua fría a 15 °C centígrados, en pipas de 2 000 gl a un costo de Q.450,00 cada pipa, para una producción de 35 a 40 m³, a un costo de Q.12,00/m³ siendo su operación más sencilla, pero su coordinación no ha sido eficiente, por lo que el momento de provisión la pipa ha llegado desfasado del momento que se necesita, no logrando cumplir con su cometido.

Estas medidas han sido improvisadas sobre la marcha y además han incrementado el costo del concreto, pero lo más relevante es que son acciones paliativas que no se han integrado al proceso de producción, ejecutándose solo cuando se va a tener producción alta o el cliente lo solicita.

Al no lograr la temperatura de concreto por debajo de lo especificado por el cliente, se han tenido que desechar alrededor de 8 a 12 m³ por mes, con un costo de Q.8 000,00, incrementando el costo por metro cúbico en Q.2,00.

Para obtener una solución a esta problemática, es necesario revisar y analizar todos los componentes para la producción de concreto premezclado y plantear una solución que se pueda integrar al proceso.

2.1.1. Diagnóstico de causas diagrama causa – efecto

La variabilidad de las características de calidad es un efecto observado que tiene múltiples causas.

Cuando ocurre algún problema con la calidad del producto, se debe investigar a fin de identificar las causas del mismo.

Para este caso la variable de calidad a analizar, es la temperatura final del concreto en estado fresco, que debe estar por debajo de 32 °C, de acuerdo a los requerimientos de los clientes.

Para analizar esta característica de calidad se utilizó la herramienta conocida como diagrama de causa – efecto, para buscar las posibles causas, que provocan la temperatura actual del concreto fresco.

El diagrama causa – efecto, es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema, ayuda a graficar las causas del problema que se estudia y analizarlas.

Tiene la ventaja que permite visualizar de una manera muy rápida y clara, la relación que tiene cada una de las causas con las demás razones que inciden en el origen del problema.

Siguiendo los pasos para la elaboración de un diagrama de causa – efecto, se define el problema: temperatura del concreto en estado fresco por arriba por arriba de 32 °C.

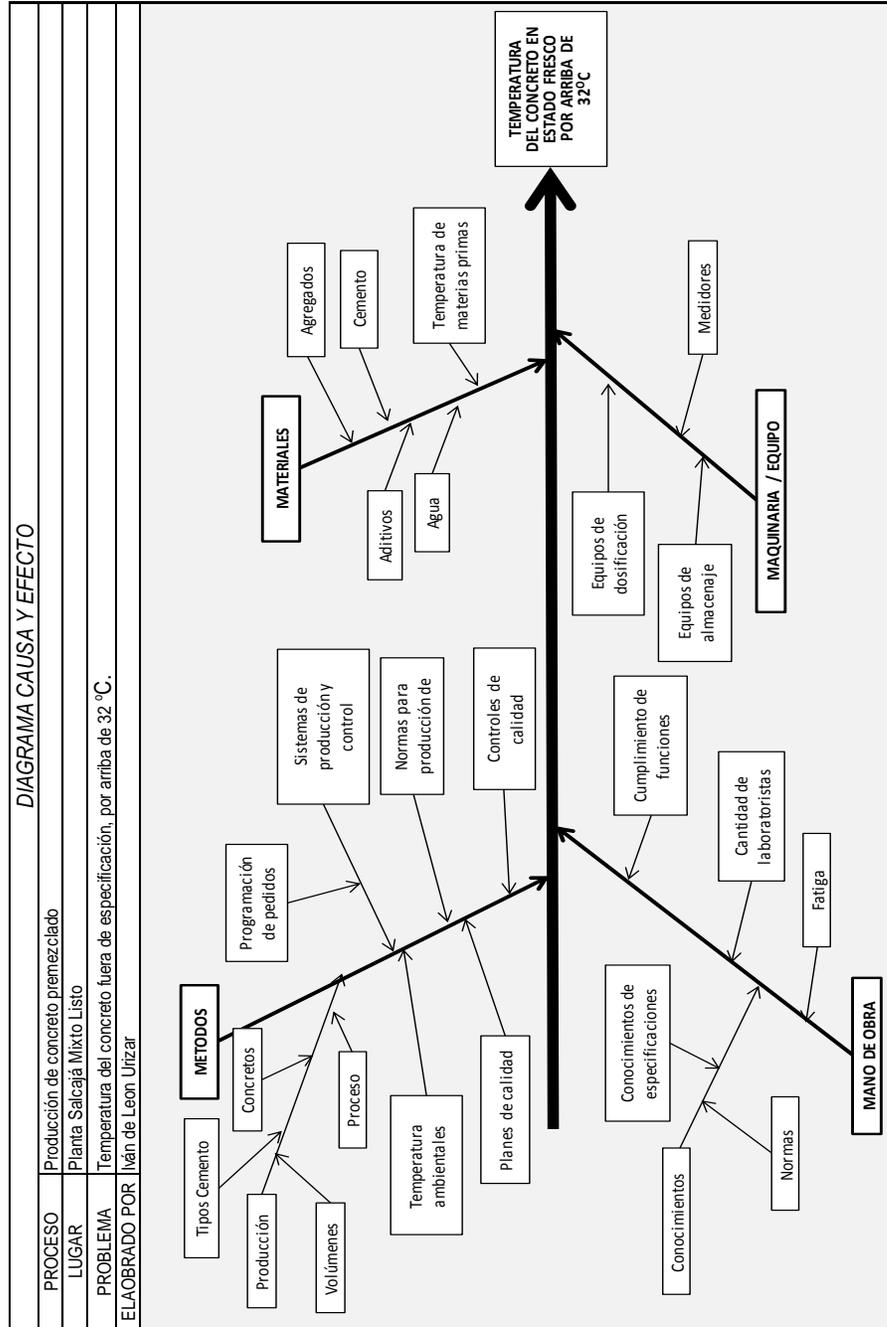
En la figura 6 se presenta el diagrama causa efecto, analizando los siguientes puntos:

- Proceso
- Maquinaria y equipo
- Materias primas
- Tipos de cemento
- Clasificación de concretos
- Normas para la producción de concreto
- Temperaturas de las materias primas
- Temperaturas ambientales

Luego de analizar el diagrama de causa-efecto, se determinó que la temperatura final del concreto fresco, se debe al aporte de la temperatura de las materias primas que constituyen la mezcla del concreto fresco, las cuales se ven influenciadas por las temperaturas ambientales.

Por lo que, se evaluaron las temperaturas de las materias primas y ambientes, que son las causantes de la temperatura final del concreto fresco.

Figura 6. Diagrama causa – efecto, para la producción de concreto, planta Salcajá



Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Proceso

La fabricación de concreto en planta Salcajá, se realiza por masa, o sea por peso de todos los insumos. Para producir un concreto con calidad uniforme, los ingredientes se miden con precisión, para cada *batchada*, por medio de una planta automatizada.

El proceso comienza con el acarreo de agregados, tanto gruesos como finos, provenientes de una trituradora del área, hacia la planta, los cuales se ubican en el patio de agregados.

El cemento es transportado en pipas, trasladado a granel, procedente de planta San Miguel, ubicada en el departamento de El Progreso. Este se descarga a un silo horizontal con capacidad de 2 500 sacos, de manera neumática, impulsando aire a través de la pipa, empujando el cemento hacia el silo horizontal.

Este sistema de almacenamiento de cemento, limita que en esta planta, solo se puede utilizar un tipo de cemento para la producción de todos concretos.

El agua se obtiene por medio de un pozo mecánico, almacenándola en una cisterna de 10 m³ (10 000 lt), de la cual se extrae por un sistema hidroneumático que lo envía a dos tanques externos para almacenaje, pendiente para su dosificación.

Los aditivos son producidos en otro país y distribuidos por un representante local, quienes los trasladan a la planta, en totes, para luego ser descargados al tanque de aditivos.

Con todas las materias primas, en planta, se inicia el proceso con las siguientes etapas:

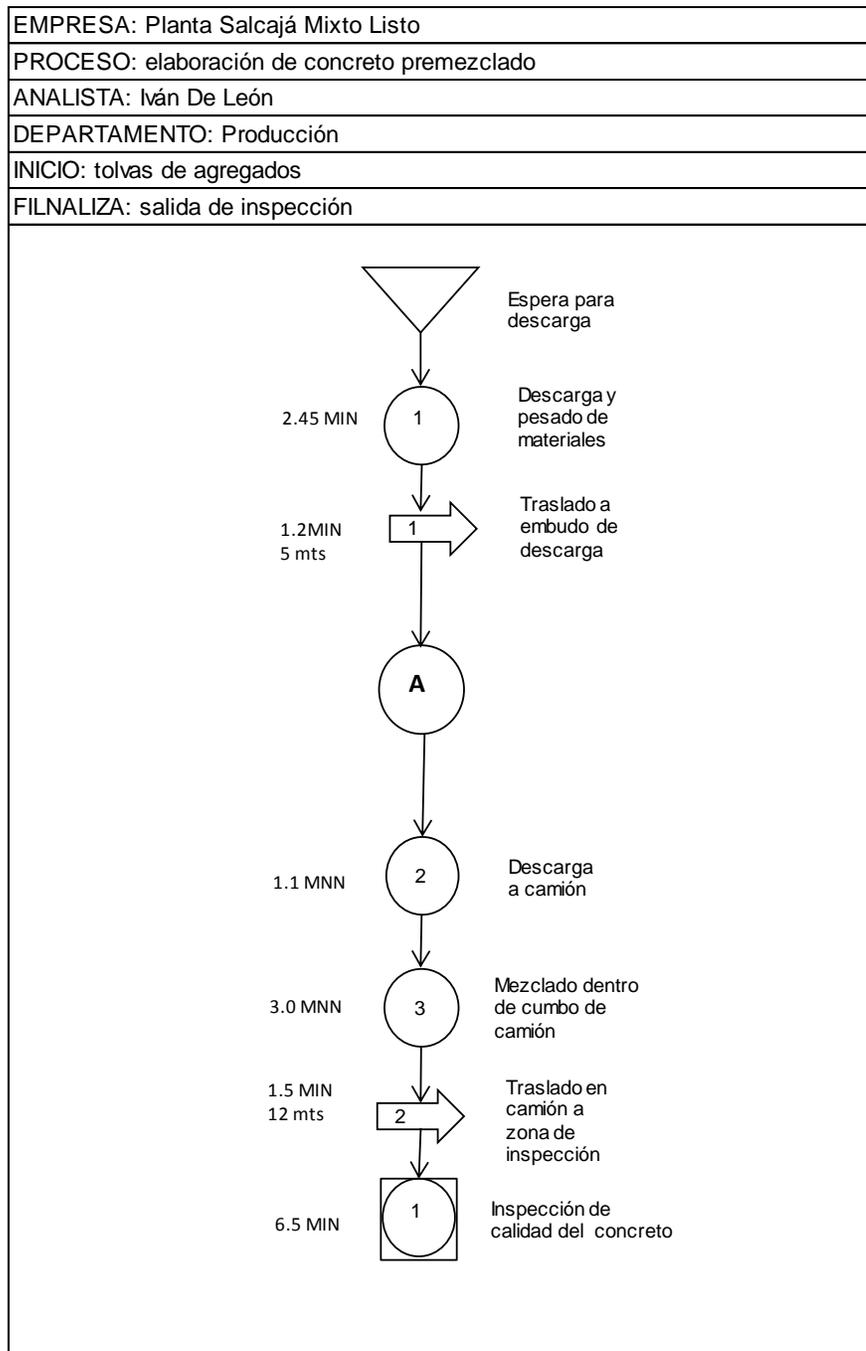
- Los agregados (gruesos y finos) son trasladados a la tolva del *stacker*, para luego ser movilizados por una banda hacia las tolvas de la planta. Esta planta consta de 4 tolvas, las cuales sirven para clasificar cada tipo, agregado.
- En las tolvas son descargados a la báscula de agregados, el cual toma los pesos de manera acumulativa hasta llegar al peso de diseño, cerrando las compuertas.
- Luego son movilizados por una banda hacia el embudo de descarga, que lo conduce al cumbo del camión mezclador.
- El cemento es bombeado de forma neumática, del silo horizontal, utilizando para ello un *blower* del silo de la planta.
- El cemento es descargado por medio de un tornillo sin fin a la báscula, donde es pesado. Al llegar al peso de diseño es descargado al embudo, que lo conduce al cumbo del camión.
- El agua, de los tanques de almacenamiento (totes), con capacidad cada uno de 15 000 lt es bombeada a la báscula de pesado, llegando al peso de diseño es descargada al embudo, que lo conduce al cumbo del camión.

- El aditivo es bombeado hacia un flujometro que dosifica la cantidad de diseño, para luego descargarlo a través de tuberías, al embudo, que lo conduce al cumbo del camión.
- Ya todo dentro del cumbo del camión, se realiza el proceso de mezclado, durante un tiempo especificado, hasta que tenga una apariencia uniforme, con todos sus ingredientes igualmente distribuidos.

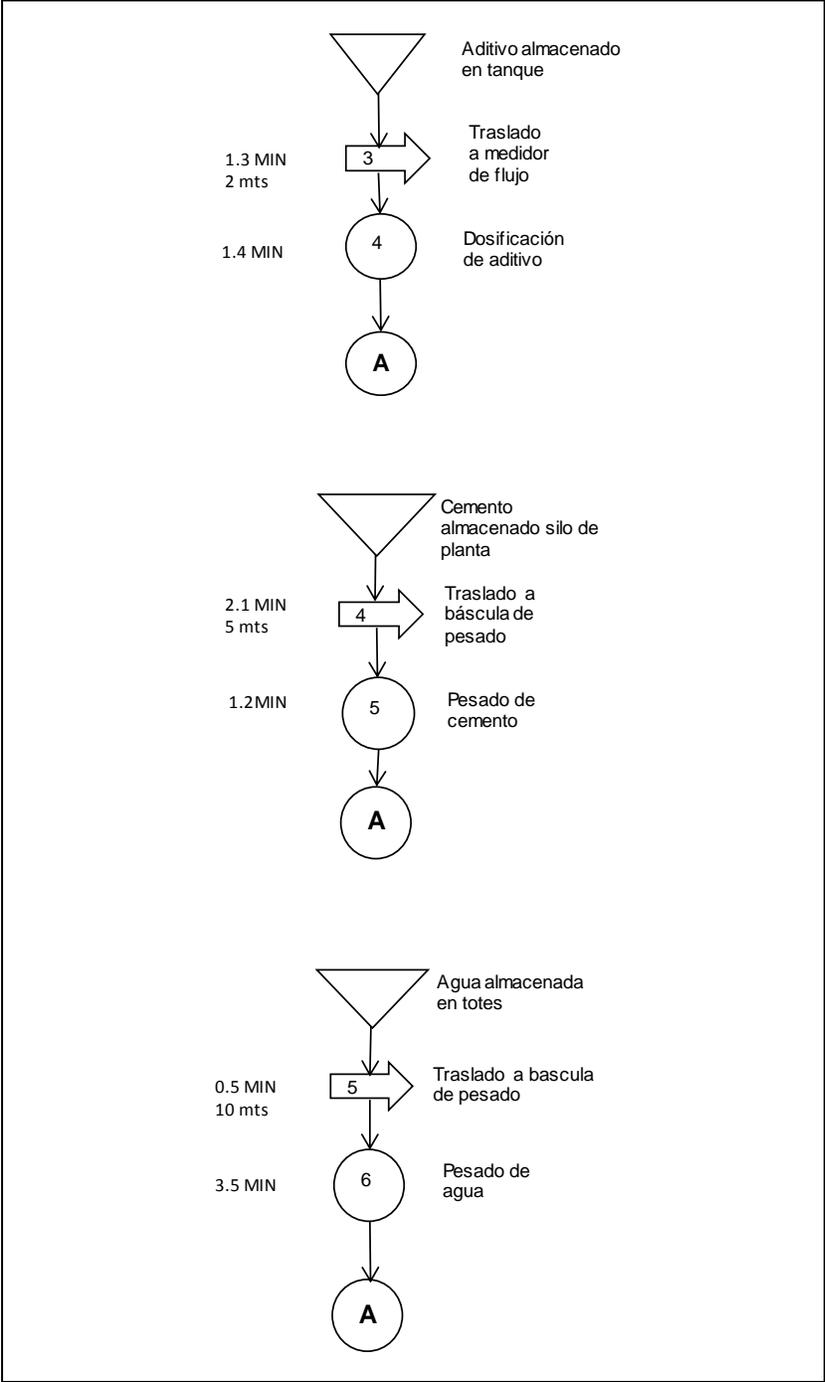
Todo este proceso es controlado por un sistema automático, conectado a una computadora, con *software* diseñado específicamente para la producción de concreto.

Se realizó un procedimiento para analizar el proceso de producción y revisar los controles de producción, así como determinar los tiempos para la producción de una *batchada*.

Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de producción del concreto premezclado



Continuación de la figura 7.



Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Resumen de las operaciones del proceso de elaboración de concreto premezclado**

SIMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMP(MIN)	DISTANCIA (mt)
	Operación	6	12,65	0
	Inspección	0	0	0
	Combinada	1	6,6	0
	Transporte	5	6,5	34
	Demora	0	0	0
	Almacenaje	4	----	0
Total		16	25,75	34

Fuente: elaboración propia.

Procedimiento:

- a. Elaboración de un diagrama de flujo del proceso, analizando la incorporación de las materias primas, con el fin de determinar los controles de calidad. En la figura 7 y tabla II, se describe el proceso de producción de concreto premezclado y un resumen de las operaciones.
- b. Análisis del proceso, siguiendo la secuencia de las materias primas.
- c. El análisis se realizó para la producción de 7 m³, carga máxima de un camión.

- d. El tiempo para realizar una *batchada* de 7 m³ y tenerla lista para despacho, dura 15,75 minutos, ya que la incorporación y pesado de todos los materiales es simultáneo.

El tiempo efectivo para realizar una *batchada* de 7 m³ quitando la inspección de calidad del concreto es de 9,25 minutos.

De acuerdo al diagrama, no existe ninguna evaluación de las materias primas antes y durante el proceso que nos pueda predecir la temperatura final del concreto.

Sólo se tiene una inspección, la cual se realiza al final del proceso, cuando la mezcla ya está lista.

Esta inspección se realiza de dos maneras: cuando el plan de calidad lo indica, se deben sacar muestras de concreto para determinar el revenimiento, realizar especímenes para ensayos destructivos de resistencia, ver la características de las mezclas, y en algunas ocasiones se mide la temperatura del concreto, el porcentaje de aire atrapado en el concreto y la masa volumétrica.

La otra manera, que es en la mayoría de los casos, es inspección ocular y solo se determina el revenimiento del concreto.

Se puede notar que los controles todos son posteriores a la producción, con lo cual sólo se sabe la temperatura final del concreto, siempre y cuando se lleve a cabo esta prueba, teniendo una gran debilidad el proceso.

2.1.3. Maquinaria y equipo

La maquinaria y el equipo de producción de concreto de planta Salcajá Mixto Listo, está diseñada para la producción máxima de 70 m³/hr, a continuación se describe la función y cantidad de cada componente, para determinar su influencia sobre los materiales.

- Un silo de cemento horizontal, con capacidad para 2 500 sacos de cemento de 42,5 kg, este recibe directamente el cemento de las pipas que lo trasladan de las plantas productoras de cemento.
- Un *stacker*, banda que lleva los agregados de la tolva hacia las tolvas de la planta, solo sirve para elevar los materiales.
- Cuatro tolvas de agregados, sirve para separar los agregados, para luego descargarlos a la báscula.
- Una báscula, sirve para pesar las materias primas, de acuerdo al diseño de cada concreto, se hace acumulando los pesos de cada material.
- Una banda transportadora de agregados, sirve para movilizar los agregados dentro de la planta, hacia la descarga
- Un *blower*, equipo neumático, que inyecta aire al silo horizontal, para trasladar el cemento, hacia el silo de la planta.
- Un generador de corriente trifásica, sirve para energizar toda la planta.

- Un compresor, que se usa para abrir las compuertas de las tolvas y para la bomba de aditivo.
- Un cargador frontal, para apilar los agregados y trasladarlos a la tolva.
- Un colector de polvos, recoge todo los polvos que se generan dentro de la planta al momento de movilizar los materiales.
- Dos tanques de agua, de 15 000 lt cada uno, los cuales son externos, de estos se abastece el agua para la producción.
- Un pozo mecánico, con una profundidad de 122 m, de la que se obtiene el agua tanto para la producción como para todos los servicios,
- Un sistema hidroneumático, sirve para presurizar el agua de la cisterna, hacia los depósitos y servicios.
- Dos bombas de agua, se utilizan para sacar el agua de la cisterna.
- Una bomba de aditivo, sirve para adicionar el aditivo a la mezcla.
- Una botonera, dispositivo que se utiliza como auxiliar, cuando la computadora que automatiza el proceso de carga falla.
- Una caja de automatización, conteniendo, seguros, tarjetas de actuación, sensores y temporizador, los cuales reciben y manda señales para apertura y cierre de compuertas, válvulas de cemento y válvulas de agua.
- Una computadora, por medio de ella se realiza todo el proceso de carga.

- Un monitor, en este se ve de manera gráfica todo la carga e indica, los tiempos de carga.
- Un tornillo sin fin para trasladar el cemento del silo de la planta para la báscula de pesaje.
- Una báscula para el pesaje de cemento con compuerta de descarga a embudo.
- Una balanza para el pesaje del agua con compuerta de descarga a embudo.

Al revisar el equipo y la maquinaria, se establece que esta planta está diseñada para solo dosificar los materiales necesarios para la producción de la mezcla y no se cuenta con equipo que contribuya, para la obtención del concreto con temperaturas por debajo de los 32 °C.

2.1.4. Materias primas

Las materias primas para la producción de concreto utilizadas en planta Salcajá se dividen en agregados, cemento, aditivos y agua, de acuerdo a las condiciones y cantidades que se adicionen a la mezcla así será la calidad de concreto obtenido.

Los agregados se dividen en 2 tipos, los gruesos y los finos. Los finos (ver figura 8), generalmente consisten en arena de piedra triturada, con la mayoría de sus partículas menores que 5 mm (0,2 pulgada).

Los agregados gruesos (ver figura 9) consisten en de gravas de piedras trituradas, con partículas predominantemente mayores que 5 mm (0,2 pulgada) y generalmente entre 9,5 mm y 37,5 mm (3/8 y 1½ pulgada).

Figura 8. **Agregado fino (arena)**



Fuente: KOSMATKA, Steven H.; PARANESE William C. *PCA: Diseño y control de mezclas de Concreto*. p. 103.

Los agregados utilizados en planta Salcajá, se clasifican en 4 tipos, siendo:

- Arena
- Piedra de 3/8 plg
- Piedra de 1 plg
- Piedra de 1½ plg

Figura 9. **Agregado grueso. Grava redondeada (izquierda) y piedra triturada (derecha)**



Fuente: KOSMATKA, Steven H.; PARANESE William C. *PCA: Diseño y control de mezclas de Concreto*. p. 103.

Los agregados deben cumplir con algunas normas para que su uso se optimice: deben ser partículas limpias, duras, resistentes, durables y libres de productos químicos absorbidos, revestimiento de arcilla u otros materiales finos, que en cantidades grandes puedan afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento.

Para la producción de concreto premezclado, del diseño de la mezcla depende la calidad de sus agregados, por lo que se hace importante llevar un análisis de los mismos, para determinar sus características.

A continuación se describen, las características que deben cumplir, presentándose en la tabla III.

De las características anteriores en planta Salcajá, solo se analizan, la granulometría, masa volumétrica, absorción y humedad superficial. De estas tres la que interesa obtener los datos es la masa volumétrica, ya que el proceso de producción de concreto premezclado es por masa (peso), se necesita saber cuánta masa aporta cada material, ya que la temperatura que lleven estos materiales, será la que aporte al concreto.

Tabla III. **Características de los agregados**

CARACTERÍSTICAS	IMPORTANCIA	REPORTE
Resistencia a la abrasión y degradación	Índice de calidad del agregado: resistencia al desgaste de pisos y pavimentos	Porcentaje máximo de pérdida de masa Profundidad de desgaste y tiempo
Resistencia a congelación-deshielo	Descascaramiento superficial, aspereza, pérdida de sección y estética	Número máximo de ciclos o período de inmunidad a congelación, factor de durabilidad
Resistencia a desintegración por sulfatos	Sanidad contra el intemperismo	Pérdida de masa, partículas que muestras fallas
Forma y textura superficial de las partículas	Trabajabilidad del concreto fresco	Porcentaje máximo de partículas planas y alargadas
Granulometría	Trabajabilidad del concreto fresco y economía	Porcentajes mínimos y máximos que pasan por lo tamices estándar
Degradación del agregado fino	Índice de la calidad del agregado: resistencia a degradación durante el mezclado	Cambio de granulometría
Contenido de vacíos no compactados del agregado fino	Trabajabilidad del concreto fresco	Contenido de vacíos no compactado del agregado fino y gravedad específica
Masa volumétrica (masa unitaria)	Cálculo del diseño de la mezcla, clasificación	Peso compactado y suelto
Masa específica relativa	Cálculos del diseño de la mezcla	–
Absorción y humedad superficial	Control de la calidad del concreto (relación agua-cemento)	–
Resistencia a compresión y a la flexión	Aceptación del agregado fino que no haya pasado en los otros ensayos	La resistencia que exceda 95% de la resistencia lograda con arena purificada

Continuación de la tabla III.

Constituyentes del agregado	Determinar la cantidad de material deletéreo y orgánico	Porcentaje máximo permitido de los constituyentes individuales
Resistencia a la reactividad con los álcalis y cambio volumen	Sanidad contra cambios de volumen	Cambio máximo longitudinal, constituyentes, cantidad de sílice y alcalinidad

Fuente: KOSMATKA, Steven H.; PARANESE William C. *PCA: Diseño y control de mezclas de Concreto*. p. 105-106.

La masa volumétrica (masa unitaria) de un agregado es la masa o el peso del agregado necesario para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado. El volumen a que se refiere aquí es aquél ocupado por los agregados y por los vacíos entre las partículas de agregado.

Las masas volumétricas de los agregados utilizados en planta Salcajá son:

- Arena 1 272 kg/m³
- Piedra de 3/8" 1 378 kg/m³
- Piedra de 1" 1 382 kg/m³
- Piedra de 1½" 1 402 kg/m³

Como la dosificación de los materiales se realiza por peso, en los diseños de las mezclas se especifican la cantidad de kilos utilizados por cada material, a través de característica obtenemos la cantidad de masa que aporta cada material a la mezcla.

De acuerdo a los diseños de mezclas para la producción de los distintos tipos de concretos en esta planta, vemos que las cantidades a utilizar son:

- Arena, de 885 a 996 kg/m³
- Piedra de 3/8", de 890 a 910 kg/m³
- Piedra de 1", de 890 a 940 kg/m³
- Piedra de 1½", de 300 a 320 kg/m³

Además de saber la masa volumétrica de los agregados, el almacenaje y su manejo, también es importante porque, según cómo se realice, así será la temperatura que lleven al momento de su utilización.

En planta Salcajá, los agregados se almacenan formando pilas, después de ser descargados por camiones de volteo, de manera que no se mezclen y segreguen.

Luego, se recupera el agregado con un cargador frontal. El cargador remueve en porciones, de los bordes de la pila, desde la parte inferior hacia la parte superior, de manera que cada porción contenga la misma proporción de tamaños de partículas, a este proceso le denominamos homogenización, logrando con ello disminuir las variaciones en la granulometría.

Los agregados son almacenados entre divisiones de bloques de concreto formando un cajón, con la altura necesaria para evitar la contaminación de una con otro.

Los agregados se encuentran al aire libre, lo que le permite absorber humedad, lo cual influye en la temperatura final del concreto.

Del análisis de los agregados, se observa que tienen influencia en la temperatura final del concreto, ya que sus masas utilizadas en los diseños son considerables, como las características de cuando se dosifican.

Los aditivos son aquellos ingredientes del concreto que, además del cemento, el agua y de los agregados, se adicionan a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado.

El concreto debe ser trabajable, fácilmente acabado, fuerte, durable, resistente al desgaste.

Estas calidades se pueden obtener fácil y económicamente con la selección de los materiales adecuados y preferiblemente con el uso de aditivos. Las razones principales para el uso de aditivos son:

- Reducción del costo de la construcción de concreto.
- Obtención de ciertas propiedades en el concreto de manera más efectiva que otras.
- Manutención de la calidad del concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colado (colocación) y curado en condiciones de clima adverso.
- Superación de ciertas emergencias durante las operaciones de mezclado, transporte, colocación y curado.

Existen varios tipos de aditivos para concreto, los cuales se clasifican por su función al añadirlo al concreto, para el caso de planta Salcajá, el de mayor uso, es el aditivo que provoca el retardo de fraguado del concreto, recomendado para:

- Concreto donde se requiera extender el fraguado y la trabajabilidad.
- Concreto donde se requiera un rango de revenimiento medio de 15 a 20 cm (6 a 8 pulgada).
- Mezclas de concreto con una amplia variedad de cementos tipo pórtland o adicionados.
- Concretos de uso arquitectónico.

La dosificación de este aditivo en la mezcla de concreto, en promedio es de un 1 lt por metro cubico de concreto, de acuerdo a los diseños de mezcla utilizados

Siendo mínima la cantidad utilizada en la mezcla, se consideró que no tiene mayor incidencia en la temperatura al concreto.

Prácticamente, cualquier agua natural que sea potable y no presente fuerte sabor u olor se la puede usar como agua de mezcla para la preparación del concreto.

El agua utilizada en esta planta se obtiene de un pozo localizado en las mismas instalaciones, el cual tiene la capacidad de producir 229 gl/min, las características del agua son aptas para la producción de concreto.

El agua proveniente de este pozo registro temperaturas con valores entre 31 °C a 33 °C, producto de que el acuífero del pozo, está siendo recargado por sistemas de aguas hidrotermales.

El agua es un factor que puede influenciar en la temperatura final del concreto, ya que la usada en las mezclas de los concretos producidos en planta Salcajá está entre los 175 lt a 203 lt por metro cúbico.

2.1.5. Tipos de cementos

Los cementantes que se utilizan para la fabricación del concreto son hidráulicos, es decir, una vez que el agua y el cemento se mezclan para formar la pasta cementante, se inicia una serie de reacciones químicas que en forma global se designa como hidratación del cemento.

Estas reacciones se manifiestan inicialmente por la reagudización gradual de la mezcla, que culmina con su fraguado y continúan para dar lugar al endurecimiento y adquisición de resistencia mecánica en el producto.

Bajo la denominación genérica de cementos hidráulicos existen diversas clases de cemento con diferente composición y propiedades.

Los cementos hidráulicos están compuestos de Clinker Pórtland, otros minerales y aditivos. Según sus porcentajes de composición los cementos hidráulicos se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Los Cementos Pórtland Ordinarios (CPO): que consisten predominantemente de Clinker Pórtland y yeso, además pueden contener una pequeña cantidad de componentes o adiciones minerales (normalmente < 5%).
- Los Cementos Pórtland Mezclados o Adicionados: que consisten de cemento Pórtland y una cantidad mayor al 5% de componentes o adiciones minerales.

Pero, la clasificación utilizada para su aplicación, es de acuerdo a las Normas ASTM C-150 y ASTM C-1157, las cuales se presentan en la tabla IV.

En planta Salcajá, de acuerdo a la disposición de los silos para almacenar el cemento, no se puede producir concreto con diferentes tipos de cemento, el cemento utilizado actualmente, es denominado CFB.

Tabla IV. **Tipos de cemento según Normas ASTM C-150 o ASTM C-1157**

Según ASTM C 150	Según ASTM C 1157	Descripción	Ejemplo de uso
Tipo I: Normal Tipo IA: Normal con Aire Incluido	Tipo GU: Uso General en la Construcción	Es un cemento para uso general, apropiado para todos los usos donde las propiedades especiales de otros cementos no sean necesarias. Su uso en concreto incluye pavimentos, pisos, edificios en concreto armado, puentes, tubería, productos de concreto prefabricado.	

Continuación de la tabla IV.

<p>Tipo II: Moderada resistencia a los sulfatos</p> <p>Tipo IIA: Moderada resistencia a los sulfatos con aire incluido</p>	<p>Tipo MS: Cemento de moderada resistencia a sulfatos</p>	<p>Se usa donde es necesario tomar precauciones contra el ataque por sulfatos, como estructuras normales o en miembros expuestos a suelos o agua subterránea, donde la concentración de sulfatos es más alta que la normal pero no severa. Los sulfatos en suelos húmedos o en agua penetran en el concreto ocasionando expansión, descascaramiento y agrietamiento del concreto.</p> <p>Para obtener una buena protección, debe utilizarse con una baja relación agua- cemento y baja permeabilidad.</p>	
<p>Tipo III: Alta resistencia inicial (alta resistencia temprana)</p> <p>Tipo IIIA: Alta resistencia inicial con aire incluido</p>	<p>Tipo HE: Cemento de alta resistencia inicial</p>	<p>Ofrece altas resistencias a edades tempranas, normalmente una semana o menos. Este cemento es química y físicamente similar al cemento tipo I (C 150) o GU (C1157), a excepción de que sus partículas se muelen más finamente.</p> <p>Es usado cuando se necesita remover las formaletas o desencofrar lo más temprano posible, o bien, cuando la estructura será puesta en servicio rápidamente.</p> <p>En clima frío, su empleo permite una reducción en el tiempo de curado. A pesar de que se puede usar un alto contenido de cemento tipo I ó GU para el desarrollo temprano de la resistencia, el cemento tipo III o HE puede ofrecer esta propiedad más fácilmente y más económicamente.</p>	

Continuación de la tabla IV.

<p>Tipo IV: Bajo calor de hidratación</p>	<p>Tipo LH: Cemento de bajo calor de hidratación</p> <p>Tipo MH: Cemento de moderado calor de hidratación</p>	<p>Se usa donde se deban minimizar la tasa y la cantidad de calor generado por la hidratación. Esto se da principalmente en obras de fundición masiva (obras que requieren más de 50 m³). Este cemento desarrolla resistencia en una tasa más lenta que los otros cementos. Se usa donde el concreto necesite tener un calor de hidratación moderado y se deba controlar el aumento de la temperatura.</p>	
<p>Tipo V: Alta resistencia a los sulfatos</p>	<p>Tipo HS: Cemento de alta resistencia a sulfatos</p>	<p>Se utiliza en concretos utilizados en lugares donde el suelo y el agua subterránea tienen alta concentración de sulfatos. Su desarrollo de resistencia es más lento que en el cemento tipo I (C 150) o GU (C1157). El uso de baja relación agua-cemento y baja permeabilidad son fundamentales para el buen desempeño de cualquier estructura expuesta a los sulfatos.</p>	

Fuente: Cementos Progreso S.A., *Documentos unidad I*, curso capacitación.

El cemento CFB, es producido por Cementos Progreso, es de alta resistencia inicial con adición de puzolana natural, para fabricantes de bloques de concreto, tubos y otros elementos prefabricados de concretos. También para edificaciones donde con resistencias mecánicas altas o cuando se requiera el aumento de la resistencia a edades tempranas, que de acuerdo a la Norma ASTM C-1157, corresponde a un cemento Tipo HE. (Ver tabla IV)

Se determinó, que de acuerdo a la clasificación de los tipos de cemento no es condicionante para la temperatura final del concreto, sino más bien de las condiciones con que llega, tales como la temperatura.

El cemento es trasladado de la planta productora a planta Salcajá por pipas que luego se trasiega al silo horizontal de forma neumática, conservando la temperatura que trae de su producción, la cual es resultado de una calcinación, por lo que su temperatura al momento de estar almacenado y listo para su uso, es, dentro de un rango de 32 °C a 36 °C.

2.1.6. Clasificación de concretos

El concreto convencional, normalmente usado para pavimentos, edificios y otras estructuras, tiene masa volumétrica (masa unitaria, densidad) que varía de 2 200 hasta 2 400 kg/m³.

Aparte del concreto convencional, hay una gran cantidad de concretos especiales para atender a las más variadas necesidades, los cuales varían de concretos aislantes ligeros (livianos) con masa volumétrica de 240 kg/m³ hasta los concretos pesados con masas volumétricas de 6 000 kg/m³, usados como contrapesos o blindajes contra radiación.

Los concretos producidos en planta Salcajá se clasifican por su resistencia y uso, siendo los siguientes:

- Concreto convencional: concreto de uso general en la construcción para elementos con bajos, moderados y altos requerimientos estructurales de resistencia mecánica, con resistencia de 3 000 a 4 000 psi.

- Concreto estructural: concreto de uso general para la construcción de elementos con altos requisitos estructurales y de resistencia mecánica como edificios, puentes, embajadas, escuelas y hospitales que no estarán expuestos a ataques químicos o ambientales severos, el cual es utilizado para elementos con resistencias de 4 000 a 5 000 psi.
- Concreto para pavimentos: concreto que fue diseñado para la construcción de pavimentos durables, para tráfico vehicular liviano o pesado, con molde fijo, utilizado en pavimentos, con resistencias de 3 000 a 5 000 psi.
- Mortero premezclado: es un mortero elaborado por vía húmeda para recubrimientos y nivelaciones. Está elaborado solo de cemento, agua, arena y aditivos, con resistencias de 3 000 a 5 000 psi.
- Relleno fluido: es un mortero de fácil colocación con densidad controlada, ideal para el relleno de zanjas o cavidades en donde se requiera un remplazo de un suelo o material granular o arcilloso compactado, con resistencia bajas, alrededor de los 1 200 psi.

La clasificación de los concretos no tiene una correlación con la temperatura del concreto fresco, lo que podemos resaltar que todos estos concretos producidos por planta Salcajá, caen dentro de la categoría de concretos convencionales, de acuerdo a la clasificación por masa volumétrica, ya que su peso oscila entre $2\,305\text{ kg/m}^3$ a $2\,353\text{ kg/m}^3$.

2.1.7. Normas para la producción de concreto

La construcción y donde se usa el desempeño satisfactorio del concreto requieren un concreto con propiedades específicas. Para garantizar que se logren estas propiedades, los ensayos (pruebas, experimentaciones) de control de calidad y aceptación son partes indispensables del proceso constructivo.

Los resultados de los ensayos proporcionan datos importantes para basar las decisiones con respecto a los ajustes del diseño de la mezcla.

Para garantizar la calidad del concreto, se realizan varias clases de ensayos, en todo el proceso de fabricación del concreto, los cuales, inician con el análisis de agregados, teniendo como finalidad conocer las características de los materiales y garantizar su uniformidad.

Seguidamente tenemos los ensayos del concreto para evaluar el desempeño de los materiales disponibles, para establecer las proporciones de la mezcla y para controlar la calidad del concreto durante la ejecución, que incluyen revenimiento, contenido de aire, temperatura, masa volumétrica y resistencia.

Los ensayos que se aplican en la planta Salcajá, se dividen en dos: para agregados y concreto fresco.

Los ensayos para determinar las características de los agregados y las normas que aplican para su obtención, se describen, en la tabla V.

Tabla V. **Normas utilizadas para analizar agregados**

ASTM	COGUANOR	RESULTADO
D-75 Práctica Estándar para Conjuntos de Muestreo	NTG-41009 Práctica para el muestreo de los agregados para concreto	Describe el procedimiento para la toma de muestras en las pilas de agregados
C-136 Método de ensayo. Análisis granulométrico de los agregados finos y gruesos.	NTG-41007 Agregados para Concreto. Especificaciones	Para determinar la granulometría de los agregados, tamiz 200, módulo de finura
C-33 Especificaciones estándar de agregados para concreto	NTG-41007 Agregados para Concreto. Especificaciones	Esta norma sirve para comparar los resultados de granulometrías con los estándares, para su aceptación
C-29 Método de ensayo. Determinación de la densidad aparente (masa unitaria) y vacíos en los agregados	NTG – 41010h2 Método de ensayo. Determinación de la densidad aparente (Masa unitaria) e índice de vacíos en los agregados.	Para determinar el peso unitario suelto y compactado de los agregados
ASTM C-566 Método de ensayo para Contenido de Humedad Total Evaporable de los agregados, secándolos		Para determinar la cantidad de agua en el material, denominada humedad
ASTM C-127 Método de ensayo para obtener Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica), y Absorción de Conjunto Grueso		Para determinar la cantidad de agua que puede absorber el agregado grueso y saturarse totalmente
ASTM C-40 Método de ensayo. Determinación de las impurezas orgánicas en los agregados finos para concreto.	NTG-41007 Agregados para Concreto. Especificaciones.	Para determinar la cantidad de impurezas orgánicas en el agregado fino

Fuente: elaboración propia.

Para obtener los datos, de manera rápida el departamento de calidad, ha implementado dos tipos de análisis, granulometría parcial, que incluye, granulometría, peso unitario suelto y compactado, con un tiempo aproximado de ejecución de 3,17 hrs, para la arena y 2,22 hrs para el agregado grueso.

Análisis completo, se hace todo lo del análisis parcial más el cálculo de absorción, humedad y material orgánico, con un tiempo aproximado de ejecución de 26,12 hrs para la arena y 25,37 hrs para el agregado grueso.

Los ensayos utilizados para llevar el control de calidad del concreto producido, tanto fresco como endurecido, así como las normas que los rigen, se describen en la tabla VI.

Tabla VI. **Normas utilizadas para análisis de concreto**

ASTM	COGUANOR	RESULTADO
ASTM C-172 Práctica para el muestreo del concreto recién mezclado	NTG – 41057 Práctica para el muestreo de concreto recién mezclado	Procedimiento para realizar ensayos en concreto fresco en producción o en transporte
ASTM C-143 Método de ensayo. Determinación del asentamiento del concreto de cemento hidráulico	NTG - 41052 Método de ensayo. Determinación del asentamiento del concreto hidráulico.	La determinación del asentamiento del concreto hidráulico, tanto en laboratorio como en campo
ASTM C-1064 Método de ensayo. Determinación de la temperatura del concreto de cemento hidráulico, recién mezclado.	NTG – 41053 Método de ensayo. Medición de la temperatura del concreto hidráulico recién mezclado.	La determinación de la temperatura de mezclas de concreto hidráulico recién mezclado.

Continuación de la tabla VI.

<p>ASTM C-138 Método de ensayo. Determinación de la densidad aparente (masa unitaria), rendimiento (volumen de concreto producido) y contenido de aire (gravimétrico) del concreto recién mezclado</p>	<p>NTG - 41017h5 Método de ensayo. Determinación de la densidad aparente (masa unitaria) rendimiento (volumen de concreto producido) y contenido de aire (gravimétrico) del concreto.</p>	<p>La determinación de la densidad aparente (masa por unidad de volumen) de concreto recién mezclado y proporciona fórmulas para calcular el rendimiento de concreto, el contenido de cemento y el contenido de aire del concreto</p>
<p>ASTM C-231 Método de ensayo. Determinación del contenido de aire del concreto recién mezclado por el método de presión</p>	<p>NTG – 41017h7 Método de ensayo. Determinación del contenido de aire del concreto hidráulico recién mezclado por el método de presión.</p>	<p>La determinación del contenido de aire en el concreto hidráulico recién mezclado, mediante la observación del cambio de volumen del concreto producido por un cambio en la presión.</p>
<p>ASTM C-31 Práctica para la elaboración y curado de especímenes de ensayo en la obra</p>	<p>NTG – 41061 Práctica para la elaboración y curado de especímenes de ensayo de concreto en la obra.</p>	<p>Procedimientos para preparar y curar especímenes cilíndricos y de vigas de muestras representativas de concreto fresco para un proyecto de construcción</p>
<p>ASTM C-403 Método de ensayo de prueba durante Tiempo de Ajuste de mezclas de concreto por Resistencia de Penetración</p>		<p>Para determinar el tiempo de fraguado del concreto, midiéndose la resistencia a la penetración producida en intervalos de tiempo regulares sobre el mortero de la mezcla de concreto</p>
<p>ASTM C-39 Método de ensayo. Determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto</p>	<p>NTG – 41017h1 Método de ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.</p>	<p>Para determinar la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados. Se encuentra limitado al concreto que tiene una masa unitaria mayor que 800 kg/m³ (50 lb/pie³).</p>

Fuente: elaboración propia.

Se puede notar en la tabla VI, que ninguno de los ensayos, predicen la temperatura final del concreto fresco.

La norma que especifica las condiciones de entrega de concreto fresco, es la Norma ASTM C-94. A continuación se describe la parte referente a la temperatura del concreto fresco al momento de su entrega.

- Norma ASTM-94: especificación estándar para concreto listo para entregar. Su equivalente en normas nacionales es la COGUANOR NTG-41068 Concreto Premezclado.

Esta norma cubre los requerimientos de concreto premezclado, elaborado y entregado a un comprador como mezcla en estado fresco y sin fraguar.

Los requerimientos de calidad del concreto deben ser los especificados o que estén de acuerdo a las especificaciones del comprador. En todos los casos en que los requerimientos del comprador difieran de los señalados en esta norma, regirá la especificación del comprador.

Esta especificación no cubre la colocación, consolidación, curado, o protección del concreto después de su entrega al comprador.

Como la norma establece condiciones de entrega, para este informe nos vamos a referir en exclusiva, a la especificación de temperatura, que es la que consideramos para análisis, dejando a un lado las otras especificaciones, que igual son importantes y no significa que no se cumplan.

Tomando el punto 11. de la Norma, Mezcla y Entrega ASTM C-94 (12 de Coguanor NTG-41068), en el párrafo 11.8 y 11.9 Norma ASTM C-94 (12.8 y 12.9 de Coguanor NTG-41068) que dice textualmente:

“El concreto entregado en clima frío debe tener la temperatura mínima aplicable indicada en la siguiente tabla: (El comprador debe informar al fabricante el tipo de construcción para la cual se destina el concreto.), en la figura 10, se establecen las temperaturas.

Fig. 10. **Temperaturas mínimas para la colocación de concreto**

Temperatura mínima del concreto colado	
Tamaño de la sección, mm (pulgadas)	Temperatura, min , °C (°F)
< 300 (< 12)	13 (55)
300 – 900 (12 – 36)	10 (50)
900 – 1800 (36 – 72)	7 (45)
> 1800 (> 72)	5 (40)

Fuente: Coguanor, Norma NTG-41068.

La temperatura máxima de concreto producido con agregados calentados, agua caliente o ambos, no debe exceder en ningún momento de su producción o transporte los 32 °C (90 °F).

NOTA 18: cuando se utiliza agua caliente puede ocurrir un endurecimiento rápido si el agua caliente se pone en contacto directo con el cemento. Se puede encontrar información adicional sobre producción de concreto en clima frío en ACI 306R. NTG- 41068 19.

12.9 El fabricante debe entregar el concreto premezclado durante clima cálido a temperaturas de concreto tan bajas como sea posible y en el caso que el comprador o la supervisión, especifique un valor máximo de temperatura, el fabricante, estudiará los mecanismos necesarios para garantizarla y presentará su impacto en el costo para la aprobación del comprador.

NOTA 29: en algunas situaciones se pueden encontrar dificultades cuando las temperaturas de concreto se acercan a los 32 °C (90 °F). Se puede encontrar información adicional en el *Bureau of Reclamation Concrete Manual* y en *ACI 305R*, para evaluar la tasa de evaporación crítica en base a la temperatura del concreto, temperatura y humedad relativa del ambiente y velocidad del viento, principalmente en concretos masivos, losas y pisos industriales o arquitectónicos en donde se quiere reducir el agrietamiento por contracción plástica o secado rápido.”²

Esta norma indica los límites, en que debe estar la temperatura del concreto fresco, al momento de la entrega, siendo éstos 15 °C a 32 °C.

2.1.8. Temperaturas de las materias primas

Como parte del análisis se tomaron las temperaturas de las materias prima, llevándose a cabo un muestreo, incluyéndose temperaturas del concreto fresco y el medio ambiente. La mecánica utilizada para este muestreo fue la siguiente:

² Normas COGUANOR. Norma Técnica Guatemalteca. NTG-4168

- Definición a qué materiales se les va a tomar la temperatura, siendo éstos:
 - Arena
 - Agregado 3/8 pulg
 - Agregado 1 pulg
 - Agregado 1½ pulg
 - Agua, en los distintos depósitos
 - Cemento
 - Aditivo

- Realización de mediciones por el término de una semana, en un horario de 4:00 hrs. a 17:30 hrs., considerando que en este período se tendrá una muestra representativa del comportamiento de la temperatura, a lo largo del día, cubriendo la demanda de las materias en un día de producción.

- Tabulación de todas las temperaturas, las cuales se muestran en la tabla VII.

Tabla VII. **Temperatura de materias primas, concreto y medio ambiente**

FECHA	HORA	TEMPERATURA DE AGREGADOS				TEMPERATURA AGUA			TEMPERATURA			
		ARENA	1 PLG	3/8 PLG	1 1/2 PLG	CISTERNA	TOTE 1	TOTE 2	AMBIENTE	CEMENTO	ADITIVO	CONCRETO
17/03/2010	04:00	20.6	16.6	19.9	20.2	32.1	28.8	19.1	9.6	35.7	18.6	20.2
	12:15	22.7	18.1	20.1	20.7	32.7	28.9	19.2	28	36.2	19.7	27.3
	16:20	19.2	16.2	18.1	20.2	30.2	27.2	18.9	21	25.5	18.5	21.3
18/03/2010	03:07	18.3	15.4	19.3	21.3	32	28.1	18.3	10.5	34.5	18.7	23.7
	12:30	25	25.3	24.8	30	31.8	29	19.3	29	35.7	18.2	27.7
	16:26	20	23.9	21.6	26.9	32.1	29.2	20.3	22.9	32.7	18.7	28.7
19/03/2010	05:20	14.4	14.8	13.9	17.6	31.7	29.8	26.7	16.5	35.7	18.7	24.5
	13:12	22.6	20.4	21.4	21	31.7	29.8	19.9	23	36	19.6	27
	15:00	21	22	22.5	28.3	32.5	28.3	21	21.3	35.7	18	22.5
20/03/2010	06:00	22.5	15.9	18	19.8	32.2	29.7	22.3	7.8	35	18.3	20.5
22/03/2010	04:00	18.5	13.3	12.7	20.6	31.7	28.3	0	6.4	34.8	18.6	20.7
	12:35	24	20.4	21.7	24.3	31.9	29.1	11	22.1	35.2	18.9	26.5
	14:00	21.5	23.7	24.8	21	33	28.3	20.2	22.8	35.2	17.7	26.7
23/03/2010	07:00	18.3	15.7	18.3	20.3	33.1	29.8	21	18	32.5	18.7	22.8
	13:35	23.7	21.5	22.5	21.1	31.2	29.6	0	24.8	35.7	18.5	24.8
	17:30	22.2	20	23.8	29.8	32	30.5	17.6	28.2	35	18.5	21.9
24/03/2010	09:35	19.5	14.7	18.5	20.3	32.2	28.7	0	23	35.2	19.5	23.5
	14:45	25.9	23.8	24.2	28.4	31.9	31.7	0	26.3	37	18.5	27
	15:30	22.8	21.5	24.6	24.3	32.2	31.2	19	17.2	35.2	19.5	29.1
PROMEDIO		21.19	19.12	20.56	22.95	32.01	29.26	15.46	19.92	34.66	18.71	24.55
Temperaturas en grados centígrados °C												

Fuente: elaboración propia.

Seguidamente se hizo un análisis del comportamiento de las temperaturas, separándolas en tres periodos de tiempo durante el día, para ver variaciones y se graficaron los datos.

Se nombró a los períodos por la mañana, a medio día y al final del día.

Tabla VIII. **Temperatura de materiales, concreto y medio ambiente por la mañana**

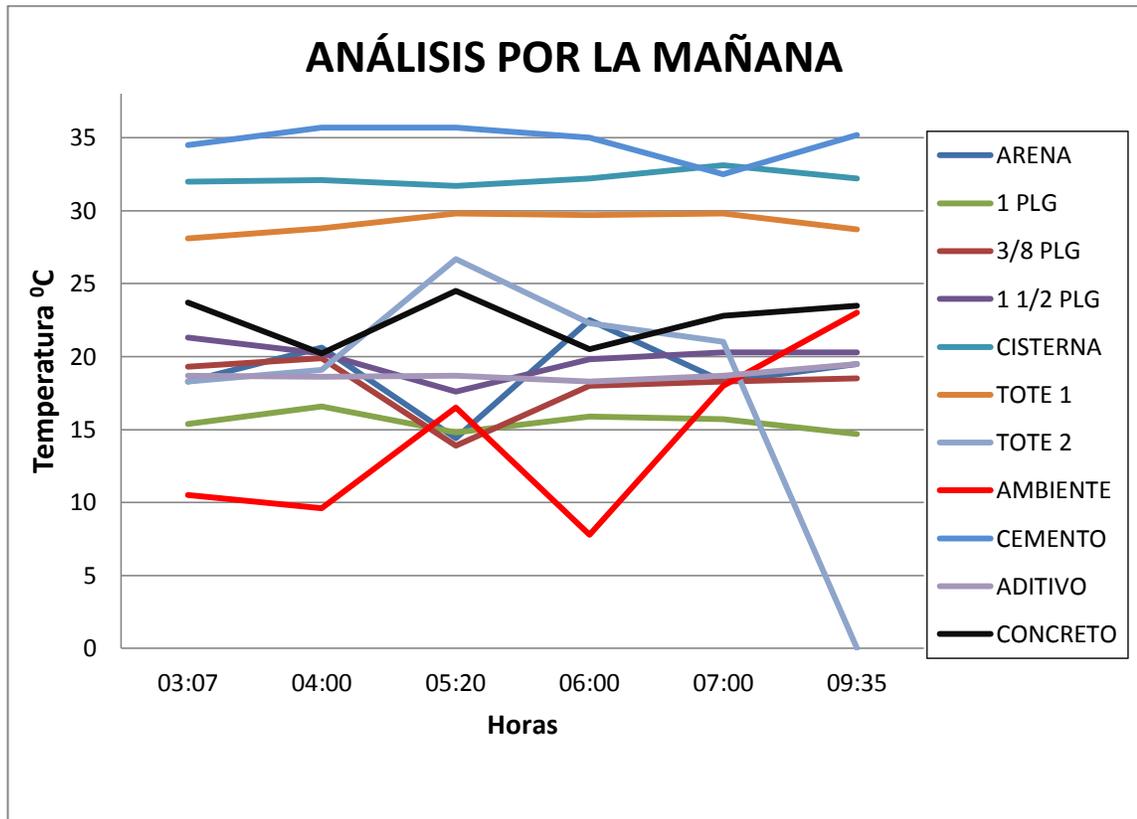
ANÁLISIS POR LA MAÑANA											
TEMPERATURAS EN °C											
HORA	ARENA	1 PLG	3/8 PLG	1 1/2 PLG	CISTERNA	TOTE 1	TOTE 2	AMBIENTE	CEMENTO	ADITIVO	CONCRETO
03:07	18,3	15,4	19,3	21,3	32,0	28,1	18,3	10,5	34,5	18,7	23,7
04:00	20,6	16,6	19,9	20,2	32,1	28,8	19,1	9,6	35,7	18,6	20,2
05:20	14,4	14,8	13,9	17,6	31,7	29,8	26,7	16,5	35,7	18,7	24,5
06:00	22,5	15,9	18,0	19,8	32,2	29,7	22,3	7,8	35,0	18,3	20,5
07:00	18,3	15,7	18,3	20,3	33,1	29,8	21,0	18,0	32,5	18,7	22,8
09:35	19,5	14,7	18,5	20,3	32,2	28,7	00,0	23,0	35,2	19,5	23,5
PROMEDIO											
	18,9	15,5	18,0	19,9	32,2	29,2	21,5	14,2	34,8	18,8	22,5

Fuente: elaboración propia.

Los datos del período por la mañana se ven en la tabla VIII y la figura 11, muestra las variaciones.

Se aprecia en el período por la mañana, que la temperatura ambiente es la de mayor cambio, las temperaturas más altas corresponden al cemento y al tote 1 de agua. La temperatura del concreto en este periodo se mantiene en rango aceptable, obteniendo una máxima de 24,5 °C. La temperatura del medio ambiente es la más baja, registrando un mínimo en 7,8 °C.

Figura 11. **Temperatura de materiales, concreto y medio ambiente por la mañana**



Fuente: elaboración propia.

Los datos del período a medio día se ven en la tabla IX y la figura 12, muestra las variaciones.

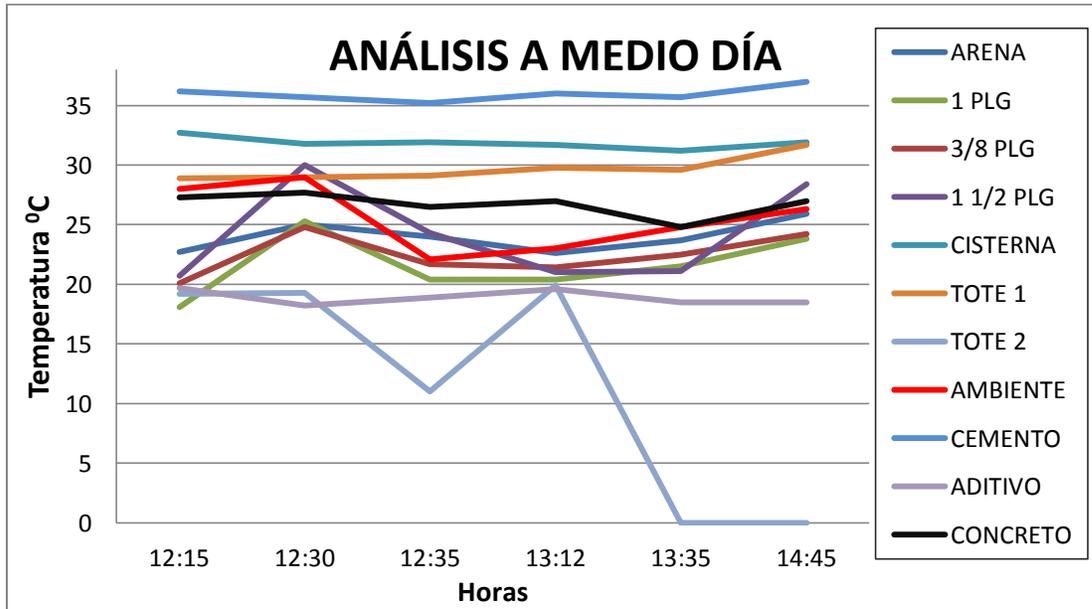
Se aprecia que la temperatura del concreto en este lapso tiene un incremento, con relación a la mañana, obteniéndose una temperatura máxima de 27,7 °C, se da un incremento en la temperatura ambiente registrando una temperatura máxima de 29 °C, aumentando 13 °C, que tiene relación con el incremento de los agregados, incrementándose estos entre 4 a 6 °C.

Tabla IX. **Temperatura de materiales, concreto y medio ambiente al medio día**

ANÁLISIS A MEDIO DÍA												
TEMPERATURAS EN °C												
HORA	ARENA	1 PLG	3/8 PLG	1 1/2 PLG	CISTERNA	TOTE 1	TOTE 2	AMBIENTE	CEMENTO	ADITIVO	CONCRETO	
12:15	22,7	18,1	20,1	20,7	32,7	28,9	19,2	28,0	36,2	19,7	27,3	
12:30	25,0	25,3	24,8	30,0	31,8	29,0	19,3	29,0	35,7	18,2	27,7	
12:35	24,0	20,4	21,7	24,3	31,9	29,1	11,0	22,1	35,2	18,9	26,5	
13:12	22,6	20,4	21,4	21,0	31,7	29,8	19,9	23,0	36,0	19,6	27,0	
13:35	23,7	21,5	22,5	21,1	31,2	29,6		24,8	35,7	18,5	24,8	
14:45	25,9	23,8	24,2	28,4	31,9	31,7		26,3	37,0	18,5	27,0	
PROMEDIO												
	24,0	21,6	22,5	24,3	31,9	29,7	17,4	25,5	36,0	18,9	26,7	

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Temperatura de materiales, concreto y medio ambiente a medio día**



Fuente: elaboración propia.

Los datos del período al final del día se ven en la tabla X y la figura 13, muestra las variaciones.

Tabla X. **Temperatura de materiales, concreto y medio ambiente al final del día**

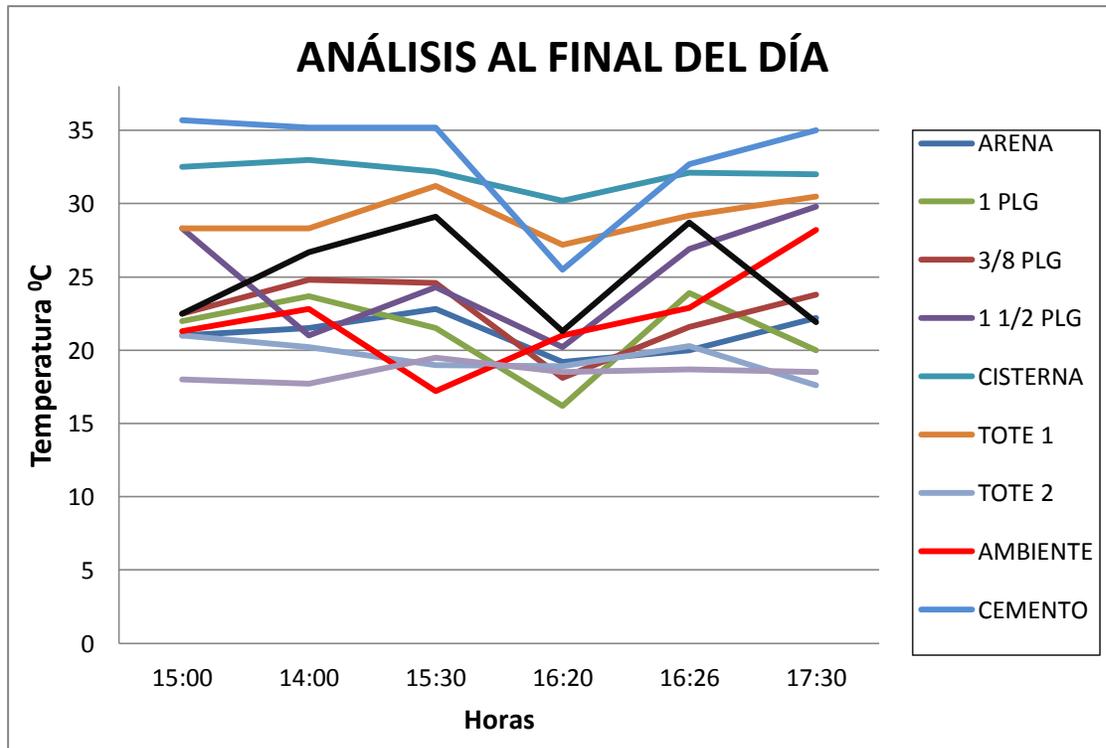
ANÁLISIS AL FINAL DEL DÍA												
TEMPERATURAS EN °C												
HORA	ARENA	1 PLG	3/8 PLG	1 1/2 PLG	CISTERNA	TOTE 1	TOTE 2	AMBIENTE	CEMENTO	ADITIVO	CONCRETO	
15:00	21,0	22,0	22,5	28,3	32,5	28,3	21,0	21,3	35,7	18,0	22,5	
14:00	21,5	23,7	24,8	21,0	33,0	28,3	20,2	22,8	35,2	17,7	26,7	
15:30	22,8	21,5	24,6	24,3	32,2	31,2	19,0	17,2	35,2	19,5	29,1	
16:20	19,2	16,2	18,1	20,2	30,2	27,2	18,9	21,0	25,5	18,5	21,3	
16:26	20	23,9	21,6	26,9	32,1	29,2	20,3	22,9	32,7	18,7	28,7	
17:30	22,2	20,0	23,8	29,8	32,0	30,5	17,6	28,2	35,0	18,5	21,9	
PROMEDIO												
	21,1	21,2	22,6	25,1	32,0	29,1	19,5	22,2	33,2	18,5	25,0	

Fuente: elaboración propia.

En este lapso de tiempo, se tuvieron las temperaturas de concreto más altas registradas, siendo la máxima de 29,10 °C

De acuerdo a este muestreo, se nota que la temperatura del concreto siempre se mantuvo por debajo de los 32 °C, sin embargo, sucede que cuando las producciones de concreto son por arriba de los 150 m³ de concreto, tiende a tenerse temperaturas muy cercanas y a veces por arriba de los 32 °C.

Figura 13. Temperatura de materiales, concreto y medio ambiente al final del día



Fuente: elaboración propia.

Existe un comportamiento de las temperaturas de las materias primas con el concreto, aumentando estas, aumenta la temperatura del concreto, que nos indica que existe una correlación entre ambas.

2.1.9. Temperaturas ambientales

Por la ubicación de la planta Salcajá, estando en la región del altiplano del occidente, específicamente en Quetzaltenango, de acuerdo a los datos obtenidos en el muestreo de temperaturas, se registran temperaturas ambientales entre los 10 °C y 28 °C.

Se tiene una correlación directa con la temperatura del concreto ya que cuando se tuvieron las temperaturas más altas del ambiente también se tuvieron las temperaturas más altas del concreto.

De la planta Salcajá se distribuye concreto a los departamentos de Suchitepéquez, Retalhuleu, San Marcos, Quiché y Huehuetenango.

En los departamentos Suchitepéquez, Retalhuleu y Huehuetenango, se registran temperaturas ambientales hasta de 36 °C, siendo el clima caluroso.

Las condiciones de clima caluroso influyen adversamente la calidad del concreto, principalmente acelerando la tasa de pérdida de humedad y la velocidad de hidratación del cemento, por consiguiente obtenemos altas temperaturas de concreto.

La temperatura ambiente es un factor que afecta; dependiendo del lugar puede ser beneficioso cuando se entrega concreto en regiones frías, como Quetzaltenango, San Marcos o Totonicapán, pero perjudicial cuando se va los departamentos, que se han denominado de clima caluroso.

Diagnóstico de la situación actual; después de evaluar las causas planteadas en el diagrama de causa-efecto, se tiene que la temperatura del concreto fresco depende de las temperaturas de las masas de las materias primas.

Por lo que la temperatura aproximada del concreto puede calcularse con la siguiente ecuación.

$$T = \frac{0.22(T_a M_a + T_c M_c) + T_w M_w + T_{wa} M_{wa}}{0.22(M_a + M_c) + M_w + M_{wa}}$$

Donde:

T = temperatura final del concreto fresco en °C

T_a = temperatura de los agregados en °C

T_c = temperatura del cemento en °C

T_w = temperatura del agua en °C

T_{wa} = temperatura del agua contenida en los agregados como humedad en °C

M_a = masa en kg del agua

M_c = masa en kg del cemento

M_w = masa en kg del agua

M_{wa} = masa en kg del agua contenida en los agregados como humedad

Para disminuir la temperatura del concreto fresco, se debe disminuir la temperatura de sus componentes, pero de todos los materiales en el concreto, el agua es el más fácil de enfriarse.

El método usual para enfriamiento del concreto es la disminución de la temperatura de los materiales antes de mezclado.

Los agregados y el agua de mezcla se deben mantener lo más fríos posible, pues estos materiales tienen una mayor influencia sobre la temperatura del concreto que los otros materiales.

Al enfriarse el agua cerca de 2,0 °C a 2,2 °C, se enfría el concreto cerca de 0,5 °C. Sin embargo, como el agua de mezcla representa sólo un pequeño porcentaje de la mezcla se podrían tener reducciones de temperatura hasta de 4,5 °C, lo cual es muy significativo para el proceso actual de la producción de concreto premezclado de planta Salcajá.

Pero también ayuda a disminuir la temperatura de los agregados el regarlos con agua fría.

Se propone diseñar un sistema que permita disminuir la temperatura del agua proveniente del pozo, que pueda adaptarse las instalaciones actuales y que sus costos operativos sean razonables.

2.2. Sistema de enfriamiento de agua

La propuesta para lograr el propósito de que la temperatura del concreto fresco esté por debajo de los 32 °C, se basa en la acción de disminuir la temperatura del agua, por lo que en este capítulo analizaremos como lograrlo.

Existen varias formas de enfriar agua; para este caso solo vamos a considerar los sistemas que puedan acoplarse al proceso productivo del concreto premezclado de la planta Salcajá, dejando a un lado los ya utilizados hasta el momento en esta planta, siendo estos la adición de hielo a la mezcla o la compra de agua fría para la producción.

Para obtener una propuesta que logre enfriar el agua se analizó lo siguiente:

- Obtención actual del agua.
- Temperaturas actuales del agua sustraída del pozo y de los depósitos de almacenaje.
- Medios para disminuir la temperatura del agua.
- Sistemas para enfriar agua.
- Torres de enfriamiento.

2.2.1. Sistema de obtención del agua

El agua se obtiene de un pozo mecánico, la cual es extraída por una bomba sumergible, enviándolo a un cisterna con capacidad de 10 m³ (10 000 lts).

El agua es succionada de la cisterna, por medio de un sistema hidroneumático y distribuido hacia los tanques de producción (totes), así como para los otros servicios de la planta.

La capacidad de almacenamiento, en los totes es de 5 000 gl cada uno. El agua contenida en estos totes es bombeada hacia la báscula de pesado para controlar su adicción a la mezcla de concreto.

El agua es sustraída por medio del pozo y bombeada al cisterna por una tubería subterránea, la cual se encuentra debajo de un edificio, la distancia del pozo al cisterna es de aproximadamente 3 m de largo.

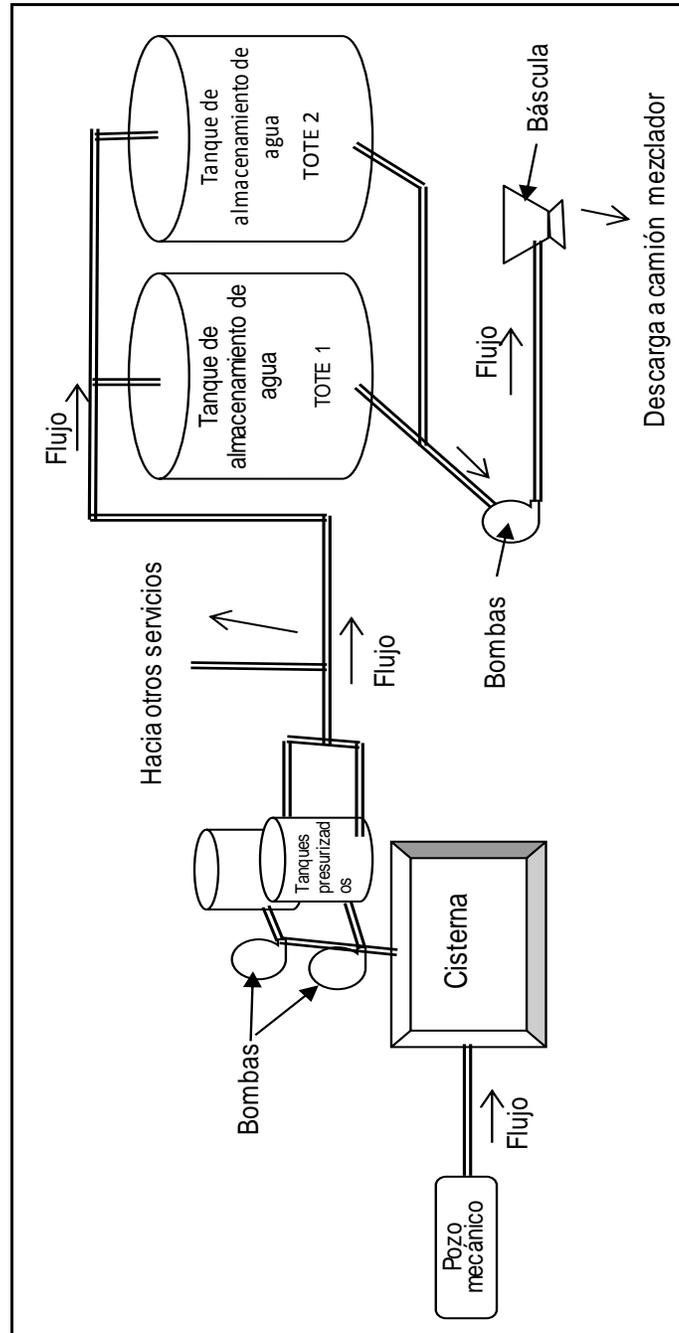
Posteriormente se alimentan los tanques externos con capacidades de 5 000 galones cada uno, por medio de un sistema hidroneumático.

El flujo del agua está diseñado con mecanismos, de tal manera que al realizarse los consumos, el agua se repone automáticamente, manteniendo todo el tiempo los tanques de almacenaje llenos.

En la figura 14 se presenta un esquema de flujo del agua actual y cómo se alimenta al proceso productivo.

El agua que se obtiene de la cisterna, se utiliza tanto para la producción como para los servicios necesarios en la planta, por esto continuamente la cisterna se recarga con agua del pozo, logrando, que el agua de la cisterna se mantenga con temperaturas promedio de 32 °C, con la condicionante, que la cisterna es subterránea, por lo cual no disipa el calor del agua allí almacenada.

Figura 14. Flujo de agua actual para la producción de concreto planta Salcajá



Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Temperatura del agua

Analizando cómo se comporta la temperatura del agua en los distintos tanques de almacenaje y al momento de la descarga para la producción, se realizó un muestreo el cual se presenta en la tabla XI, siguiendo los mismos periodos por la mañana, al medio día y por la tarde con el fin de determinar su comportamiento.

En la tabla XI se puede apreciar la temperatura del agua en los distintos tanques de almacenaje. Las variaciones máximas durante todo el día son de 2 °C, la temperatura más baja del agua se tiene en el tote 2, esto se debe a que el agua para la producción es tomada del tote 1, reposándose por más tiempo en el tote 2.

De acuerdo a estos datos se puede asumir que la temperatura del agua al momento de utilizarse para la mezcla está en un rango de 27,2 °C a 31,7 °C, estableciéndose estos datos como parámetros de temperatura, que se debe usar para disminuir la temperatura del agua.

2.2.3. Medios para disminuir la temperatura del agua

En planta Salcajá, para disminuir la temperatura del agua, sólo se ha implementado un medio, que ha servido como paliativo para poder cubrir la necesidad de obtener agua fría.

Tabla XI. Temperatura del agua durante el día

TEMPERATURA DEL AGUA				
ANÁLISIS POR LA MAÑANA				
TEMPERATURAS EN °C				
HORA	CISTERNA	TOTE 1	TOTE 2	CONCRETO
03:07	32,0	28,1	18,3	23,7
04:00	32,1	28,8	19,1	20,2
05:20	31,7	29,8	26,7	24,5
06:00	32,2	29,7	22,3	20,5
07:00	33,1	29,8	21,0	22,8
09:35	32,2	28,7	00,0	23,5
PROMEDIO				
	32,2	29,2	21,5	22,5
ANÁLISIS A MEDIO DÍA				
TEMPERATURAS EN °C				
HORA	CISTERNA	TOTE 1	TOTE 2	CONCRETO
12:15	32,7	28,9	19,2	27,3
12:30	31,8	29,0	19,3	27,7
12:35	31,9	29,1	11,0	26,5
13:12	31,7	29,8	19,9	27,0
13:35	31,2	29,6	00,0	24,8
14:45	31,9	31,7	00,0	27,0
PROMEDIO				
	31,9	29,7	17,4	26,7
ANÁLISIS AL FINAL DEL DÍA				
TEMPERATURAS EN °C				
HORA	CISTERNA	TOTE 1	TOTE 2	CONCRETO
15:00	32,5	28,3	21,0	22,5
14:00	33,0	28,3	20,2	26,7
15:30	32,2	31,2	19,0	29,1
16:20	30,2	27,2	18,9	21,3
16:26	32,1	29,2	20,3	28,7
17:30	32,0	30,5	17,6	21,9
PROMEDIO				
	32,0	29,1	19,5	25,0

Fuente: elaboración propia.

Este medio ha sido la compra de agua fría, esto surgió de la experiencia anterior que se tuvo cuando inició operaciones la planta, el pozo no estaba en funcionamiento y se compraba agua para la producción de concreto, sin tomar en cuenta que la temperatura de la misma.

A raíz de la problemática de la temperatura del concreto fresco al momento de la entrega, se recurrió a compra de agua, pero esta vez se requirió que esta estuviera a una temperatura menor que la obtenida en la planta, implementándose esta medida para enfriar el agua proveniente del pozo de la planta.

La disminución de la temperatura del agua del pozo, consiste en mezclar en los tanques externos el agua comprada y el agua obtenida del pozo.

Con este sistema se logra tener agua para la producción con temperaturas por debajo un rango de 22 °C a 27 °C.

Este medio de enfriar agua no es eficaz, ya que no se tiene ningún procedimiento y control, su aplicación solo se emplea cuando la producción de concreto por día sea por arriba de los 300 m³ o cuando un cliente especifica la temperatura del concreto que requerirá al momento de su entrega.

Con base en esta experiencia se pensó en utilizar un medio más efectivo, que permitiera enfriar el agua propia (del pozo), además que se pueda incorporar al proceso poder controlar, tener todo el tiempo y acoplar a la maquinaria y equipos de la planta.

Existen distintos medios mecánicos para enfriar agua, lo cual se logra a través de procesos de refrigeración (refrigeración consiste en extraer la energía térmica de un cuerpo para reducir su temperatura).

La refrigeración mecánica es un proceso mediante el cual se reduce la temperatura del agua por debajo de la que prevalece en su ambiente.

Para formular la propuesta se analizarán los distintos sistemas para enfriar el agua, por medio de la refrigeración mecánica, que pueden utilizarse en la proceso de la producción de concreto premezclado.

2.2.4. Sistemas para enfriar el agua

Para enfriar el agua, necesaria para el proceso de producción de concreto, podemos implementar dos sistemas, utilizando los denominados *chillers* (enfriador de agua) o torre de enfriamiento.

Chiller es un aparato industrial que produce agua fría, básicamente opera como lo indica el ciclo de Carnot: un fluido refrigerante (usualmente conocido través de la marca comercial Freón) en estado líquido, se fuerza a experimentar su evaporación debido a una baja de presión en el sector conocido como evaporador donde, además y fundamentalmente, toma calor del agua con la que indirectamente se pone en contacto.

Las torres de enfriamiento tienen como finalidad enfriar una corriente de agua por vaporización parcial de esta, con el consiguiente intercambio de calor sensible y latente de una corriente de aire seco y frío que circula por el mismo aparato.

En otras plantas de Mixto Listo se han colocado *chillers*, los cuales han funcionado efectivamente.

Como parte, del propósito de innovar en la producción del concreto se determinó utilizar torres de enfriamiento, que también son efectivas y además tienen un costo inicial bajo y costos de operación reducidos; además son capaces de enfriar eficientemente grandes volúmenes de agua, fácil de adaptarse a la maquinaria.

2.2.5. Torres de enfriamiento

El enfriamiento en las torres de enfriamiento ocurre cuando el agua, al caer a través de la torre, se pone en contacto directo con una corriente de aire que fluye a contracorriente o a flujo cruzado, con una temperatura de bulbo húmedo inferior a la temperatura del agua caliente,.

En estas condiciones, el agua se enfría por transferencia de masa (evaporación) y por transferencia de calor sensible y latente del agua al aire, lo anterior origina que la temperatura del aire y su humedad aumenten y que la temperatura del agua descienda; la temperatura límite de enfriamiento del agua es la temperatura de bulbo húmedo del aire a la entrada de la torre.

Los tipos de torres de enfriamiento se clasifican según la forma en que suministran el aire, en:

- De circulación natural
- De tiro mecánico

Se seleccionan las torres de tiro mecánico, por qué sus características generales se adecuan muy bien al proceso de producción de concreto, de acuerdo a sus características generales siendo éstas las siguientes:

- Proporcionan un control total sobre el caudal de aire suministrado.
- Son torres compactas con sección transversal y altura de bombeo pequeñas en comparación con las de tiro natural.
- Proporcionan un control preciso de la temperatura del agua a la salida.

Las torres de tiro mecánico se clasifican en:

- Tiro forzado: ventilador situado en la entrada de aire.
- Tiro inducido: ventilador situado en la zona de descarga de aire.

Las ventajas de las torres de tiro forzado, son:

- Descarga de aire a baja velocidad por la parte superior de la torre.
- Flujo en contracorriente (normalmente).
- Más eficientes que las de tiro inducido.
- Aire frío de mayor densidad que las de tiro inducido.
- Mayor duración del equipo que las de tiro inducido.

- Inconvenientes: puede existir recirculación del aire de salida hacia la zona de baja presión (creada por el ventilador en la entrada de aire).

Las ventajas de las torres de tiro inducido, son:

- Máximo rendimiento (agua más fría, contacto con aire más seco).
- Reducción de la altura de entrada de aire.

La torre que mejor se adapta al diseño del sistema de enfriamiento de agua para la planta Salcajá, será la torre con tiro inducido, por la ventaja de máximo rendimiento, con la salvedad que sólo se logrará reducirla hasta la temperatura de bulbo húmedo.

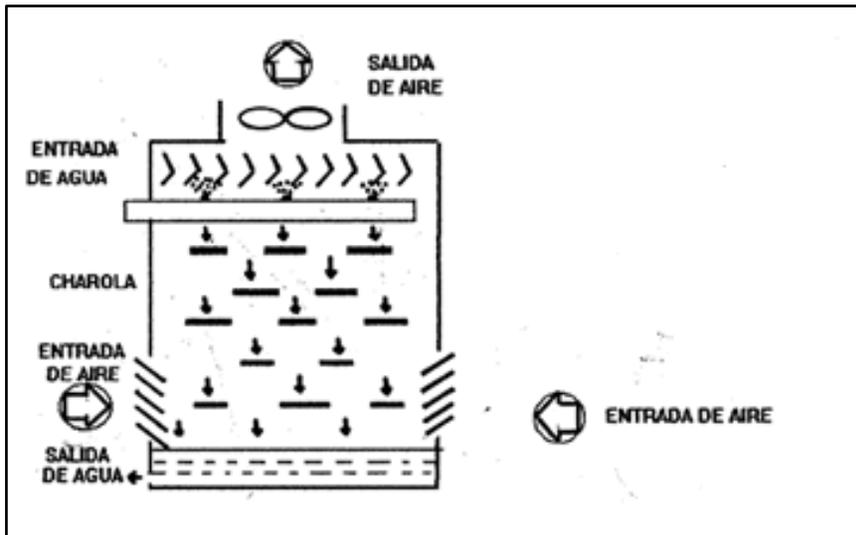
En la figura 15 se muestra el esquema de una torre de tiro inducido.

2.2.6. Diseño de sistema para enfriar el agua

Basado en el equipo a utilizar y el análisis de los capítulos anteriores y utilizando como referencia el esquema del flujo de agua presentado en la figura 13, se diseñó un sistema de enfriamiento de agua para la producción de concreto de planta Salcajá.

Para lograr mayor reducción de la temperatura del agua se estableció que la torre de enfriamiento debe colocarse, entre el pozo y la cisterna.

Figura 15. Torre de enfriamiento de tiro inducido

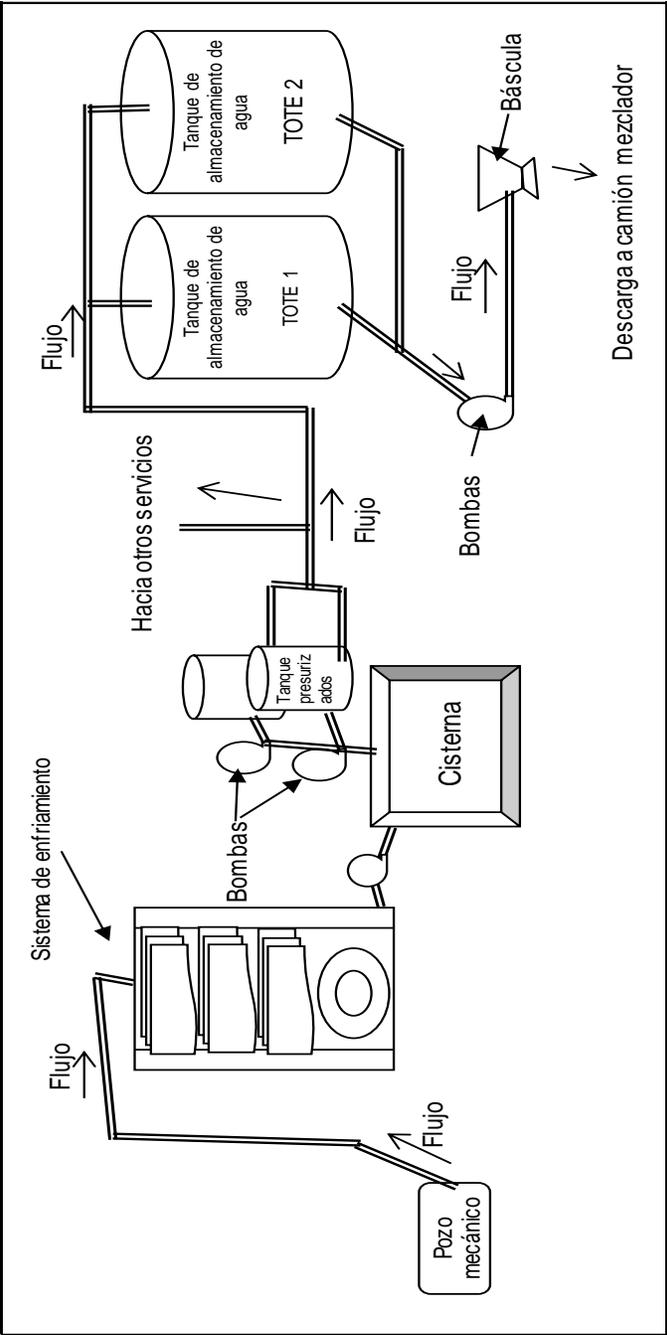


Fuente: www.quiminet.com/ar4/ar_advcardvc-los-procesos-de-enfriamiento-del-agua.htm.
18-08-2011.

La temperatura en la cisterna es cercana a los 32 °C y la temperatura máxima a disminuir es la de bulbo húmedo en la planta, siendo esta de 19 °C (ver tabla XIII) también que hay una pérdida de temperatura de 3 °C, entre la cisterna y el tote 1, lo cual también ayudaría a disminuir más la temperatura del agua, en la figura 16 se establece un esquema del nuevo sistema.

Para completar el diseño revisaremos las características del agua para la producción de concreto y las requeridas para las torres de enfriamiento, las ventajas de este sistema y el cálculo, costo de materiales y tiempo de ejecución para la instalación de la torre de enfriamiento.

Figura 16. Flujo de agua propuesto para la producción de concreto planta Salcajá



Fuente: elaboración propia.

2.2.7. Características del agua para la producción de concreto

Las características actuales del agua para la producción de concreto en planta Salcajá se presentan en la figura 17.

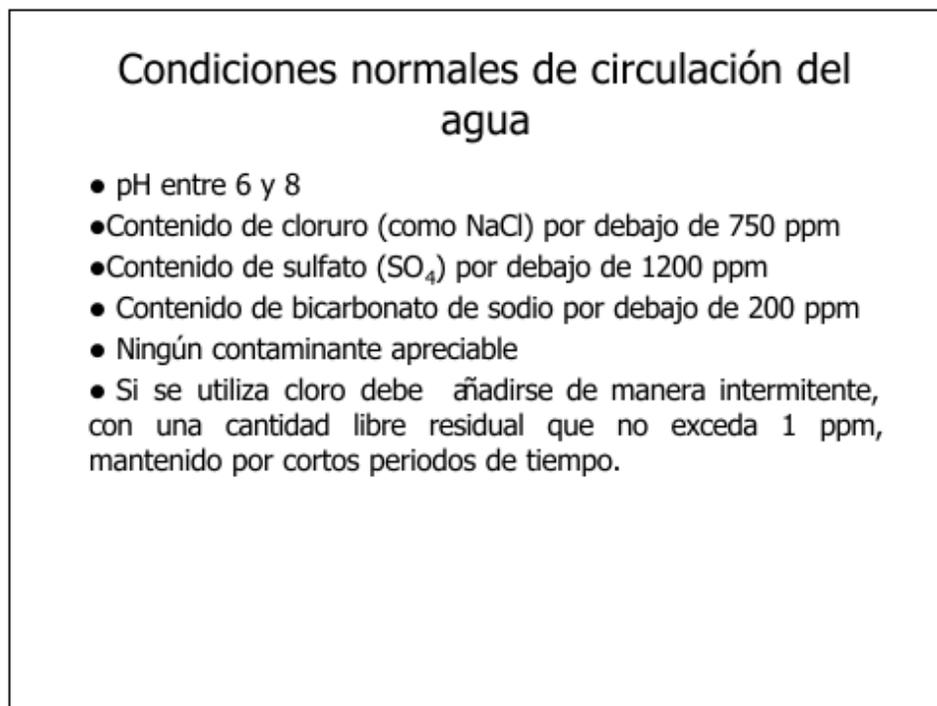
Figura 17. Características del agua planta Salcajá

Cuadro 9.2. Resultado de Análisis fisicoquímico. Determinado por LABIND (Ver anexo B1)					
Atención: MIXTO LISTO		Empresa: ISIS			
Lugar de Captación: pozo Salcajá,		Fecha de captación: 17 de agosto de 2011			
Fecha de Ingreso: 2 de julio de 2009		Hora Captación: 15:15 horas			
Tipo de Muestra: Agua		Hora de ingreso: 12:13 horas			
Muestra captada por: Cliente		Tipo de envase: polietileno			
No de Laboratorio		Identificación			
15,698		Pozo Mixto Listo Salcajá .			
Parámetro	Dimensionales	Resultado	L M A	L M P	Método de Referencia
Ph	unidades de pH	7.96	7.0- 7.5	6.5 - 8.5	SMEWW ¹ - 4500H+B
Conductividad Eléctrica	μ Siemens/cm	156		< 1500	SMEWW ¹ - 2510B
Salinidad	0/00	ND			SMEWW ¹ - 2510B
Temperatura	° C	No Determinado	15 - 25	34	SMEWW ¹ - 2510B
Apariencia	unidades de color	Limpia			SMEWW ¹ - 2110
Color	UNT	<0.5	5	35	SQM ³ Color
Turbidez	mg/l	<1	5	15	SQM ³ Turbidez
Cloro Residual	mg/l	ND	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0	MQM ² - 14978
Hierro Total	mg/l	0.1	0.1	1	SQM ³ - 14761
Manganeso	mg/l	.019	0.05	0.5	SQM ³ - 14770
Nitritos	mg/l	<0.002		1	SQM ³ - 14776
Sulfatos	mg/l	<25	100	250	SQM ³ - 14791
Nitratos	mg/l	<0.20		10	SQM ³ - 14773
Sílice	Mg/L	166.4			SQM ³ 14794
Fluoruros	mg/l	0.31		1.7	SQM ³ - 14598
Dureza Total	mg CaCO3/L	46.24	100	500	SMEWW ¹ - 2340C
Calcio	mg/l	14.30	75	150	SMEWW ¹ - 3500Ca B
Magnesio	mg/l	7.79	50	100	SMEWW ¹ - 3500-Mg B
Cloruros	mg/l	17.23	100	250	SMEWW ¹ -4500-CI B
Alcalinidad pH 8.3	mg CaCO3/L	4.4			SEWW ¹ -2320 B
Alcalinidad pH 4.0	mg CaCO3/L	83.6			SEWW ¹ -2320 B
Sólidos Disueltos	mg/l	80	500	1000	SMEWW ¹ -1030 E

Fuente: COASILLO, Alan. Estudio hidrogeología del pozo de la planta concretera Salcajá. p. 27.

La torre de enfriamiento requiere ciertas características de la calidad de agua para su eficiente funcionamiento y que su mantenimiento sea el recomendado, en la figura 18 se establecen estas características, las cuales fueron tomadas de un proveedor local de torres de enfriamiento.

Figura 18. **Características de agua para torre de enfriamiento**



Fuente: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/csalas/OPIV/torres1.pdf>. 20-08-2011.

Comparando los datos del análisis del agua de planta Salcajá, está si cumple con las condiciones normales para lo operación de una torre de enfriamiento.

2.2.8. Ventajas del sistema

Las ventajas que se obtendrán con la implementación de un sistema de enfriamiento de agua, para la producción de concreto en planta Salcajá, se describen a continuación.

Estas ventajas son cualitativas y comparadas con el medio actual que utilizan para enfriar el agua:

- Al instalar la torre de enfriamiento, se obtendrá agua con temperatura menor que la actual, todo el tiempo.
- La utilización del agua fría, no sería exclusiva para agua de la mezcla de concreto, sino que se puede usar para regar los agregados, bajando la temperatura de los mismos, con lo cual se tendrá un mayor impacto en la temperatura de concreto, debido a que la mayor masa que conforma la mezcla son los agregados.
- El sistema mecánico de enfriar agua, se integra al proceso de producción, colocando el equipo en línea con el abastecimiento de agua.
- Tiene la capacidad de enfriar mayor volumen que los actuales sistemas utilizados hasta el momento, pudiéndose utilizar en toda la producción diaria.
- Se reducirán los costos por desecho de concreto por no cumplir con la temperatura del concreto fresco al momento de la entrega.

- Tener un mejor control sobre la temperatura final del concreto fresco, ya que toda el agua estará a una misma temperatura todo el tiempo, no dependiendo del flujo utilizado a lo largo del día o del incremento en la producción, como sucede actualmente que dependiendo de estas dos variables a veces compran no agua fría.

2.2.9. Cálculo de la torre de enfriamiento

En este capítulo solo se establecen los datos necesarios para solicitar una torre de enfriamiento, los cuales se detallan a continuación, con dos puntos de vista para determinar el caudal de agua a enfriar:

- Punto de vista 1
 - En planta trabajan 33 empleados, de los cuales 5 son administrativos fijos y 28 personas son conductores de camiones. Para el cálculo de la demanda de agua de estas personas se asume que en algún momento estará fija la mitad es decir 17 personas que tendrán un consumo de 70 lt/persona/día, para un total de 1.19 m³/día, además se estima que se consumen cerca de 3 m³/día en riego de jardines.
 - El consumo de agua por cada metro cúbico de concreto producido se estima en 180 lt/m³; sin embargo, debe agregarse más agua para el proceso de limpieza de los camiones estimándose en 40 lt/m³, para un total de 220 lt/m³, en la figura 19 se muestran los cálculos para llegar al consumo total de agua.

Figura 19. Cálculo para determinar el consumo de agua planta Salcajá

Calculo de consumo		Requerimiento agua concreto	Requerimiento limpieza	Total de agua requerido	Total de agua para producción																
	m3/día	L/m3	L/m3	L/m3	m3/día																
Producción normal	190	180	40	220	41.8																
Producción máxima	350	180	40	220	77																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Uso</th> <th>Requerimiento diario m3/persona/día</th> <th>Personas</th> <th>Volumen diario usos no industrial m3/día</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua para personal</td> <td>0.07</td> <td>17</td> <td>1.19</td> </tr> <tr> <td>Jardines</td> <td></td> <td></td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td></td> <td></td> <td>6.19</td> </tr> </tbody> </table>						Uso	Requerimiento diario m3/persona/día	Personas	Volumen diario usos no industrial m3/día	Agua para personal	0.07	17	1.19	Jardines			3	Total			6.19
Uso	Requerimiento diario m3/persona/día	Personas	Volumen diario usos no industrial m3/día																		
Agua para personal	0.07	17	1.19																		
Jardines			3																		
Total			6.19																		
Total de agua requerida					Volumen diario uso industrial m3/día																
Día producción normal					47.99																
Día producción máxima					83.19																

Fuente: elaboración propia.

- Punto de vista 2
 - Estimando que un día de producción máxima se da en un tiempo de 10 hrs, se establece que el flujo de agua necesario será:

Volumen diario de uso industrial m³/día = 83,19

Tiempo de producción máxima = 10 hrs

Flujo por hora = 83,19/ 10= 8,319 m³/hrs

Flujo gl/min = (8,319*1 000)/(3,78*60) = 36.64

- La velocidad máxima de producción de la planta es de 70 metros cúbicos de concreto por hora y tomando como factor que para producir un metro de concreto se requiere de 200 lt., el flujo requerido será de.

$$\text{Flujo requerido por producción} = 70 \cdot 200 = 14\,000 \text{ lt/hrs}$$

$$\begin{aligned} \text{Flujo requerido por producción} &= 14\,000 / (60 \cdot 3,78) \\ &= 61,72 \text{ gl/min} \end{aligned}$$

Donde:

$$1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ lt}$$

$$3,78 \text{ lt} = 1 \text{ gl}$$

$$1 \text{ hr} = 60 \text{ min}$$

Para estimar la torre, se toma el flujo de 61,72 gl/min, ya que es el mayor de ambos y con esto se cubre la demanda necesaria de agua para la producción de concreto.

Para establecer las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo se monitorearon por un período de 3 días, por distintas horas, en las instalaciones de la planta.

Para tal efecto se colocaron dos termómetros de exterior, en el edificio del laboratorio, humedeciendo con una gasa el bulbo de uno de los termómetros, para obtener la temperatura de bulbo húmedo, los resultados se muestran en la tabla XII

La temperatura de bulbo húmedo se estimará en 19 °C y la de bulbo seco en 25 °C, de acuerdo a los promedios de la tabla XII.

La temperatura de ingreso a la torre de enfriamiento será la temperatura máxima que se presentó en el muestreo de temperaturas de la tabla XII, siendo ésta de 32,2 °C, que corresponde a la temperatura promedio en la cisterna.

La temperatura de diseño de salida del agua fría se fija en 24 °C, ya que para una torre de enfriamiento la temperatura de salida del agua fría debe tomarse con una diferencia de 3 °C a 5 °C arriba de la temperatura de bulbo húmedo.

Tabla XII. **Monitoreo de temperaturas planta Salcajá**

NÚMERO DE LECTURA	FECHA	HORA	TEMPERATURA °C	
			BULBO HÚMEDO	BULBO SECO
1	31/03/2010	14:00	21	28
2	31/03/2010	15:00	22	27
3	31/03/2010	16:00	18	25
4	31/03/2010	17:00	16	22
5	01/04/2010	08:00	10	16
6	01/04/2010	09:00	16	21
7	01/04/2010	10:00	18	23
8	01/04/2010	11:00	19	25
9	01/04/2010	12:00	21	27
10	01/04/2010	13:00	23	28
11	01/04/2010	14:00	28	35
12	01/04/2010	15:00	26	34
13	01/04/2010	16:00	24	29
14	01/04/2010	17:00	21	27
15	01/04/2010	18:00	20	24
16	02/04/2010	08:00	10	14
17	02/04/2010	09:00	14	18
18	02/04/2010	10:00	16	22

Continuación de la tabla XII.

19	02/04/2010	11:00	17	23
20	02/04/2010	12:00	19	25
21	02/04/2010	13:00	20	27
PROMEDIO DE TEMPERATURAS			19,00	24,76

Fuente: elaboración propia.

La humedad relativa, es 80%, dato de humedades relativas reportada para el área donde se ubica la planta.

En la tabla XIII se hace un resumen de los datos, para especificar una torre de enfriamiento.

Tabla XIII. **Datos para especificar torre de enfriamiento**

DESCRIPCION	DATO
Cantidad de agua a enfriar	61.72 gl/min
Temperatura de bulbo húmedo	19 °C
Temperatura de bulbo seco	25 °C
Temperatura de agua a enfriar	32.2 °C
Humedad relativa	80%

Fuente: elaboración propia.

Con estos datos se seleccionó una torre de enfriamiento que se tuviera disponible en el mercado, teniendo las siguientes especificaciones:

- Con ventilador de 0.855 kW.
- Capacidad para enfriar con flujo de 72 gpm de agua, desde 33 °C hasta de 24 °C a 19 °C de temperatura de bulbo húmedo.
- Para operar en 230/3/60 W.

- Construida de paneles de FRP.
- Estructura de acero HDP.
- Peso de 2,200 lbs.
- Diámetro de 2.55 m.
- Altura de 3.50 m.

2.2.10. Materiales y accesorios para su implementación

Los materiales necesarios para la implementación se describen en la tabla XIV, los cuales se estimaron con base en la torre seleccionada, a la ubicación de la misma, la cual estará a 6 metros de la cisterna.

Tabla XIV. **Costos de materiales**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO Q.
Bomba de agua de 1 hp	1	5 000,00
Tubería galvanizada de 1¼plg	3 tubos	660,00
Codos a 90°, galvanizados	7	840,00
Tubería de PVC, 3 plg	3	771,00
Codos de 90° de PVC	7	294,00
Llave de bola	1	1 082,00
Flipón	1	294,00
Cable, m	30	173,40
TOTAL		9 114,40

Fuente: elaboración propia.

2.2.11. Análisis de estructura de soporte de torre de enfriamiento

La torre, es un equipo considerablemente liviano, para el sistema diseñado, la cimentación para el montaje solo será de cuatro bases de concreto de 3 000 psi, con medidas de 0,3x0,3x0,6 m cada una, especificadas por el fabricante.

Cada base lleva un tornillo para la fijación de la torre, esta estructura tiene un costo aproximado de Q.2 500,00

2.2.12. Costos del proyecto

Los costos se estimaron cotizando con el proveedor que puede suministrar la torre de enfriamiento, detallándose en la tabla XV.

Tabla XV. Costos del proyecto

REGLON NO.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	TOTAL Q.
1	Torre de enfriamiento	1	global	67 800,00
2	Materiales y accesorios	1	global	9 114,40
3	Montaje e instalación	1	global	17 182,00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO				94 096,40

Fuente: elaboración propia.

El valor de la inversión lo podemos diluir en la producción de un año, que en promedio es de 40 000 m³, nos da un sobreprecio por metro cúbico de Q.2,35.

2.2.13. Cronograma de implementación

Los pasos para implementar el sistema de enfriamiento de agua se describen a continuación, tomando en cuenta que integrar la torre de enfriamiento a las instalaciones del flujo de agua, se debe hacer cuando la planta este fuera de operación. En la tabla XVI se presenta un cronograma de ejecución del proyecto.

- El proyecto se deberá presentar a la gerencia de operaciones y justificar su ejecución, para aprobación.
- Con los datos de los cálculos se debe cotizar en el mercado local las opciones de proveedores y definir su compra, analizando las propuestas, llevando a cabo el procedimiento de compras establecido por la empresa.
- Realizar compra; este paso conlleva definir forma de pago, crear proveedor en la empresa, traslado y entrega en planta.
- Seguidamente de confirmar la compra se deben hacer las bases de soporte en la ubicación definida, preparándose para el montaje.
- Realizar el montaje, realizar pruebas, si las pruebas son satisfactorias se inicia su operación.

Tabla XVI. **Cronograma de implementación del proyecto**

Descripción	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9	Sem 10
Cotización de torre de enfriamiento	■									
Definir proveedor		■								
Analizar propuesta		■								
Compra			■	■	■	■	■			
Diseñar el montaje y elaboración de planos						■	■	■		
Montaje								■	■	■
Pruebas										■
Funcionamiento										■

Fuente: elaboración propia.

2.3. Desarrollo para la Implementación de gráficos de control de concreto fresco

En planta Salcajá no se llevan, durante el proceso de producción, controles que permitan tomar decisiones de mejoras en el momento en que existan desviaciones de las especificaciones de concreto fresco.

Algunas veces se toman acciones de mejora en el proceso cuando los reclamos se dan en la obra o cuando, en alguna inspección de camiones, se hace evidente.

Se lleva control estadístico solo en pruebas de concreto endurecido, siendo esta la resistencia del concreto.

Por lo que se ve una buena oportunidad para implementar gráficos de control al proceso, teniendo con ello tres objetivos.

- Implementar medidas de control de proceso que actualmente no hay.
- Poder hacer ajustes en las producciones, en el momento en que se está llevando a cabo la producción.
- Evitar devoluciones de concreto fresco por parte de los clientes.

La construcción y el desempeño satisfactorios del concreto requieren un concreto con propiedades específicas. Para garantizar que se logren estas propiedades, los ensayos de control de calidad y aceptación son partes indispensables del proceso constructivo.

Los resultados de los ensayos proporcionan información importante para basar las decisiones con respecto a ajustes al diseño de la mezcla.

En planta Salcajá, para determinar la calidad del concreto, se realizan las pruebas de concreto fresco, de acuerdo a un programa establecido por el departamento de calidad, los resultados se analizan en el momento algunas veces, haciendo ajustes al proceso o se revisan posteriormente, por lo que las acciones tomadas algunas veces son inoportunas. Llevar el control por medio de gráficos de control es de mucha utilidad.

2.3.1. Normas y pruebas de concreto fresco

Para la implementación de los gráficos de control solo se tomarán dos ensayos de los existentes para concreto fresco, uno es la prueba de consistencia, este por ser el de mayor frecuencia, el otro la temperatura de concreto fresco, este con el fin de evaluar la implementación del sistema de enfriamiento del agua diseñado.

- Ensayo de consistencia: el ensayo de revenimiento o asentamiento del concreto por medio del cono de Abrams, es el método más ampliamente aceptado y utilizado para medir la consistencia del concreto; la norma que se utiliza para este ensayo es la ASTM C-143.

Esta es la medida de fluidez de la mezcla de concreto. No mide el contenido del agua o la trabajabilidad del concreto.

La prueba consiste en verter concreto fresco en un cono de revenimiento (molde cónico de metal 300 mm de altura, con 200 mm de diámetro de base y 100 mm de diámetro de la parte superior).

El cono húmedo, colocado verticalmente sobre una superficie plana, rígida y no absorbente, se debe llenar en tres capas de volúmenes aproximadamente iguales. Se aplican 25 golpes con la varilla que es parte del equipo en cada capa. Después de los golpes, se rasa la última capa y se levanta el cono lentamente aproximadamente 300 mm (12 pulg) en 5 ± 2 segundos. A medida que el concreto se asiente en una nueva altura, se invierte el cono vacío y se lo coloca cuidadosamente cerca del concreto asentado.

El revenimiento o el asentamiento es la distancia vertical que el concreto se ha asentado, se usa una regla para medir de la parte superior del molde del cono hasta en centro original desplazado del concreto asentado (ver la figura 20).

Figura 20. **Ensayo de revenimiento**



Fuente: KOSMATKA, Steven H.; PARANESE William C. *PCA: Diseño y control de mezclas de concreto*. p. 330.

Un valor más elevado de revenimiento (asentamiento) es indicativo de un concreto más fluido. Todo el ensayo hasta la remoción del cono se debe completar en 2,5 minutos, pues el concreto pierde revenimiento con el tiempo. Si hay desmoronamiento de una parte del concreto, se debe realizar otra prueba con otra porción de la muestra.

- Medición de la temperatura: la temperatura es uno de los factores más importantes que influyen en la calidad, el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto.

Sin en control de la temperatura del concreto, predecir su comportamiento es muy difícil, al controlarla se podrá evitar problemas inmediatos y futuros.

Por su gran influencia sobre las propiedades tanto del concreto fresco como del endurecido, muchas especificaciones limitan la temperatura del concreto fresco, la norma que se utiliza para este ensayo es la ASTM-1064.

La prueba consiste colocar un termómetro dentro de una muestra representativa de mezcla de concreto y permanecer en por lo menos, 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice.

Un mínimo de 75 mm de concreto debe rodear la porción sensitiva del termómetro (ver figura 21).

Figura 21. **Medición de temperatura**



Fuente: KOSMATKA, Steven H.; PARANESE William C. *PCA: Diseño y control de mezclas de concreto*. p. 331.

2.3.2. Manual de control de calidad

La calidad puede definirse como la conformidad relativa con las especificaciones, o como el grado en que un producto cumple las especificaciones del diseño, o como el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.

Para el caso del concreto fresco las especificaciones ya están establecidas por las Normas ASTM u otras que se utilizan, para la producción de concreto premezclado. En planta Salcajá, el manual de calidad toma como base estas normas.

Para poder llevar a cabo el control de calidad de la producción de concreto premezclado, se establecieron tres planes de calidad, siendo éstos:

- Calidad materias primas
- Calidad en concreto fresco
- Calidad en concreto endurecido

Éstos indican cómo, qué, quién y cuando se deben realizar las pruebas en cada fase del proceso de producción, los planes se pueden ver en anexo 2.

En los planes, establece el registro de los ensayos, pero en ninguno se incluyen los gráficos de control, por lo que al implementarlos reforzamos el control de calidad para esta planta.

2.3.3. Procedimientos para realización de pruebas

Se describen los procedimientos para las pruebas de temperatura y consistencia, indicados en el sub capítulo anterior, para adecuar los formatos para la obtención de los resultados y registrarlos en los gráficos de control.

- Método de prueba normalizada para la medición de temperatura del concreto recién mezclado, Norma ASTM C 1064

El método de ensayo estándar para la medición de temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado se publica bajo la designación fija C-1064, de las Normas ASTM.

El equipo necesario para realizar la prueba es:

- Recipiente: debe tener proporciones tales, que al menos 3 pulgadas de concreto cubran en todas las direcciones el sensor del aparato medidor de temperatura. La cantidad de concreto que debe cubrirlo tiene que ser además, un mínimo de tres veces mayor que el tamaño máximo de agregado grueso.
- Aparato medidor de temperatura: debe poder medir con precisión la temperatura de la mezcla de concreto recién mezclado con una variación de ± 1 °C, dentro del rango de -1 °C hasta 49 °C.

Cada aparato medidor de temperatura usado para determinar la temperatura de las mezclas de concreto recién mezclado debe calibrarse anualmente o cuando se dude del grado de exactitud. Es aceptable medir la temperatura de la mezcla de concreto recién mezclado, bien sea en el equipo de transporte o en los moldes después de la descarga, siempre que el aparato medidor este rodeado por lo menos de 3 pulgadas de concreto, en toda las direcciones.

La muestra de concreto recién mezclado, para esta prueba, debe hacerse siguiendo la Norma ASTM C-172.

El procedimiento consiste en colocar el aparato medidor de temperatura en la mezcla de concreto recién mezclado, de modo que el sensor de temperatura esté sumergido al menos 3 pulgadas. Presionar suavemente la superficie del concreto alrededor del aparato medidor de temperatura de modo que la temperatura ambiental no afecte la medición.

Dejar el aparato medidor de temperatura en la mezcla de concreto recién mezclado por un período mínimo de dos minutos, o hasta que la lectura de temperatura se estabilice, entonces registrar la misma.

La determinación de la temperatura debe realizarse en un tiempo no mayor de cinco minutos a partir de la obtención de la muestra de concreto recién mezclado, excepto para concreto que contiene agregado de tamaño nominal máximo mayor de 3 pulgadas.

Registrar la temperatura del concreto recién mezclado con una precisión de 1 °C

- Método de prueba normalizada para determinar el revenimiento en el concreto elaborado con cemento hidráulico, Norma ASTM C 143
El propósito de la prueba de revenimiento es determinar la consistencia de concreto. Esta es una medida de la fluidez o movilidad relativa de mezcla de concreto. El revenimiento no mide el contenido de agua o trabajabilidad de concreto.

Esta norma se emite bajo la designación fija de las Normas ASTM C- 143.

Este método de prueba comprende la determinación del revenimiento en el concreto elaborado con cemento hidráulico, tanto en laboratorio como en campo.

Equipo necesario:

- Cono de Abrams de medidas estándar (molde).
- Varilla para apisonado de hierro liso de diámetro 5/8 pulg y punta redondeada L=60 cm.
- Cinta métrica metálica.
- Plancha metálica (badilejo).

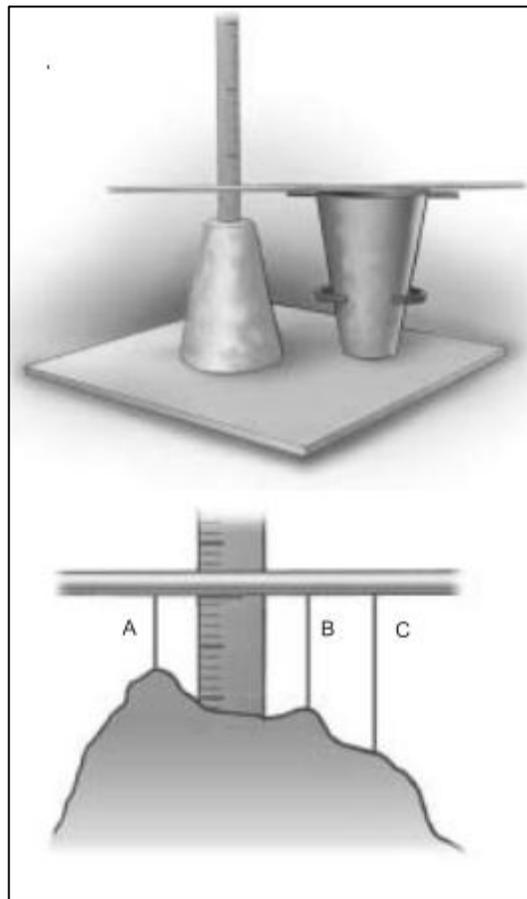
Procedimiento:

- a. Obtener una muestra de acuerdo a la Norma ASTM C-172, sin tener en cuenta la aparente calidad del concreto. Según la norma se debe obtener una muestra por cada 120 m³ de concreto producido ó 500 mt² de superficie llenada y en todo caso no menos de una al día.
- b. Es conveniente sacar muestras con más regularidad si la importancia del elemento estructural lo amerita. La muestra no debe ser menor de 30 lt y el concreto muestreado no debe tener más de 1 hora de preparado. Entre la obtención de la muestra y el término de la prueba no deben pasar más de 10 minutos.
- c. Colocar el molde limpio y humedecido con agua sobre una superficie plana y humedecida, pisando las aletas.

- d. Verter una capa de concreto hasta un tercio del volumen (67 mm de altura) y apisonar con la varilla lisa uniformemente, contando 25 golpes.
- e. Verter una segunda capa de concreto (155 mm de altura) y nuevamente apisonar con la varilla lisa uniformemente, contando 25 golpes. Los golpes en esta capa deben llegar hasta la capa anterior.
- f. Verter una tercera capa (en exceso) y repetir el procedimiento, siempre teniendo cuidado en que los golpes lleguen a la capa anterior. Como es usual, les faltará un poco de concreto al final, así es que tendrán que rellenar el faltante y rasar el molde con la varilla lisa. Desde el inicio del procedimiento, hasta este punto no deben de haber pasado más de 2 minutos. Es permitido dar un pequeño golpe al molde con la varilla para que se produzca la separación del pastón.
- g. Ahora retirar el molde con mucho cuidado (no debería hacerse en menos de 5 segundos), colocarlo invertido al lado del pastón de concreto y colocar la varilla sobre éste para poder determinar la diferencia entre la altura del molde y la altura media de la cara libre del cono deformado.
- h. De inmediato medir el revenimiento determinando la diferencia vertical entre la parte superior del molde y el centro original desplazado de la superficie superior del espécimen. Como se muestra en la figura 22.
- i. Si ocurriera la caída evidente de una porción, el desplome o el desprendimiento de una parte de la masa de concreto, desechar la prueba.

- j. Registrar el revenimiento en pulgadas al $\frac{1}{4}$ de pulgada más cercano de asentamiento del espécimen durante el ensayo.

Figura 22. **Prueba para determinar el revenimiento**



Fuente: <http://www.imcyc.com/cyt/agosto04/CONCEPTOS.pdf>. 10 09 2011.

2.3.4. Diseño de gráficos de control

Para implementar los gráficos de control, vamos a tomar dos variables que establecimos siendo el revenimiento y la temperatura de concreto fresco.

- Temperatura: esta especificación, es muy importante tenerla en control, ya que en el proceso de producción de planta Salcajá, sirvió para el desarrollo de este proyecto.

Basado en la experiencia fijar el límite inferior, para todos los diseños de concretos sin importar el tamaño máximo de agregado, en 20 °C, ya que con este valor se acerca a una temperatura aceptable, para la distribución del concreto.

El límite intermedio, debido a las condiciones actuales de las materias primas utilizadas en planta Mixto Listo Salcajá, se tomará la temperatura, de acuerdo a últimos registros es la más esperada, que para este caso será de 27 °C.

Considerando que lo importante es mantener una temperatura de concreto fresco por debajo de 32 °C, se tomará esta temperatura como el límite superior.

El momento de la toma de la muestra de la temperatura, hacerlo de manera aleatoria, para calcular la hora en que se va a tomar la muestra.

Para esto se tabuló la producción del mes de marzo, presentándose en la figura 23.

Figura 23. Horas de producción mes uno

FECHA	METROS CÚBICOS DESPACHADOS POR HORA MARZO 2010																								TOTAL HORAS	PROMEDIO POR HORA
	03:00 A 04:00	04:00 A 05:00	05:00 A 06:00	06:00 A 07:00	07:00 A 08:00	08:00 A 09:00	09:00 A 10:00	10:00 A 11:00	11:00 A 12:00	12:00 A 13:00	13:00 A 14:00	14:00 A 15:00	15:00 A 16:00	16:00 A 17:00	17:00 A 18:00	18:00 A 19:00	19:00 A 20:00	20:00 A 21:00	21:00 A 22:00	22:00 A 23:00	23:00 A 00:00	00:00 A 01:00	TOTAL	PROMEDIO		
01/03/2010		5.50	15.00	4.75	19.75	31.50	32.00	14.00	39.25	22.00	23.25	2.50	4.50											214.00	12.00	17.83
02/03/2010		21.00	14.00	9.00	10.00	12.00	28.00	14.00	16.75	21.00	41.00		11.25	34.50										218.50	13.00	16.81
03/03/2010		14.00	21.00	14.00	21.00	12.00	28.00	14.00		28.00	21.00	7.00												180.00	12.00	15.00
04/03/2010		5.50	28.00	31.00	39.00	37.00	38.00	25.00		24.00	54.00	47.00	44.00	12.00	28.00									412.50	14.00	29.46
05/03/2010		6.50	10.00			20.00	26.50	7.00		13.00	10.00	14.00		6.00										113.00	13.50	8.37
06/03/2010				17.00		5.50	10.50				4.75	5.00		3.25										46.00	12.00	3.83
08/03/2010					12.00	12.00	5.50	1.00																30.50	6.00	5.08
09/03/2010		10.50	5.25				20.00	6.00		6.00	14.00	7.00				7.00	14.00	7.00	42.00	14.00	10.00		167.75	20.00	8.39	
10/03/2010				21.00	21.00	7.00	19.00	15.75	5.00		4.00													92.75	12.00	7.73
11/03/2010			6.50				7.00	7.00	7.00		3.00													30.50	10.00	3.05
12/03/2010		5.50	11.00	6.25						12.00	6.00	3.00	6.00	4.50										54.25	14.00	3.88
13/03/2010			6.00	12.00	5.00	3.00	4.25	6.50			1.25													38.00	9.00	4.22
15/03/2010		5.00	12.00	21.00	26.00	7.00	7.00			3.50	2.50	9.50	5.50	13.50	25.00									137.50	14.00	9.82
16/03/2010				21.00	14.00	35.00	37.75	31.00	31.50	25.25	31.00	28.00	28.00	35.00	35.00	14.00	3.50							405.00	15.00	27.00
17/03/2010				26.00	12.00	6.50	10.00			3.00		16.50	14.00	21.00	5.00									114.00	14.50	7.86
18/03/2010	7.00	28.00		16.00	5.00	7.00	7.00	7.00	7.00	1.50	21.00	21.00	10.25	2.00										132.75	13.50	9.83
19/03/2010			12.00	5.00		19.50	18.00	3.00		12.00	12.00		5.50											84.00	11.00	7.64
20/03/2010				25.00	19.00																			50.00	6.00	8.33
22/03/2010			6.00	9.75	4.00	23.00	7.00	13.00	5.00		2.50													70.25	10.00	7.03
23/03/2010							14.00	27.00																51.00	9.00	5.67
24/03/2010		21.00	14.00	14.00	28.00	28.00	45.00	2.50	24.00		3.00	9.75												189.25	12.00	15.77
25/03/2010		14.00	14.00	21.00	12.50	14.00	7.00	7.00	20.00	24.00	14.00	27.00	35.00	21.00	1.50									225.00	13.50	16.67
26/03/2010		7.00	0.00	7.00	32.00	28.00	29.75	28.75	19.00	29.00	31.00	14.00	21.00	35.00	28.00	35.00	14.00							358.50	16.00	22.41
27/03/2010		14.00	21.00	28.00	21.00	6.00	13.00	20.00	4.00															127.00	8.00	15.88
29/03/2010			27.00	26.00	12.75	26.25	6.00	5.50		21.00	1.00													127.50	13.50	9.44
30/03/2010	90.00	7.00	35.00	7.00	14.00	21.00	7.00	4.00																95.00	8.00	11.88
31/03/2010		17.00																						52.50	9.00	5.83
																								3817.00	320.50	11.91

Fuente: elaboración propia.

En la tabulación se aprecia que la producción varía, de un día a otro durante el mes en horas de producción, habiendo días de 6 hasta 16 horas, por lo que definiremos tomar 6 muestras diarias, para lograr abarcar toda la producción.

Para ejemplificar el cálculo, tomamos la fecha de mayor producción, que fue el 16 del mes uno, con una producción de 405 m³ en 15 horas.

Lote = 15 horas

Intervalo de tiempo del sub-lote, se calculará de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Sub lote} &= \frac{15 \text{ h (por lote)}}{6 \text{ sub lotes}} \\ &= 2.5 \end{aligned}$$

En la tabla XVII, se observa cómo la distribución de las tomas.

Tabla XVII. **Intervalos de tiempos para muestreo**

HORA DE	LOTE	SUB	TAMAÑO DE
06:00	15	6	2.5
	inicio de sub lote	minutos	fin de sub lote
	06:00	02:30:00	08:30
	08:30	02:30:00	11:00
	11:00	02:30:00	13:30
	13:30	02:30:00	16:00
	16:00	02:30:00	18:30
	18:30	02:30:00	21:00

Fuente: elaboración propia.

De manera gráfica, cada sub lote se ve en la figura 24.

Figura 24. **Representación gráfica de sub lotes**



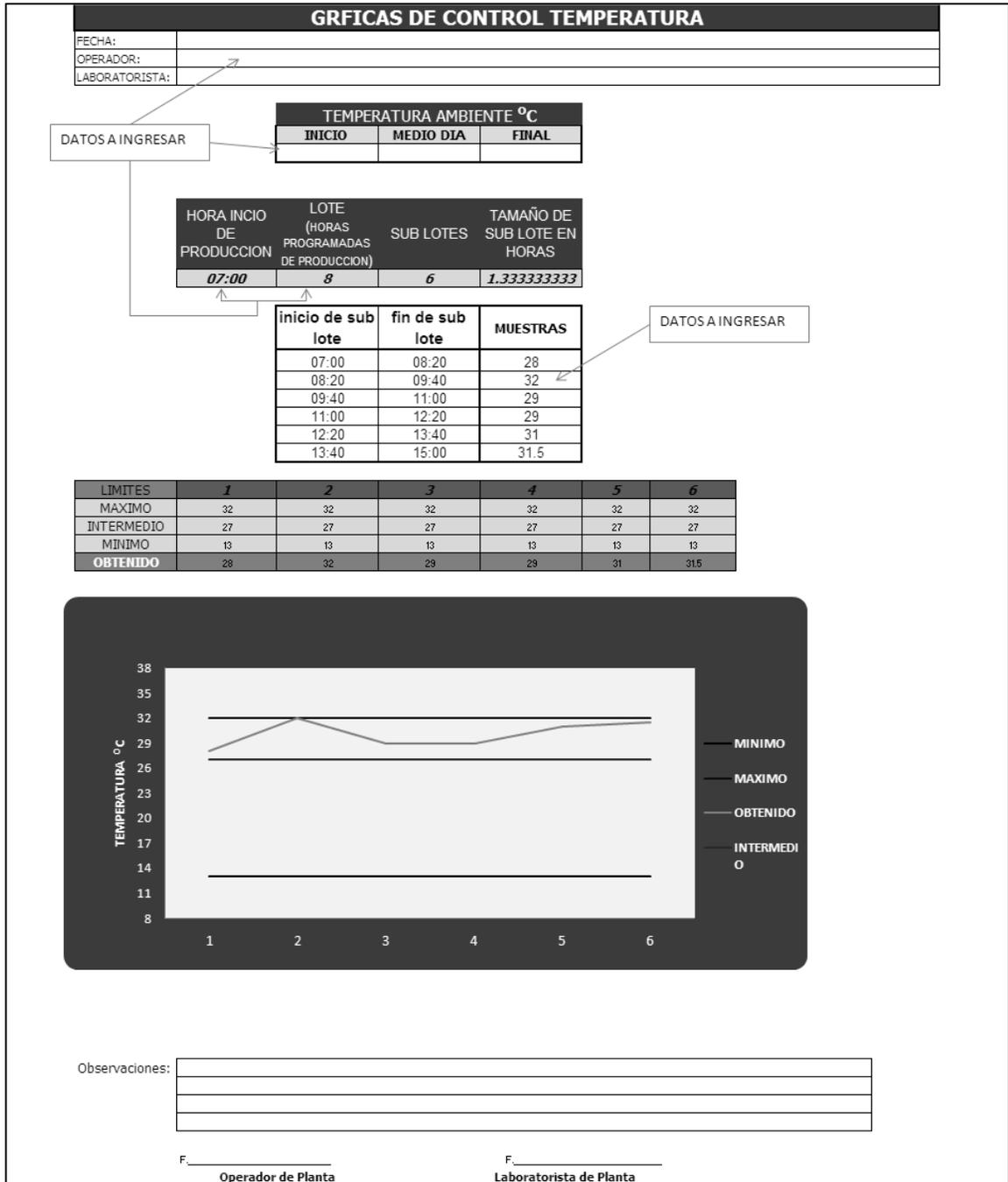
Fuente: elaboración propia.

Como la producción es *batchada*, siendo equivalente a la carga de un camión, teniendo este intervalo de tiempo por sub lote, nos permite poder tomar la muestra, en cualquier camión que salga durante ese periodo, el cual queda a discreción del laboratorista de planta y/o operador de planta.

Para poder realizar este control se diseñó en una hoja electrónica (*Excel*), en la que se ingresan de los datos y se obtiene el gráfico de control, como se muestra en la figura 25.

- Revenimiento: esta es una de las especificaciones que en la práctica, continuamente se revisan tanto en planta como en obra, por lo que es de mayor importancia llevar un control.

Figura 25. Gráfico de control para temperatura



Fuente: elaboración propia.

Como esta especificación depende del diseño del concreto, para establecer los límites, tomar los establecidos, en los asentamientos (revenimiento), de los distintos diseños de concreto que se producen en planta Salcajá, que se muestran en la tabla XVIII. Siendo éstos los siguientes:

Tabla XVIII. **Asentamientos de concretos**

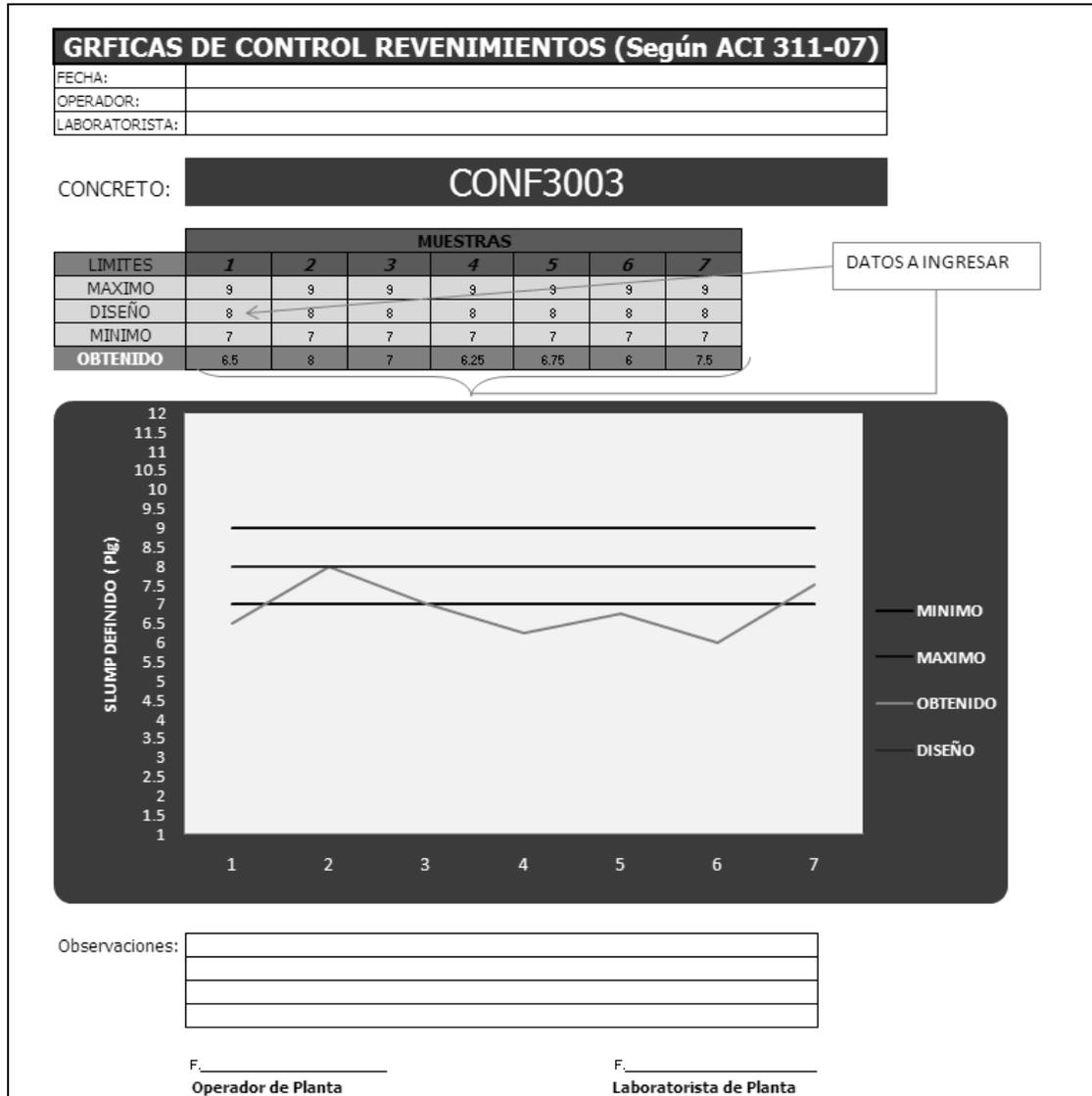
REVENIMIENTO DE CONCRETOS SEGÚN DISEÑO		
Opciones disponibles	Asentamiento en planta pulg (cm)	± tolerancia ASTM C 94
Bajo sentamiento	4" (10)	± 1" (2.5)
Convencionales	6" (15)	± 1 (2.5)
Fluidos	8" (20)	± 1 (2.5)
Bajo sentamiento con fibra	2" (5)	± 1" (2.5)
Asentamiento normal con fibra	4" (10)	± 1" (2.5)

Fuente: elaboración propia.

Para calcular el muestreo se basó en los planes de calidad del concreto fresco elaborado por el departamento técnico, en cual se establece la frecuencia en que se debe hacer esta prueba. (Ver anexo 2).

En la figura 26 se muestra la hoja electrónica (*Excel*) para ingresar los resultados de la prueba y obtener el gráfico de control.

Figura 26. Gráfico de control para revenimiento



Fuente: elaboración propia.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN

La falta de atención en el tema de seguridad, no sólo puede traer consecuencias para el personal, sino también pérdidas para la empresa, hasta puede representar el cierre de la misma por no tener un Plan de Contingencia vigente y actualizado, dentro de la empresa.

El objetivo de un plan de contingencia, es asegurar la capacidad de supervivencia del personal de la empresa, también se requiere proteger y conservar los activos de la empresa libres de riesgos, desastres naturales o actos mal intencionados, así como también reducir la probabilidad de las pérdidas, a un nivel mínimo de nivel aceptable, asegurando que existan controles adecuados para reducir el riesgo por fallas o mal funcionamiento del equipo.

Hay que tener presente tres pasos fundamentales: analizar primeramente el riesgo o riesgos que corre la empresa, luego definir cual va a ser su control del mismo y como último definir la estructuración de la respuesta ante dicho riesgo.

La meta es reducir el tiempo fuera del mercado, reducir el impacto económico negativo, crear ante el cliente y proveedores una imagen positiva de la empresa y el futuro de la misma, estabilizar el empleo de todos los miembros de la organización.

En planta Salcajá se inició con un plan de contingencia para minimizar los riesgos, dentro de los riesgos hay uno que ha impactado en los últimos años, siendo este el de los accidentes viales, entre las consecuencias se han tenido pérdidas de vidas humanas.

En esta fase, como parte del plan de contingencia se apoyó con desarrollar los pasos pendientes en la implementación de la *FPE*.

3.1. Accidentes viales

El negocio del concreto premezclado, contempla el uso de vehículos para su transportación y distribución, siendo ésta una de las operaciones mayormente ejecutadas, por lo que esta actividad se ve inmersa en el tráfico, de las distintas rutas en el área que tiene cobertura la planta Salcajá.

Haciendo un análisis de los incidentes ocurridos en las operaciones de la planta Salcajá, vemos que la mayor cantidad de incidentes siempre está involucrado un vehículo, que de acuerdo a los datos tabulados por el departamento de seguridad de la empresa, en esta planta se tienen como mínimo 3 incidentes por mes, los cuales algunos con potenciales altos de fatalidad.

Del 2008 al 2010, las consecuencias han sido 1 persona fallecida, 2 camiones mezcladores con pérdida total, 5 lesionados con intervención hospitalaria, 2 incidentes viales dentro de las instalaciones con alto potencial a fatalidad, cuantiosas pérdidas monetarias por alrededor de los Q.2 500 000,00.

Los accidentes viales tienen diferentes escalas de gravedad, el más grave se considera aquel del que resultan víctimas mortales, bajando la escala de gravedad cuando hay heridos graves, heridos leves, y el que origina daños materiales a los vehículos afectados.

Por lo que como parte de este proyecto en la fase de investigación se solicitó implementar parte de la *FPE* vehicular de la empresa, en planta Salcajá, para lo cual se revisará la documentación, la operación de los vehículos dentro de la planta, se realizará una matriz de riesgos, y por último, realizar una guía para prevención de accidentes.

3.2. Documentación de seguridad vehicular de la empresa

La documentación a revisar es específicamente la *FPE* vehicular que corresponde al uso y operación de los vehículos, propios y externos.

3.2.1. *FPE* Vehicular

La empresa dentro de su política de seguridad, de acuerdo a un análisis de sus operaciones, estableció las *FPE*.

La variedad de vehículos y de equipo móvil empleado para transportar materiales, equipo, productos y personal, presenta una serie de riesgos que pueden llevar a lesiones o muerte.

Para administrar los riesgos asociados con el uso de vehículos y equipo móvil, es necesario definir los requerimientos para asegurar que el funcionamiento de cualquier vehículo o equipo móvil, así como su operación no pongan en riesgo la seguridad personal.

El propósito de esta directriz de prevención de fatalidades es asegurar que todos los vehículos y equipo móvil estén diseñados adecuadamente para su propósito, estén en buenas condiciones de operación, y que sean operados por personas competentes de una manera segura (de acuerdo con reglas de tráfico, etc.), de tal manera que el riesgo de accidentes sea controlado y reducido al mínimo.

Esta directriz de prevención de fatalidades se aplica a todos los vehículos y equipo móvil del Grupo Progreso y será obligatorio mediante arreglos contractuales apropiados y afectarán a todos aquellos equipos propiedad de los contratistas e incluirá su operación.

La *FPE* describe las prácticas de operación / manejo que deben aplicarse cuando se opere un vehículo o equipo móvil en las instalaciones de cualquiera de las plantas y/o en vehículos que se utilicen exclusivamente para una compañía del grupo progreso y que operen fuera de sus instalaciones.

El documento de está estructurado cómo se muestra en la tabla XIX.

Tabla XIX. Estructura de FPE vial

4.0 Requerimientos de la directiva	
4.1 Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos	
<p>Una persona competente deberá efectuar la evaluación de riesgos, para identificar los riesgos asociados con el ambiente operativo y la variedad de vehículos y equipo móvil utilizados en ese ambiente. La evaluación de riesgos debe considerar, cuando esto sea relevante, todas las áreas operativas, incluyendo canteras, plantas de cemento, terminales, puntos de carga, plantas de premezclado, instalaciones de agregados y zonas públicas.</p> <p>La evaluación de riesgos debe ser empleada como base para definir prácticas seguras para la administración de las operaciones de vehículos y equipo móvil, por medio de los reglamentos de tráfico de la compañía.</p>	Antes
<p>Para administrar el riesgo, se deberán desarrollar procedimientos operativos para todas las actividades que requieran un grado elevado de habilidad de operación.</p>	Durante
4.2 Selección, Capacitación, Competencia y Autorización	
<p>El reclutamiento de empleados y de contratistas deberá asegurar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Criterios médicos de buena condición física, Según las necesidades del puesto consistentes con los requerimientos legales adecuados, aplicados al personal que opera vehículos o equipo móvil. • El personal está calificado y tiene la experiencia adecuada (incluyendo los certificados o licencias correspondientes) para operar el vehículo y/o equipo móvil para el que fueron contratados. 	Antes
<p>Deberá establecerse un programa de evaluación de capacitación y competencia para asegurar que se apliquen normas de competencia para cada tipo de vehículo y equipo móvil empleado por el personal.</p>	Antes
<p>Deberá estar en operación un programa de capacitación formal para emitir y mantener licencias para conducir / operar todo tipo de vehículo y equipo móvil empleado dentro de la operación.</p>	Antes
<p>Se deberá retener, durante el período de empleo del personal, la documentación y registros relacionados con la selección, capacitación, competencia y licencia para operar vehículos y equipo móvil.</p>	Antes

Continuación de la tabla XIX.

Se deberá proporcionar a todo el personal una visión general de los requerimientos de seguridad vehicular y de tráfico de la compañía, como parte del programa general de inducción.	Antes
4.3 Comunicación y Conocimiento	
Deberá impartirse regularmente conocimiento y/o instrucción al personal que opera vehículos y equipo móvil, incluyendo el reforzamiento de aspectos de seguridad clave	Antes
Los cambios a las estructuras de vehículos y equipo móvil, requerimientos operacionales, incluyendo esquema de caminos o reglamento de tráfico de la compañía deben ser: <ul style="list-style-type: none"> • Documentados. • Comunicados a todo el personal afectado por tales cambios. 	Antes
4.4 Diseño, Compra, Fabricación, Instalación y Puesta en Servicio	
Todos los caminos, intersecciones y áreas de carga dentro de cada operación deben diseñarse y construirse de acuerdo con especificaciones aprobadas.	Antes
La compra o renta/contratación de vehículos y equipo móvil debe cubrir los requerimientos mínimos de seguridad. Los equipos nuevos deberán estar sujetos a una evaluación de riesgos de diseño previa a la compra o renta/contratación. Esta evaluación de riesgos debe también considerar los requerimientos de otros elementos de prevención de fatalidades, por ejemplo, capacidad de aislamiento, trabajo seguro en las alturas.	Antes
Debe establecerse un proceso formal para asegurar que todo vehículo o equipo móvil que se introduzca al servicio esté en condiciones operativas seguras.	Durante
4.5 Método de Trabajo y Control de Condiciones	
Las prácticas/procedimientos estándar de trabajo deben aplicarse para asegurar a los conductores y operadores, hagan inspecciones, que tengan licencia, que los vehículos tengan en funcionamiento los dispositivos de seguridad.	Antes

Continuación de la tabla XIX.

4.6 Mantenimiento	
Se debe establecer un programa de mantenimiento para asegurar que los sistemas de frenado y de dirección en todo vehículo y equipo móvil reciban un adecuado mantenimiento.	Antes
4.7 Controles de Emergencia	
<p>Se necesita establecer preparativos para emergencias relacionadas con operación de vehículos, mismos que deben tomar en cuenta e implementar lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deberá contarse con medios para monitorear la conducción en áreas remotas (tiempos de llegada y salida). • Suministro de botiquines de emergencia a unidades que operen en áreas remotas (en todo vehículo que opere en área pública y/o remota). • Planeación de respuesta en casos de emergencia para incidentes que involucren vehículos de la compañía, mismos que pueden tener lugar dentro del área de operación o en áreas públicas. 	Durante
4.8 Monitoreo, Inspecciones y Auditorías	
<p>Deberá establecerse un sistema de inspección pre-operativa para todo vehículo y equipo móvil.</p> <p>El sistema de inspección pre-operativa deberá incluir listas de verificación específicas para cada tipo de vehículo o equipo móvil que se utilice.</p>	Antes y Durante
Debe aplicarse un proceso de inspección formal para monitorear las condiciones de los caminos en cada operación. Como mínimo, las inspecciones deberán efectuarse una vez al mes.	Antes
Se llevarán a cabo a intervalos regulares observaciones de Trabajo/Seguridad respecto a operaciones y actividades que involucren vehículos y equipo móvil, para asegurar la aplicación correcta de los requerimientos de seguridad.	Antes
Se deberán llevar a cabo auditorías anuales para verificar la calidad y eficacia de los requerimientos establecidos en esta directiva.	Después

Continuación tabla XIX.

4.9 Reporte, Evaluaciones y Acciones Correctivas	
Se revisarán anualmente los límites de velocidad y reglamentos de tráfico para asegurarse de que sean aplicables al ambiente operativo.	Después
Los peligros o defectos identificados con vehículos y equipo móvil o condiciones de los caminos, deben reportarse, evaluarse y corregirse.	Después

Fuente: Departamento OH&S Cementos Progreso, S.A. *FPE* vial.

3.3. Operación de vehículos en planta

La planta es el lugar donde se tiene la mayor cantidad y distintos tipos de vehículos, los cuales se dividen en:

- Camiones para acarreo de agregados, tales como arena y piedrín, siendo de capacidades de 10 a 23 metros cúbicos, con 3 ejes o cuatro ejes.
- Vehículos para abastecer cemento, se usan de tipos: las pipas, que tienen capacidad de 560 sacos de cemento a granel y los camiones de 2 ejes con capacidad de 210 sacos, que se denomina cemento envasado (en bolsa de papel).
- Camión para abastecimiento de agua, cuando es requerida para la producción, es trasladado con camiones de 2 ejes, en cisterna con capacidad de 2 000 gl.
- Vehículos para la distribución de concreto, se utilizan camiones de 3 ejes, con capacidades de 7 metros cúbicos y camiones de 2 ejes con capacidades de 1 metro cúbico.

- Vehículos para el bombeo de concreto, camiones de 10 toneladas con 2 ejes.
- Cargadores para abastecimiento de agregados para la producción se cuenta con 2, uno con capacidad de 3 m³ y otro de 0.44 m³.
- Vehículos livianos, como pick up, panel y camiones e 3.5 toneladas.

La operación dentro de la planta involucra alrededor de 30 vehículos, con un flujo de hasta 60 viajes de los vehículos, entrando y saliendo de la planta, por día.

Como cada vehículo tiene una función específica en los distintos procesos, para comercialización y producción del concreto, fue necesario analizar la operación dentro de la planta, para evitar los incidentes para lo cual se realizó el análisis de la matriz de riesgos, con la finalidad de disminuirlos dejando indicadas las medidas de contingencia, (la matriz se presenta en la tabla XXIII).

3.4. Distribución de concreto

La mayor operación de una planta concretera es la distribución, en planta Salcajá, esto implica que la mayor cantidad de personal sean pilotos, como parte de la *FPE* en el punto 4.5 método de trabajo y control de condiciones, se desarrolló el estándar de conducción, el cual debe incluir las siguientes instrucciones, las cuales son de cumplimiento obligatorio, descritas en la tabla XX.

Tabla XX. **Estándar de conducción**

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	RESPONSABLE
No usar el teléfono celular	Piloto
El uso del dispositivo de manos libres se limitará a una respuesta corta, no mayor a 30 segundos.	Piloto
Se debe restringir la utilización del radio únicamente para comunicar emergencias.	Piloto
No comer mientras maneja	Piloto
No fumar	Piloto
Seguir las siguientes instrucciones: Obedecer las señales de tránsito No exceder el límite de velocidad reglamentado Mantener una distancia segura entre su vehículo y el vehículo que circula delante	Piloto
Ceder el paso a los peatones	Piloto
Prohibido transportar a personas en los estribos de los vehículos.	Piloto
Prohibido realizar maniobras de rebase en curva, carril de ascenso o en puntos en donde no se tenga visibilidad del carril contrario; aun cuando la calle sea de doble carril y lleven la vía.	Piloto
Asegurar que sus pasajeros utilicen el cinturón de seguridad Mantener las puertas cerradas con llave No llevar más pasajeros de lo permitido por el diseño del vehículo o que excedan los espacios disponibles con cinturones de seguridad.	Piloto y Supervisor de planta
Cumplir la Política de Sustancias Psicoactivas (Alcohol, drogas de abuso y medicamentos controlados), tolerancia CERO.	Piloto
Usar el cinturón de seguridad por el conductor y los ocupantes del vehículo en todo momento mientras el vehículo se encuentre en movimiento.	Piloto
La conducción máxima diaria permitida será de 11 horas.	Supervisor de planta
El tiempo máximo de conducción continua es de 4.5 horas.	Piloto y supervisor de planta
Por cada 4.5 horas de conducción continua, se deberá tomar un descanso de 30 minutos.	Piloto
Es obligatorio un descanso mínimo de 7 horas diarias para todos los pilotos.	Piloto y supervisor de planta
Se deberá tener al menos un día a la semana como descanso total para los conductores de vehículos de transporte, bombeo de concreto.	Piloto y supervisor de planta

Fuente: Departamento OH&S Cementos Progreso, S.A. *FPE* vial.

3.4.1. Rutas

Para minimizar los riesgos en las rutas se estableció, que para programar un despacho de concreto y/o antes de enviar los vehículos se debe, seguir las disposiciones, que a continuación se describen, como parte de la *FPE*, punto 4.1 identificación de peligros, evaluación y control riesgos, teniendo el siguiente orden:

- Inicialmente la ruta es debe ser evaluada por el vendedor.
- Cuando se tiene una duda, solicita que sea revisada por un piloto experimentado.
- Describir adecuadamente la dirección colocando todos los datos y referencias en el programa de despachos.
- En el programa, indicar si la ruta tiene algún nivel de dificultad.
- Al realizar el despacho, si hubieren cambiado las condiciones iniciales, los pilotos tienen la orden de no arriesgarse volviendo a planta.

3.4.2. Camiones mezcladores

Un camión mezclador de concreto, es un camión especialmente construido para el transporte y mezcla de concreto.

Está equipado con un tambor de mezclado cilíndrico, que continuamente gira durante el transporte, para mantener en estado plástico el concreto.

El peso con toda la carga, es cerca de 34 toneladas métricas, además una característica importante es que la carga es dinámica, ya que se encuentra en movimiento.

La conducción de estos vehículos requiere de una adecuada capacitación a los pilotos, ya que además de operarlo, se tiene que llevar el control de la carga, para que la entrega de misma llegue con las especificaciones acordadas con el cliente.

Para su operación se estableció el procedimiento seguro de conducción, que se presenta en la tabla XXI.

3.4.3. Bombas

Las bombas es la designación que se ha dado en Mixto Listo a los camiones, a los cuales se les adaptó un equipo de bombeo de concreto.

Los camiones son de 10 toneladas de capacidad, 2 ejes, que en su estructura se colocó un motor a diesel, que impulsa la bomba de concreto y aditamentos necesarios para su operación, teniendo una estructura para cargar toda la tubería.

Para camiones mezcladores y bombas se definió el procedimiento seguro de conducción, como parte de la *FPE*, punto 4.2 selección, capacitación, competencia y autorización, ver tabla XXI.

Tabla XXI. Procedimiento de conducción de camiones

Procedimiento de Seguro de Conducción Camiones Mezcladores y Bombas
Antes de conducir un camión mezclador debe usted estar en condiciones físicas óptimas, no haber ingerido alcohol, algún tipo de droga, o algún medicamento que afecte su respuesta motriz o reflejos.
Antes de manejar su unidad revise su estado con evaluación 360 ⁰ y en caso de encontrar anomalías repórtela al supervisor.
Al revisar la unidad suba y baje de la escalera con precaución utilizando la regla de los tres puntos de apoyo.
Asegúrese del buen estado de los peldaños de la escalera, en caso de no tener una superficie antiderrapante reportarlo al supervisor.
Antes de salir de la planta, seleccione cuidadosamente la ruta del viaje. Evite pendientes pronunciadas y puentes angostos. Recordar que es un equipo con dimensiones y características especiales.
Antes de mover el vehículo asegúrese que el chifle este plegado y con el seguro puesto.
Únicamente el personal autorizado podrá conducir la unidad.
Nunca conduzca el vehículo a más de 60 kilómetros por hora en ciudad y en carretera la velocidad máxima es de 80 kilómetros por hora.
Con líneas eléctricas se deben tener las siguientes precauciones: <ul style="list-style-type: none"> • No circular en avenidas, accesos a obras, talleres, obras, plantas, estacionamientos en donde no exista una distancia mínima de 5 metros entre la parte superior del camión mezclador y los cables • Nunca se estacione debajo de líneas de alta tensión sin importar la distancia a que se encuentren. • Nunca descargar el producto a tiro directo por debajo de líneas eléctricas si no existe al menos una distancia de 5 metros de la parte superior del camión a los cables. • Guardar una distancia de acercamiento de, al menos 5, metros de las líneas eléctricas • Nunca lavar los camiones mezcladores debajo de las líneas eléctricas.
Antes de conducir el equipo sobre puentes, asegúrese que estos no son improvisados y que pueden soportar el peso total del equipo con carga.
Antes de conducir debajo de cualquier tipo de estructura, puente o túnel, asegúrese que tenga altura y ancho suficiente para pasar sin chocar.
En bajadas pronunciadas utilice una velocidad adecuada antes de iniciar el descenso, en caso que la unidad cuente con freno de motor, aplíquelo. (Técnicas profesionales de manejo)
En curvas cerradas disminuya su velocidad para evitar una volcadura. (Técnicas profesionales de manejo)

Continuación de la tabla XXI.

Disminuya la velocidad al pasar por intersecciones, cruceros, y/o cerca de lugares como hospitales, parques y escuelas; los niños, peatones u otros conductores pueden no saber que los vehículos pesados requieren mayor distancia para frenar.
En carretera y en ciudad siempre conduzca con las luces encendidas.
Respetar las zonas peatonales.
Al conducir su unidad utilice siempre el cinturón de seguridad.
Mantenga siempre una distancia de seguimiento segura, aplicando la Regla de los seis Segundos para vehículo pesado.
Antes de cambiar de carril revise siempre que no exista riesgo utilizando los espejos retrovisores y prendiendo sus piveías para avisar su intención de cambiar de carril.
Prohibido realizar la maniobra de rebase en puntos en donde no se tenga la mejor visibilidad del carril contrario aun y cuando la calle sea de doble carril y lleven la vía.
Siempre que rebase hágalo en tramos rectos, con línea central discontinua y asegúrese que no existe riesgo de impactar a vehículos o peatones.
Revise los espejos de la unidad de tal forma que cubra los puntos ciegos y si es necesario ajústelos.
En las intersecciones respete los semáforos y los señalamientos de “alto total” y “ceda el paso”, disminuyendo la velocidad y deteniéndose, para ceder el paso a los demás.
Antes de entrar a un camino o terreno verifique que sea seguro, en caso de observar que existe riesgo tome las medidas necesarias y repórtelo a la planta para su verificación.
Respete las zonas peatonales deteniéndose a una distancia que le permita ver a los peatones cuando cruzan frente a su unidad.
Observe y respete siempre las señales de tránsito.
Manténgase siempre alerta, vigilando las acciones de los demás, recuerde que la mayor parte de los accidentes ocurren por errores de las personas.
Para el caso de traslados entre unidades de negocio, la circulación deberá hacerse no sobrepasando la capacidad del vehículo y utilizando el cinturón de seguridad.

Continuación de la tabla XXI.

<p>El Piloto antes de iniciar su viaje debe asegurarse que porta los documentos apropiados:</p> <ul style="list-style-type: none">• Licencia adecuada• Tarjeta de circulación• Tarjeta de Seguro
<p>Al desplazar la unidad en reversa asegúrese que la alarma y luz de reversa funcionan correctamente, en caso de falla repórtelo al supervisor.</p>

Fuente: Departamento OH&S Cementos Progreso, S.A. *FPE* vial.

3.4.4. Vehículos de apoyo

Se cuenta con vehículos para el apoyo de las operaciones: pick ups, panel y camiones de 3.5 toneladas, los cuales son utilizados por los departamentos de mantenimiento, control de calidad y para traslado de personal.

Establecimiento de un procedimiento de manejo, como parte de la *FPE*, punto 4.2 selección, capacitación, competencia y autorización, ver tabla XXII.

3.5. Actividades para la prevención de accidentes viales

Como parte de la prevención de los accidentes viales, se realizaron dos actividades siendo una la implementación del documento bitácora 360° que tiene la finalidad de realizar una inspección, antes de utilizar cualquier vehículo.

La otra actividad fue una evaluación de riesgos en la planta elaborando la matriz de riesgos, con la cual se pueden emprender todas las acciones para mitigar los riesgos, para una operación segura.

Tabla XXII. **Procedimiento de manejo vehículo liviano**

<p align="center">Procedimiento de Manejo Conducción Livianos y paneles de transporte de personal</p>
<p>Todos los vehículos livianos y paneles deberán contar con todos los dispositivos de seguridad en buenas condiciones (luces, cinturones de seguridad; será exigible el portar extintor, triángulos reflectivos, llantas en buenas condiciones).</p>
<p>Los vehículos livianos deberán conducirse dentro de planta con las luces encendidas, tanto pilotos como acompañantes deberán tener colocado su cinturón de seguridad, conducirse a velocidades permitidas por la señalización, al momento de parquearse lo deberán realizar de retroceso.</p>
<p>Al conducirse en ruta, se deberá planear la ruta, evitar tomar rutas cortas consideradas como peligrosas, deberán respetar las señales de tránsito, prohibido realizar la maniobra de rebase en puntos en donde no se tenga la mejor visibilidad del carril contrario aun y cuando la calle sea de doble carril y lleven la vía.</p>
<p>Los pilotos de los vehículos deberán asegurarse que todos los colaboradores se abrochen su cinturón de seguridad antes de iniciar la marcha.</p>
<p>Para todos los casos queda terminantemente prohibido el uso del teléfono celular mientras el vehículo está en movimiento.</p>
<p>Se deberá realizar inspección 360º previo al funcionamiento de los vehículos diariamente.</p>

Fuente: Departamento OH&S Cementos Progreso, S.A. *FPE* vial.

Estas dos actividades son requeridas, como parte del punto 4.8 monitoreo, inspecciones y auditorías de la *FPE*

3.5.1. Bitácora 360º

Apoyo en la implementación de la bitácora 360º, este es un documento que se debe encontrar en cada camión, sirve de evidencia de que el piloto revisó la unidad, también tiene la finalidad de reportar (a los responsables del mantenimiento) las condiciones en que se encuentra el vehículo antes de usarse.

La condición principal de este documento, es que, el piloto debe inspeccionar la unidad antes de usarlo por primera vez y haciéndolo de manera diaria.

La implementación consistió en enseñar a los pilotos como llenar la bitácora 360°, llevando a cabo la revisión de los siguientes pasos:

- Antes de arrancar el motor
 - Nivel de aceite: antes de arrancar la unidad y cuando el motor está frío, quitar la varilla medidora del aceite, limpiarla y volver a introducir. El nivel de aceite debe estar entre las marcas mínima y máxima. Añadir el aceite que sea necesario.
 - Nivel del líquido de batería: quitar las tapas. El líquido electrolítico de cada celda debe estar a 1 cm. por sobre las placas. Si el líquido está por debajo, agregar solamente agua destilada. No sobrellenar las celdas de la batería.
 - Terminales de la batería: examinarlas para asegurarse que no tiene corrosión. En caso afirmativo, limpiarlas con un pequeño cepillo y con una solución de bicarbonato de soda y agua.
 - Fajas y mangueras: examinarlas para asegurarse de que no están agrietadas ni flojas. Si están desgastadas reportarlo. Verificar si no hay fugas en las mangueras.

- Neumáticos (llantas): revisar la presión con un calibrador cuando los neumáticos están fríos. Poner la presión exacta. Remover cuerpos extraños entre los neumáticos y determinar si tienen un desgaste excesivo o disparate. Reemplazar los neumáticos cuando sea necesario.
- Nivel de líquido del limpia brisas: asegurarse de que hay suficiente líquido en el depósito.
- Al arrancar el motor
 - Luces: verificar el sistema de luces. Si están quemadas las bombillas, cambiarlas.
 - Limpia brisas y retrovisores: examinar el estado de las plumillas. Reemplazarlas inmediatamente si están endurecidas, agrietadas o quebradizas. Colocar los retrovisores a su necesidad para tener una amplia visión.

3.5.2. Matriz de riesgos en planta

La matriz de riesgos es una herramienta para poder llevar a cabo una evaluación de riesgos, que tiene la finalidad de identificar y plantear una solución para eliminar o mitigar el daño.

Es un proceso proactivo, es decir que se adelanta al suceso, para evaluar de forma sistemática los riesgos asociados a actividades específicas de la operación que involucra:

- Analizar las actividades de trabajo.
- Identificar peligros, situaciones de peligro y sucesos de peligro.
- Estimar la naturaleza y severidad de los daños posibles como consecuencia de sucesos peligrosos.
- Juzgar la tolerabilidad del riesgo, es decir evaluar la reacción pública, deterioro de la imagen de la empresa en relación a lo acaecido en el pasado y en el historial de la zona.
- Revisar las opciones de controles existentes y posibles y determinar las nuevas prioridades.

Los factores que se deben evaluar son:

- Físicos: ruido, carga térmica, vibraciones, radiaciones ionizantes, radiaciones electromagnéticas UV IR.
- Químicos: solventes, ácidos, plomo, amianto, sustancias tóxicas, irritantes.
- Mecánicos: vehículos (auto elevadores, etc.), tránsito interno y de salida de productos.
- Ergonómicos: ambiente persona máquina, falta de resguardos, distribución de la maquinaria y circulación entre ellas, pantallas de video de PC.
- Biológicos: virus, bacterias, peligros de contagios, polución, aguas contaminadas.

- Medio ambiente: iluminación, ventilación, humedad, presión atmosférica, polvos, nieblas, humos, gases, vapores, rayos, tormentas, heladas.
- Psicosociales: horarios de trabajo, turnos, guardias, estrés organizacional.

Los pasos que debe seguir una evaluación de riesgos son:

- Análisis de las actividades del trabajo
- Identificar los peligros
- Estimación del riesgo
- Evaluar el riesgo
- Planificar opciones de control del riesgo

En la tabla XXIII se presenta la matriz de riesgos que se realizó en planta Mixto Listo Salcajá.

Para levantar la matriz de riesgos se tomaron en dos conceptos básicos para determinar los riesgos, que son los actos inseguros y condiciones inseguras, los cuales se pueden confundir al momento de hacer el levantamiento de riesgos, cabe mencionar que la matriz de riesgos sólo se hace para condiciones inseguras.

Tabla XXIII. **Matriz de riesgos en planta**

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	
FPE VIAL	
PLANTA:	Mixto Listo, Salcajá
VERIFICADOR:	Iván de León

Área	Ubicación	Riesgo	Tipo de Riesgo	Identificación Riesgo	Medida de Control	Prioridad
Parqueo	Parqueo de motos	MECÁNICO	Atropello o golpe con vehículos	El motorista puede ser golpeado por un vehículo liviano o pesado al momento de ingresar o salir del parqueo	Colocar señales y definir áreas de parqueo	Moderada
Parqueo colaboradores	Parqueo colaboradores	MECÁNICO	Atropellado golpe con vehículos	El vehículo puede ser golpeado por otro (mezclador, bomba, cargador frontal) al momento de ingresar o salir del parqueo.	Delimitar área de parqueos, señalizar ingresos y salidas	Moderada
Parqueo visitas	Parqueo visitas	MECÁNICO	Atropello o golpe con vehículos	Los visitantes pueden ser golpeados por alguna vehículo al salir del parqueo, al momento de dirigirse a garita para identificarse	Señalizar caminamientos y delimitar parqueos	Alta
Entrada principal planta	Garita Principal	MECÁNICO	Atropello o golpe con vehículos	Punto ciego a la salida de la Planta, no hay buena visibilidad de los vehículos que circulan en la calle frente a la garita	Colocar espejo panorámico	Alta
Entrada principal planta	Garita Principal	MECÁNICO	Atropello o golpe con vehículos	Falta de señalización indicado ingreso y salida de vehículos	Señalizar	Alta

Continuación de la tabla XXIII.

Área	Ubicación	Riesgo	Tipo de Riesgo	Identificación Riesgo	Medida de Control	Prioridad
Entrada principal planta	Entrada y salida de góndolas	MECÁNICO	Atropello o golpe con vehículos	Falta de señalización indicado ingreso y salida de góndolas	Colocar señalización y delimitar ingreso	Alta
Calle hacia fosa de lavado	Calle hacia fosa de lavado	MECÁNICO	Atropello o golpe con vehículos	Falta de delimitación de parqueo de camiones, señalizaciones (velocidad máxima, altos)	Colocación de rótulos y delimitación de parqueos	Moderada
Área de botadero de ripio	Entre la oficina de metroexpress y fosa de lavado	MECÁNICO	Atropello o golpe con vehículos	Durante el proceso de extracción de ripio, el cargador realiza muchas maniobras dentro del área, pudiendo colisionar con un Mezclador que quiera ingresar a botar los restos de concreto o con una unidad de metro express, ya que está cerca el área de la metro express	Colocar conos al momento de hacer esta operación	Moderada
Área de Chequeo de Camiones Mezcladores	A un costado de la garita	MECÁNICO	Atropello o golpe con vehículos	Al momento de estacionarse de retroceso cuando hay 2 o más camiones puede producirse una colisión y provocar un atropellamiento cuando el laboratorista este realizando un muestreo	Colocar torre de inspección de camiones	Alta

Continuación de la tabla XXIII.

Área	Ubicación	Riesgo	Tipo de Riesgo	Identificación Riesgo	Medida de Control	Prioridad
Patio de agregados	Patio de agregados	MECÁNICO	Atropello o golpe con vehículos	Durante el proceso de abastecimiento de tolvas el cargador realiza muchas maniobras dentro del área pudiendo colisionar con alguna unidad (góndolas, pipas de cemento. Unidades de metro express) que quiera ingresar a descargar.	Colocar conos, personal de seguridad no permitir el ingreso de 2 pipas o 2 góndolas a la vez a planta	Alta
Patio de agregados	Patio de agregados	MECÁNICO	Atropello o golpe con vehículos	Posible colisión con equipo de bombeo al momento de estar cargando arena y el cargador frontal se encuentre maniobrando dentro de los bancos de agregados.	Realizar Procedimiento	Moderada
Patio de agregados	Patio de agregados	MECÁNICO	Atropello o golpe con vehículos	Posible colisión de Góndola con el cargador frontal se encuentre maniobrando dentro de los bancos de agregados.	Realizar Procedimiento	Moderada
Patio de agregados	Patio de agregados	MECÁNICO	Atropello o golpe con vehículos	Posible colisión de vehículos de metro express con el cargador frontal se encuentre maniobrando dentro de los bancos de agregados.	Realizar Procedimiento	Moderada

Fuente: elaboración propia.

3.5.2.1. Condiciones inseguras

Condiciones de trabajo que no cumplen con las normas de seguridad, y por lo tanto presentan un alto riesgo de accidentes laborales (ejemplo: pisos sucios y resbaladizos, iluminación deficiente, entre otras).

3.5.2.2. Actos inseguros

Es la violación de un procedimiento normalmente reglamentado y aceptado como seguro (ejemplo: realizar una operación sin autorización, trabajar en forma muy rápida o demasiado lenta, arrojando los materiales, utilizar material inseguro, trabajar sobre equipos en movimiento, distraer, molestar, no utilizar equipo de protección personal, etc.)

3.5.3. Puntos negros

Se le llama un punto negro a aquel lugar que presenta un riesgo para los conductores, por ejemplo:

- Por señalización inadecuada o inexistente.
- Puntos de múltiple bifurcación de vías.
- Cruce frecuente de peatones.
- Dificultad de visualizar los vehículos que viajan en vía contraria.
- Lugares donde son frecuentes los accidentes.

- Cruceros con tránsito congestionado.
- Entradas y salidas que incorporan a rutas de alta velocidad.
- Pistas muy resbalosas con pendientes pronunciadas.
- Retornos complicados y poco radio de giro.

Para el desarrollo de este tema, se coordinó con el supervisor de planta y pilotos la identificación de la mayoría de puntos negros ubicados en las distintas rutas, tomando fotos del punto y luego se realizó una presentación por medio de diapositivas, para ser presentado a todos los pilotos, en el anexo 1, se tiene el resumen de la presentación y listado de puntos negros.

3.5.4. Plan de emergencia

Un plan de emergencia es un conjunto de acciones ordenadas a realizar por el personal, en el supuesto de que se produzca un incidente. El objetivo final debe ser minimizar en lo posible los daños a los involucrados y a los vehículos.

Como parte de la implementación se desarrolló un plan de emergencia para el caso de un accidente vial, como parte del punto 4.7 controles de emergencia, de la *FPE*.

Para este caso se requirió por parte de la empresa revisar la legislación vigente en materia de tránsito, el equipo mínimo que debe contar el vehículo y unos pasos en caso de accidente.

3.5.4.1. Legislación vigente

En este capítulo se hizo un compendio de algunos capítulos de la ley de tránsito, para que sean tomados en cuenta por los pilotos, siendo referencias específicas, a la hora de operar un vehículo de la empresa, presentándose en el anexo 3.

3.5.4.2. Equipo de emergencia

El equipo de emergencia mínimo que se definió debe llevar el piloto, se dividió en tres grupos, los de comunicación, el equipo de protección personal y el equipo de la unidad.

El equipo de comunicación, con que deben contar los vehículos o piloto son:

- Radio
- *GPS*
- Teléfono celular

El equipo de protección personal, se compone básicamente de los siguientes elementos, que se muestran en la figura 27. El equipo de la unidad, está compuesto:

- Conos plásticos
- Extintor
- Cuña

Figura 27. **Equipo de protección personal**



Fuente: Departamento OH&S Cementos Progreso, S.A. *FPE* vial.

3.5.4.3. **Qué hacer en caso de accidente**

Establecimiento de un protocolo que debe realizar cada piloto al momento de tener un accidente, siguiendo los siguientes pasos:

- El piloto debe ponerse en contacto con el jefe inmediato. Recordar siempre no huir del lugar, la empresa siempre lo respalda.

- No firmar ningún acuerdo ni admitir responsabilidad, espere al asesor del seguro, esto se aplica en los siguientes casos:
 - Al sufrir algún accidente.

 - Cuando ocurre un derrame de producto.

 - Si se encuentra en una situación que pueda ser potencialmente peligrosa (robo, lo están siguiendo, etc.).

 - Algún problema en obra o en ruta.

 - Algún problema con el cliente.

- Qué se debe informar al momento de un accidente, se detalla en la tabla XXIV.

Tabla XXIV. **Información en caso de accidente**

¿Quién está reportando?	Nombre completo del piloto
¿Cómo lo localizo?	No. De Celular del Piloto
¿En dónde está?	Dirección exacta del siniestro
¿Qué paso?	Indicar una breve explicación de lo ocurrido.
Lesiones	¿Hay Lesionados? (SI O NO)
	¿Cuántos?
	Condición en la que se encuentran
Condición Vehículos	Marca y tipo del vehículo o propiedad
	Código de la unidad
	¿Caminan los Vehículos? (SI O NO)
	¿Está la unidad cargada? (SI O NO)

Fuente: Departamento OH&S Cementos Progreso, S.A. *FPE* vial.

- En caso de una emergencia, ponerse en contacto con el Supervisor de Área o Jefe Inmediato o a los teléfonos que se muestran en la tabla XXV.

Tabla XXV. **Teléfonos de emergencias**

Seguros el Roble	2279-1824
Oficinas Centrales	2286-4247
Policía Nacional Civil	120
Bomberos Municipales	123
Bomberos Voluntarios	122

Fuente: Departamento OH&S Cementos Progreso, S.A. *FPE* vial.

- Pasos a seguir en caso de incendio:
 - Halar el pin de seguridad, esto permitirá descargar el extintor.
 - Hacer un disparo de prueba para comprobar la funcionalidad del extintor.

- Acercarse al fuego hasta donde la temperatura lo permita, apretar el gatillo manteniendo el extintor en posición vertical y apuntando a la base del fuego.
- Presionar la manecilla superior, esto suelta el agente extintor bajo presión.
- Disparar la base del combustible. Nota: Si tira ha las llamas, el agente extintor atravesará sin hacer ningún efecto.
- Descargar el extintor moviendo la boquilla de lado a lado, hasta que el fuego se apague. Comenzar de una distancia prudente y luego acercar despacio. Una vez se apague el fuego estar atento que puede reiniciar. Nunca dar la espalda.

4. FASE DE DOCENCIA

Este fase conlleva la capacitación del personal para aumentar sus competencias, en los distintos temas relacionados con la producción del concreto, operaciones que se requieren en la planta.

Capacitación en técnicas de gráficos de control para el operador de planta, así como la implementación de una base de datos, para llevar los controles respectivos, haciendo uso de computadora.

Para el plan de contingencia se llevara acabó capacitación, para divulgación y de las medidas y normas que deberán regirse para dicho plan.

4.1. Capacitación al personal

Como parte del desarrollo del personal y ante la necesidad de mejorar los controles operativos de la planta, se detectó una gran oportunidad para poder enseñar al personal encargado de la producción en algunos controles que se pudieran llevar acabo, así como aumentar sus conocimientos.

4.1.1. Propósito

El propósito de esta capacitación, se basó en tres aspectos de mejora para los procesos de producción, siendo éstos los siguientes:

- Implementar los gráficos de control, para apoyar el plan de calidad, por medio del cual se pudieran tomar acciones para corregir las desviaciones del proceso.
- Aumentar las competencias de los empleados en el uso de la computadora, para poder auxiliarse al llevar los controles, reforzando el conocimiento de la producción de concreto.
- Modificar las actitudes del personal hacia para mejorar el desempeño, al conocer de una forma ordenada y sistemática, al momento de hacer los cambios en la producción, los cuales quedan registrados, logrando con ello una mejor comunicación entre los colaboradores.

4.1.2. Elaboración

Para llevar a cabo este intercambio de conocimientos se realizó de la siguiente manera:

- Personal que participó:
 - Operadores de planta
 - Laboratorista de planta
 - Ingeniero de Calidad
 - Supervisor de planta

- Pilotos de vehículos
- Analistas de agregados
- Temas que se impartieron:
 - Se repasaron las normas de concreto fresco, siendo éstas:
 - ASTM C-143, ensayo de revenimiento o asentamiento del cono de Abrams.
 - ASTM C-172, práctica para el muestreo del concreto recién mezclado.
 - ASTM C-1064, determinación de la temperatura del concreto de cemento hidráulico, recién mezclado.
 - ASTM C-138, determinación de la densidad aparente (masa unitaria), rendimiento (volumen de concreto producido) y contenido de aire (gravimétrico) del concreto recién mezclado.
 - ASTM C-31 práctica para la elaboración y curado de especímenes de ensayo en la obra.
 - ASTM C-39 método de ensayo. Determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto.

- Conocimiento de cómo realizar una gráfica de control, utilizando la hoja electrónica de *Excel*, para tabular los datos y creación de un formato para realizar las distintas gráficas a utilizar.
- Repaso del proceso de producción de concreto y el impacto de la temperatura del agua, en la elaboración del mismo.
- Revisión del Manual del Técnico CP-1 (07), Técnico para pruebas al concreto de la obra grado I.
- Explicación sobre la realización de distintos formatos para la recolección de información, como la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo.
- Realización de una presentación, en la que se les presentó a los pilotos qué son los puntos negros, como se identifica y qué hacer en cada uno.
- Cómo se desarrolló:
 - Instrucción directa en el puesto de trabajo
 - A través de charlas, dirigidas al personal, en sus lugares de trabajo.
 - Enseñanza utilizando la computadora y explicando cómo utilizar el programa de *Excel*.

- Asistencia técnica en la toma de información y recopilación de la información.
- Lectura de documentos
 - Solicitud de estudiar los distintos documentos y luego en reuniones solventar las dudas y la aplicación de los conceptos.
- Práctica
 - Realización de los gráficos de control, al ingeniero de calidad.
- Charlas y conferencias
 - Realización de una reunión de trabajo donde se hizo una presentación utilizando la herramienta de *Power Point*, en la que se presentaron los puntos negros.
- Resultados obtenidos
 - Que el personal de la planta conozca la importancia que tiene la determinación de las temperaturas de las distintas materias primas y su consecuencia con la temperatura del concreto.
 - Conocer la necesidad de hacer manuales de procedimientos para la operación de equipo móvil en la planta.
 - Tener un procedimiento para la utilización de agua comprada en pipas, para la disminución de la temperatura del concreto.

- Conocer el proceso de producción de concreto
- Que el personal de la planta tome acciones sobre los datos preliminares para evitar concretos con temperaturas arriba de 32 grados centígrados.
- Conocer la importancia de las medidas que deben tomar para evitar accidentes viales.
- Tener la disciplina de utilizar las bitácoras 360°.
- Lograr que el personal entienda que se puede tener un sistema de control de calidad, que ayude a mejorar la calidad del concreto despachado.

4.1.3. Acciones para tomar decisiones para disminuir temperatura del agua, plan de contingencia

El proyecto en su fase de técnico profesional, se basa en el diseño de una solución para disminuir la temperatura del agua de producción, pero como solo es un diseño, es necesario llevar acabo medidas que de momento son requeridas para poder disminuir la temperatura del concreto.

A continuación se recomiendan los pasos que se deben seguir en las actuales condiciones, como un plan de contingencia para disminuir la temperatura del agua, en la producción de concreto en planta Mixto Listo Salcajá.

- Realizado el análisis de la distribución del agua, se observó que para abastecer a los camiones mezcladores, se toma agua de la misma fuente que se utiliza para la producción, provocando mayor consumo de la cisterna, que es agua a una mayor temperatura de los tanques externos por estar bajo tierra.
- Debido a esto es necesario realizar una toma directa de la cisterna para abastecer los camiones, con ello se logrará que el agua de los tanques externos, que es agua más fría sirva solo para la producción.
- Que los tanques externos se independicen y colocar una válvula de paso para evitar que ambos tanques abastezcan simultáneamente el proceso de producción.
- Esto con el fin, de que cuando se compre agua fría no se mezcle con el agua proveniente del cisterna y se logre utilizar exclusivamente agua con menor temperatura.
- Cuando las producciones sean mayores a los 350 m³ al día se debe considerar comprar agua fría en 2 000 galones, la cual se debe almacenar en uno de los tanques exteriores, cuando se haya producido alrededor de los 200 m³, utilizando la válvula para independizar el abastecimiento de agua para producción.
- Se deberá de analizar comprar una trituradora de hielo en maquetas de 80 lbs, con mecanismo que lo pueda descargar en la tolva del camión, los cuales se encuentran en mercado internacional, para poder utilizar el hielo en maquetas, evitando con ello la operación actual de comprar maquetas y aplicarlas a los camiones en condiciones inseguras de operación.

4.1.4. Implementación de gráficos de control

Para la implementación se toma como guía las tres fases básicas, siendo éstas las siguientes:

- Análisis de la situación actual
 - Se realizan ensayos de concreto fresco, los cuales son reportados en formato específico (ver figura 26).
 - Estos formatos son revisados por el departamento de calidad al final de la producción, hasta el día siguiente.
 - Algunas veces se toman acciones sobre estos datos, pero regularmente los ajustes se hacen basados en la experiencia del laboratorista, quien informa al operador de planta de los cambios.
 - No se tiene una herramienta ágil que permita ver cómo van las variaciones de los distintos indicadores a lo largo de la producción y que quede registrado de tal forma se pueda consultar la información rápidamente.
 - Toda la información para la toma de decisiones se basa en la inspección visual del laboratorista o/y cuando se tiene un reclamo ya en la obra.

- Implementación de los gráficos
 - Establecer que para llevar los gráficos, se usara la computadora, que sirve de apoyo en la oficina del operador de planta.
 - Definición de que personas deben llenar los formatos y quien debe ingresar la información, siendo estos el laboratorista de planta y operador de planta, respectivamente.
 - El ingeniero de calidad que, de acuerdo a las pruebas de concreto fresco en planta, diseñara un archivo en hoja electrónica (ver figura 26), para ingresar la información, de acuerdo a lo visto en el capítulo: diseño de gráficos de control.

- Para evaluar la implementación, se deben considerar los siguientes indicadores:
 - Cuántos cambios en el diseño de la mezcla se hicieron de acuerdo a los datos tabulados en el día.
 - Cuántos camiones de concreto se rechazaron por desviaciones en el revenimiento o por temperatura de concreto superior a lo especificado, en el mes.
 - Cuántas *batchadas* salieron fuera de especificaciones durante el día, sin realizar ajustes a los camiones. Siendo una *batchada* igual a una carga de camión.

4.1.5. Utilización de formatos

Para poder recolectar la información, se utilizó el formato que se lleva actualmente para reportar las distintas pruebas de concreto fresco, el cual se muestra en la figura 28.

Los datos obtenidos se deben ingresar a un archivo en de la hoja electrónica (*Excel*) para realizar los gráficos de control, a continuación se muestra en figuras 29, las celdas que deben llenarse en dicho archivo.

Figura 28. Formato recolección de datos de pruebas de concreto fresco

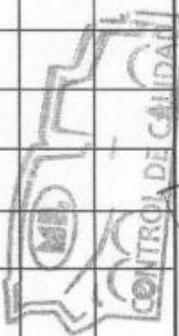
SAC-ML-CC-FO-05/Rev 0

CONTROL DE PRUEBAS EN PLANTA

Laboratorista: *Carlos Peralta*

MIXTO LISTO
FOCOS. LOS BIAS. HICEMOS. BIENOS. OBRAS

Fecha: *12/10/17* Planta: *Dist. Salcajá*

Nº. de Guía	Cantidad	Tipo de Concreto	Nombre del Cliente	Nombre de la Obra	Hora de Prueba	Carga m ³ Clase	Slump Prueba	Peso Kg/m ³		Rel. A/C	% de Aire	Temperatura		Espes. γ_w
								Planta	Prueba			Concreto	Ambiente	
<i>1) FO10407</i>	<i>115</i>	<i>CONC 01</i>	<i>Marcelo saguic</i>	<i>Particular</i>	<i>4:05</i>	<i>6 R</i>	<i>6 1/4</i>	<i>1353</i>	<i>1358</i>	<i>0.765</i>	<i>1.4</i>	<i>13.0</i>	<i>11.0</i>	<i>6c</i>
<i>2) FO10412</i>	<i>139</i>	<i>CONC 3005</i>	<i>Qualicob</i>	<i>Paseo</i>	<i>5:00</i>	<i>7</i>	<i>5 1/2</i>	<i>1355</i>	<i>1366</i>	<i>0.709</i>	<i>0.9</i>	<i>15.5</i>	<i>13.0</i>	<i>6c</i>
<i>3) FO10417</i>	<i>168</i>	<i>CONC 4005</i>	<i>Cast. D. Carax</i>	<i>Pa. V. Kula</i>	<i>6:10</i>	<i>7</i>	<i>4 1/2</i>	<i>1354</i>	<i>1358</i>	<i>0.571</i>	<i>1.0</i>	<i>16.0</i>	<i>11.5</i>	<i>6c y 4v</i>
														
Observaciones:												Aditivo	Dosis	
												<i>Pol. 189</i>	<i>1.3 = 1.75</i> <i>2 = 3.50</i>	

Nº. Bo. *V*

Fuente: formatos del laboratorio de planta Salcajá Mixto Listó.

Figura 29. Hojas electrónicas para ingresar datos

GRFICAS DE CONTROL TEMPERATURA

FECHA:	
OPERADOR:	
LABORATORISTA:	

TEMPERATURA AMBIENTE °C		
INICIO	MEDIO DIA	FINAL

HORA INICIO DE PRODUCCION	LOTE (HORAS PROGRAMADAS DE PRODUCCION)	SUB LOTES	TAMAÑO DE SUB LOTE EN HORAS
07:00	8	6	1.333333333

inicio de sub lote	fin de sub lote	MUESTRAS
07:00	08:20	28
08:20	09:40	32
09:40	11:00	29
11:00	12:20	29
12:20	13:40	31
13:40	15:00	31.5

FECHA:	
OPERADOR:	
LABORATORISTA:	

CONCRETO:	CONF3003
-----------	-----------------

MUESTRAS							
LIMITES	1	2	3	4	5	6	7
MAXIMO	9	9	9	9	9	9	9
DISEÑO	8	8	8	8	8	8	8
MINIMO	7	7	7	7	7	7	7
OBTENIDO	6.5	8	7	6.25	6.75	6	7.5

Fuente: elaboración propia.

4.1.6. Uso de gráficos de control

Con la información recabada, la interpretación de las gráficas de control, es muy importante para, poder poner el control del proceso de producción.

El uso de estos gráficos, se interpretarán de la siguiente manera:

- Para el de temperatura, como el objetivo de este gráfico es llevar un control de la temperatura del concreto a la salida de planta y que esta no exceda el límite superior, toda muestra que se encuentra por arriba de esta, indicará que debemos de realizar acciones para evitar que las siguientes *batchadas* obtenga la misma temperatura.
- Además estas gráficas indicarán en qué hora del día, aumenta la temperatura del concreto.

Para la prueba de revenimiento, el objetivo es tener el proceso en control, monitoreando constantemente, esta especificación del concreto y tomar acciones en el proceso cuando esté fuera del límite superior o del inferior.

Con esta implementación lo que se logrará es la estabilidad en el proceso e iniciar a identificar las causas de las variaciones del proceso o de las materias primas, ya que éstas influyen grandemente en las dos especificaciones.

CONCLUSIONES

1. Determinación de que la temperatura del concreto fresco, tiene una relación directa con la temperatura de las materias primas, ya que al tener temperaturas altas de las materias primas, se obtuvo una temperatura alta del concreto fresco o al haber temperaturas bajas de las materias primas, la temperatura del concreto fresco es baja.
2. Al implementar un sistema de enfriamiento de agua a través de torres de enfriamiento, se obtiene una reducción en el costo del agua fría para la producción, ya que con este sistema el costo es de Q.2,35 por metro cúbico, cuando el actual es de Q.12,00 por metro cúbico.
3. Con el diseño propuesto, utilizando una torre de enfriamiento, se obtiene agua fría sin necesidad de recurrir a operaciones adicionales cada vez que se requiera agua fría, ya que todo el equipo a utilizar se acopla perfectamente a la línea de suministro de agua, funcionando de acuerdo al agua demanda para la producción.
4. Al comparar los mecanismos como *chillers* y torres de enfriamiento, para el diseño del sistema de enfriamiento de agua para producción, las ventajas ofrecidas por las torres de enfriamiento, son costos bajos iniciales y operacionales y capacidad de enfriar grandes volúmenes de agua y fácil adaptación a suministros de agua.

5. Diseño de los gráficos de control para las variables de asentamiento y temperatura de concreto fresco, implementándose como complemento los planes de calidad, logrando con ello tener un sistema de control industrial que nos permita agilizar los ajustes necesarios en la producción de concreto premezclado

6. Capacitación del personal, en la utilización de los gráficos de control, aumentando las competencias del ingeniero de calidad, operador y el laboratorista de planta, enseñándoles a utilizar herramientas de control de calidad, con base en manejar datos de manera ordenada y gráfica.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estructuras para tapar los agregados y colocarles aspersores de agua para poder regarlos, reduciendo con ello su temperatura.
2. Pintar los tanques externos donde se almacena el agua, color blanco para evitar la absorción de calor por ser de color negro.
3. Aplicar el plan de contingencia, al no contar con un sistema de enfriamiento de agua, que es la compra de agua fría.
4. Darle seguimiento a la implementación de los gráficos de control y realizar mejoras para obtener un proceso de producción controlado.
5. Hacer uso del equipo de protección personal, para evitar incidentes o accidentes, ya sea dentro de la planta de producción de Mixto Listo o en alguna obra (todo tipo de construcción).
6. Tomar en cuenta y practicar todas las normas de seguridad especificadas en la *FPE* vial para reducir los accidentes.
7. Hacer conciencia a todos los colaboradores de la planta de Mixto Listo, que todo incidente o accidente debe de reportarse para buscar causas. Y así tomar acciones correctivas para ejecutarse lo antes posible.

8. Recordar que en algunas ocasiones un riesgo o incidente no se puede evitar, pero con la aplicación de lo indicado en *FPE* vial se puede reducir el riesgo.
9. Actualización periódica de los puntos negros, levantados para la región del sur occidente, ya que por las carreteras se dan continuamente cambios.

BIBLIOGRAFÍA

1. ASOCRETO. *Cartilla José Concreto: Manual de consejos prácticos sobre el concreto*. Colombia: Instituto del Concreto, 2003. 123 p.
2. BANKS, Jerry. *Control de calidad*. México: Limusa, 2002. 665 p.
3. *Conceptos básicos del concreto*. [en línea]. Instituto Mexicano de cemento y concreto. Imcyc. México. Agosto 2004. <http://www.imcyc.com/cyt/agosto04/CONCEPTOS.pdf>. [Consulta: 12 de agosto de 2011].
4. *Condiciones inseguras*. [en línea]. México. Areli. Marzo 2008. www.seguridadhigiene.wordpress.com/2008/03/26/condiciones-inseguras/. [Consulta: 28 de agosto de 2011].
5. COSILLO PINTO; Alan. *Estudio de hidrología del pozo planta concretera Salcajá, Quetzaltenango*. Quetzaltenango. 2011. 44 p.
6. DELGADO Ch., Ernesto. *Enfriamiento por evaporación: Monografías.com S.A.* [en línea]. Argentina. Enero 2001. www.monografias.com/trabajos10/toen/toen.shtml. [Consulta: 8 de septiembre de 2011].

7. Directiva Progreso de OH&S. *Elemento #7 Prevención de fatalidades: seguridad vehicular y de tráfico*. Guatemala: Cementos Progreso, 2009. 14 p.
8. *Especificaciones estándar para el concreto premezclado parte 1 y 2*. México: Instituto Mexicano del cemento y del concreto AC. Imcyc, 2007. 9 p.
9. KOSMATKA, Steven H., et al. *Diseño y control de mezclas de concreto*. EB201. México: Portland Cement Association. 2004. 442 p.
10. *Manual del Técnico (CP-107). Técnico para pruebas al concreto en la obra grado I*. México: Instituto Mexicano del cemento y del concreto AC. Imcyc, 2007. 150 p.
11. *Manual para supervisar obras de concreto (ACI 311-07)*. México: Instituto Mexicano del cemento y del concreto AC. Imcyc, 2009. 350 p.
12. *Plan de emergencia*. [en línea]. España: Complejo Hospitalario de Albacete. www.chospab.es/plan_emergencias/intro.htm. [Consulta: 25 de agosto de 2011].
13. POTTER, Merle C. ; SCOTT, Elaine P. *Termodinámica*. México: Thomson. 2006. 360 p.
14. *Los procesos de enfriamiento de agua*. [en línea]. Abril 2006. México. web: www.quiminet.com/articulos/los-procesos-de-enfriamiento-del-agua-7827.htm. [Consulta: 12 de septiembre de 2011].

15. RODRÍGUEZ, Gustavo. *Torres de enfriamiento aspectos generales*. [en línea]. GEA Heat Exchangers/GEA power cooling. México. Junio 2010. www.geapowercooling.com.mx. [Consulta: 25 de septiembre de 2011].

ANEXO 1

Puntos negros vehiculares y peatonales región 4

<h1>REGIÓN 4</h1> <h1>PUNTOS NEGROS</h1> <h1>2010</h1> <p>Todos los días hacemos buenas obras</p>	<h2>REGIÓN 4</h2> <p>Qué debemos hacer?</p> <p><u>Lo primero</u> es estar con la mente en nuestra tarea para poder identificar en cualquier momento un PUNTO NEGRO debido a que no se puede tener el registro total de los mismos</p> <p><u>Lo segundo</u> aplicar todas las técnicas de Manejo Seguro impartidas en la escuela de pilotos, esto puede ayudar a evitar serios accidentes en los que pueden resultar dañadas terceras personas</p> <p>Todos los días hacemos buenas obras</p>
<h2>REGIÓN 4</h2> <h3>DEFINICIÓN</h3> <p>Se le llama un "PUNTO NEGRO" a aquel lugar que presenta un riesgo para los conductores por varias razones:</p> <ul style="list-style-type: none">• Por señalización inadecuada o inexistente• Puntos de múltiple bifurcación de vías• Cruce frecuente de peatones• Dificultad de visualizar los vehículos que viajan en vía contraria• Lugares donde son frecuentes los accidentes• Cruceos con tránsito congestionado• Entradas y salidas que incorporan a rutas de alta velocidad• Pistas muy resbalosas con pendientes pronunciadas• Retornos complicados y poco radio de giro <p>Todos los días hacemos buenas obras</p>	<h2>REGIÓN 4</h2> <h3>PUNTO NEGRO 2</h3> <h4>RUTA PERIFÉRICO</h4>  <p><u>Dirección:</u> Bóveda Cruce de Chiquilajá, periférico Xela</p> <p><u>Descripción del Problema</u> Curva peligrosa entrada a 100 metros mas adelante hay otra entrada en curva</p> <p><u>Solución del problema</u> Reducir velocidad y tomar en cuenta las entradas a Chiquilajá</p> <p>Todos los días hacemos buenas obras</p>

Continuación anexo 1.

No.	UBICACIÓN	DE	HACIA	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	SOLUCIÓN DEL PROBLEMA
1	Paso a desnivel Salcajá	Planta Salcajá.	Periférico	Bifurcación múltiple antes de entrar al periférico por el paso a desnivel.	Peatones y vehículos en ambos sentidos.	Detenerse en la bifurcación y conducir despacio.
2	Bóveda Cruce a Chiquilajá	Planta Salcajá.	Periférico	Entrada a Chiquilajá sobre una curva	Curva peligrosa hay una entrada a Chiquilajá y 100 metros más adelante hay otra entrada en otra curva	Reducir velocidad, y tomar en cuenta las entradas a Chiquilajá.
3	Rotonda Olinstepeque	Planta Salcajá.	Periférico	Enfrente de la entrada a la pista de aterrizaje de Quetzaltenango	Se detienen buses del servicio extraurbano y reducción a un solo carril para ambos lados.	Disminuir velocidad al acercarse al lugar usted no lleva la vía, no tratar de rebasar.
4	Rotonda Tecún Umán	Planta Salcajá.	Periférico	Sobre paso a desnivel.	Se detienen buses del servicio extraurbano y urbano.	Extremar precauciones para pasar por el lugar disminuir la velocidad.
5	Cruce a Trigales	Planta Salcajá.	Periférico	Ruta periférico	Parada de buses del servicio extraurbano y urbano hay que ceder el paso en la rotonda.	Precaución por la parada de buses extraurbanos
6	Paso de Vipera	Planta Salcajá.	Periférico	Frente a Vipera	Congestionamiento de trafico en horas pico	Tomar precauciones por el cruce a la derecha y disminuir la velocidad
7	Paso cruce Indeca	Planta Salcajá.	Periférico	Cruce hacia el Hospital	Congestionamiento de trafico en horas pico	Tomar precauciones por el cruce a la izquierda y disminuir la velocidad
8	Rotonda La Licorera	Planta Salcajá.	San Marcos	Entrada a colonia El Maestro	Congestionamiento de tráfico salida para San Marcos.	Conservar su carril parada de buses extraurbanos y reducir la velocidad.
9	Paso a desnivel las Rosas	Planta Salcajá.	Calzada Lisandro Barillas	A un costado de la salida para Retalhuleu.	Salida de camiones y parada de camionetas extraurbanas.	Disminuir velocidad para acercarse a ese punto y no tratar de rebasar, hay parada de buses extraurbanos
10	Paso por el Rastro	Planta Salcajá.	Calzada Lisandro Barillas	Enfrente al rastro de Quetzaltenango.	Paso peatonal y vehículos estacionados en ambos lados de la calle.	Reducir la velocidad por el lugar hay una escuela pública enfrente del rastro.
11	Rotonda La Marimba	Planta Salcajá.	Calzada Lisandro Barillas	Antes de pasar por el arco de la independencia	Calles estrechas y paso de peatones.	Reducir la velocidad para de buses urbanos y paso de Peatones.
12	Paso por parque Benito Juárez	Planta Salcajá.	4 calle zona 3 Quetzaltenango	A un costado de Banco Industrial y Almacén el Zepelín.	Circulación de gran cantidad de vehículos livianos y pesados.	Disminución de velocidad y respetar señales de tránsito.

Continuación anexo 1.

No.	UBICACIÓN	DE	HACIA	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	SOLUCIÓN DEL PROBLEMA
13	Plaza Ciani	Planta Salcajá.	4 calle y 24 avenida zona 3 Quetzaltenango	Plaza Ciani	Aglomeración de vehículos	Conducirse sobre su carril y respetar las señales de tránsito parada de buses urbanos
14	Paso por mercado la terminal	Planta Salcajá.	4 calle zona 3 Quetzaltenango	Después de pasar el Complejo Deportivo de Quetzaltenango	Aglomeración de peatones.	Reducir la velocidad y respetar al Peatón.
15	Rotonda de la Usac	Planta Salcajá.	Zoológico	Por Templo Minerva	Pocas señales de tránsito	Circular en el carril derecho y disminuir la velocidad al llegar a la rotonda no lleva la vía.
16	Rotonda las Américas	Planta Salcajá.	Avenida las Américas	Costado del Zoológico	Redondel y paso de peatones.	Reducir la velocidad y respetar la vía.
17	Rotonda Burger King	Planta Salcajá.	Avenida las Américas	Por Gasolinera Shell las Américas	En paso a desnivel existe un alto que no respetan.	Reducir la velocidad y respetar la vía.
18	Rotonda Lla Esperanza	Planta Salcajá.	San Marcos	Por labor Xela	Paso de peatones y circulación de vehículo.	Reducir la velocidad y respetar las señales de túmulos.
19	Rotonda San Mateo	Planta Salcajá.	San Marcos	Entrada a Intervida	Todo tipo de vehículo da giro en U	Respetar la señal de tránsito
20	Entrada a San Mateo	Planta Salcajá.	San Marcos	Antes del cruce para Duraznales	Vehículos se cambian de carril derecho para ingresar al centro del pueblo.	Disminuir velocidad por la entrada al pueblo
21	Paso por San Juan	Planta Salcajá.	San Marcos	Reducción de 2 carriles a un carril	Paso muy restringido por el pueblo	Disminuir velocidad por el paso del pueblo
22	La Cumbre	Planta Salcajá.	San Marcos	paso restringido por ser lugar donde se tiene el mercado de papa en el sector	Aglomeración de personas ya que es el centro de acopio de la papa y parada de buses extraurbanos.	Disminuir la velocidad al llegar al primer túmulo y por el paso restringido en el lugar.
23	Palestina de los Altos	Planta Salcajá.	San Marcos	Paso por el pueblo	Aglomeración de personas los días de plaza	Disminuir la velocidad y respetar al peatón
24	Paso por San Pedro	Planta Salcajá.	San Marcos	Paso por el pueblo	Aglomeración de personas y vehículos, buses ya que es el centro del pueblo.	Disminuir la velocidad en todo este trayecto.
25	Paso por Cantel	Planta Salcajá.	Retalhuleu	Paso por el pueblo	Parada de buses extraurbanos y paso por el pueblo	Respetar las señales de tránsito y disminuir la velocidad
26	Paso por Zunil	Planta Salcajá.	Retalhuleu	Paso por el pueblo	Parada de buses extraurbanos y paso por el pueblo	Respetar las señales de tránsito y disminuir la velocidad
27	Santa María de Jesús	Planta Salcajá.	Retalhuleu	Precaución al pasar los túmulos y los comedores	Precaución al pasar por los túmulos	Respetar las señales de tránsito y disminuir la velocidad

Continuación anexo 1.

No.	UBICACIÓN	DE	HACIA	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	SOLUCIÓN DEL PROBLEMA
28	Paso por el Irtra	Planta Salcajá.	Retalhuleu	Precaución al pasar paso peatonal y parada de buses.	Entrada al Irtra parada de buses y patones en el lugar	Respetar las señales de tránsito y disminuir la velocidad
29	El Zarco	Planta Salcajá.	Retalhuleu	Cruce peligroso tres vías, ver señales de tránsito	Cruce peligros en tres direcciones	Respetar las señales de tránsito y conducir lentamente por el cruce.
30	Cuatro Caminos	Planta Salcajá.	Retalhuleu	Cruce peligroso peatones, taxis y buses	Precaución cuatro vías	Respetar las señales de tránsito y conducir lentamente por el cruce.
31	Paso por Cuyotenango	Planta Salcajá.	Retalhuleu	Paso por el pueblo	Respetar las señales de tránsito y conducir lentamente por el lugar.	Respetar las señales de tránsito y conducir lentamente por los peatones.
32	Paso por Ingenio el Pilar	Planta Salcajá.	Retalhuleu	Precaución al pasar	Precaución ingreso y salida de vehículos pesados	Respetar las señales de tránsito y conducir lentamente por el lugar.
33	Circunvalación de Mazatenango	Planta Salcajá.	Retalhuleu	Precaución al pasar por el lugar	Precaución ingreso y salida de vehículos pesados	Respetar las señales de tránsito y conducir con precaución por el lugar.
34	Salida de Salcajá tomar autopista	Planta Salcajá.	Cuatro Caminos Tonicapán	Tomar precaución para tomar carril hacia circunvalación de Salcajá	precaución cruce peligroso, falta señalización	Respetar las señales de tránsito y conducir con precaución por el lugar.
35	Redondel Salcajá	Planta Salcajá.	Cuatro Caminos Tonicapán	Precaución con el paso	Precaución cruce peligroso.	Respetar las señales de tránsito y conducir con precaución por el lugar.
36	Cuatro Caminos	Planta Salcajá.	Cuatro Caminos Tonicapán	Precaución al pasar	Precaución cruce peligroso en las cuatro vías	Respetar las señales de tránsito, conducir con precaución por el lugar disminuyendo la velocidad.
37	San Francisco el Alto	Planta Salcajá.	Huehuetenango	Precaución al pasar; disminuir velocidad plaza orilla de la carretera	Los días jueves, viernes hay plaza por el lugar ventas a la orilla de la carretera	Respetar las señales de tránsito, conducir con precaución por el lugar disminuyendo la velocidad.
38	Paso por Pologuá	Planta Salcajá.	Huehuetenango	Precaución al pasar y disminuir velocidad plaza a orilla de la carretera	El día lunes hay plaza por el lugar ventas a la orilla de la carretera	Respetar las señales de tránsito, conducir con precaución por el lugar disminuyendo la velocidad.
39	Cruce para Chiantla	Planta Salcajá.	Huehuetenango	Precaución y disminuir la velocidad.	Cruce de vehículos pesados	Respetar las señales de tránsito, conducir con precaución por el lugar disminuyendo la velocidad.
40	Las Vegas entrada a Huehuetenango	Planta Salcajá.	Huehuetenango	Precaución disminuir velocidad y seguir señales de tránsito	En la bifurcación entran y salen vehículos	Respetar señales de tránsito
41	Ruta con muchos túmulos	Planta Salcajá.	La Mesilla	Precaución en toda la ruta hay más de 42 túmulos	Precaución al conducir por el sector	Respetar señales de tránsito

Continuación anexo 1.

No.	UBICACIÓN	DE	HACIA	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	SOLUCIÓN DEL PROBLEMA
42	En ruta hay que pasar por varios pueblos	Planta Salcajá.	La Mesilla	Seguir señales de tránsito y disminuir la velocidad	En la ruta hay que pasar por varios pueblos y existen muchos túmulos	Respetar las señales de tránsito y manejar con precaución
43	Entrada a Santa Catarina Ixtahuacán	Planta Salcajá.	Sololá	Precaución disminuir velocidad y seguir señales de tránsito	En el cruce hay que disminuir la velocidad parada de buses	Respetar señales de tránsito y disminuir la velocidad
44	Entrada a Chirioche	Planta Salcajá.	Sololá	Precaución disminuir velocidad y seguir señales de tránsito	Cuidado en la vuelta para entrar al pueblo	Respetar señales de tránsito y disminuir la velocidad
45	Cumbre de Alaska	Planta Salcajá.	Sololá	Precaución Vehículos pesados	Existe un campamento de la Solel Boneh entran y salen vehículos pesados, zona de mucha neblina	Precaución por el lugar, zona de mucha neblina
46	Paso or hospital y Complejo Deportivo	Planta Salcajá.	Totonicapán	Respetar señales de tránsito	Ingreso y salida de ambulancias y peatones	Precaución al pasar por el sector
47	Paso por el Parque	Planta Salcajá.	Totonicapán	Precaución vías angostas	Vías angostas y se parquean en las mismas	Precaución al pasar por el sector
48	Cuatro Caminos	Planta Salcajá.	Retalhuleu	Precaución varios cruces	Paradas de buses extraurbanos en el cruce	Respetar señales de tránsito y disminuir la velocidad
49	Ocosito	Planta Salcajá.	Retalhuleu	Entrada para Retalhuleu	Precaución en la entrada a Retalhuleu	Respetar señales de tránsito
50	El Shab	Planta Salcajá.	Coatepeque	Camino para Coatepeque	Paso por el pueblo	Respetar señales de tránsito y disminuir la velocidad
51	Curva Carmen de Mirón	Planta Salcajá.	Coatepeque	Después de pasar por el Shau	Curva peligrosa	Respetar señales de tránsito y disminuir la velocidad
52	Paso por las Delicias	Planta Salcajá.	Coatepeque	1 Km. Después del cruce de Victorias	Túmulos en el sector	Respetar señales de tránsito y disminuir la velocidad
53	Ruta Colomba	Planta Salcajá.	Colomba	Ruta a Coatepeque	Pendientes muy pronunciadas	Respetar señales de tránsito y disminuir la velocidad

Fuente: elaboración propia.

ANEXO 2

Plan de calidad de materias primas y concreto fresco

Material	Descripción	Ensayo	Limites	Norma	Frecuencia	Observaciones
Agua	Agua	Ensayo físico y químico general	NA	ASTM C94	Anual	
	**Para aguas de dudosa procedencia.	Resistencia a la compresión a 7 días, % mínimo respecto al testigo	90	C-109	Anual	
		Tiempo de fraguado, (desviación con respecto al testigo)	De 1:00 horas antes a 1:30 después	C-191	Anual	
	* Agua dudosa procedencia: Aquella que provenga de fuentes diferente a la red pública y no se tenga evidencia o experiencia de su desempeño y algún parámetro evaluado en el ensayo físico químico este por fuera de los límites recomendados.					
Material	Descripción	Ensayo	Limites	Norma	Frecuencia	Observaciones
Cemento	* Las prueba al cemento las realiza el proveedor y para nuestro caso será Cementos Progreso					
	Cemento en uso	Revisión de resistencias	> FC a 28 días	N/A	Semanal	La revisión se hace en línea a la data de la fábrica.
Material	Descripción	Ensayo	Limites	Norma	Frecuencia	Observaciones
Agregados	Agregado fino	Granulometría	Graduación	ASTM C 136	Semanal	No aplica la frecuencia para plantas inactivas, (aquella que operaciones y logística de despacho decidan parar)
		Módulo de finura	2.3-3.1	ASTM C33	Semanal	
		Humedad	NA	ASTM C566	Semanal	
		Materia orgánica	No mayor al No. 3	ASTM C 40	Mensual	
		Densidad	2.5 Mínimo	ASTM C 128	Mensual	
		Absorción	3.5% Máximo	ASTM C 128	Mensual	
		Peso unitario seco	NA	ASTM C33	Mensual	
		Peso unitario compactado	NA	ASTM C33	Mensual	
	Material fino que pasa el tamiz #200 (75 micrones)	12% Máximo	ASTM C 117	Semanal		

Continuación anexo 2.

Material	Descripción	Ensayo	Limites	Norma	Frecuencia	Observaciones	
Agregados	Agregado Grueso	Granulometría	Graduación	ASTM C 136	Semanal	No aplica la frecuencia para plantas inactivas, (aquella que operaciones y logística de despacho decidan parar)	
		Humedad	NA	ASTM C566	Semanal		
		Densidad	2.5 Mínimo	ASTM C 128	Mensual		
		Absorción	2% Máximo	ASTM C 128	Mensual		
		Peso unitario seco	NA	ASTM C33	Mensual		
		Peso unitario compactado	NA	ASTM C33	Mensual		
		Material fino que pasa el tamiz #200 (75 micrones)	2% Máximo	ASTM C 117	Semanal		
		Partículas planas y alargadas	18% Máximo	ASTM D4791	Cuando se requiera mediante inspección visual		
		Prueba de Abrasión de Los Ángeles	Máximo Desgaste 40%	ASTM C 131	Cada 6 meses		
		Estabilidad al Sulfato de Sodio y Magnesio	Máximo Perdida 12%	ASTM C 88	Cada 6 meses		
Material	Descripción	Ensayo	Limites	Norma	Frecuencia	Observaciones	
Aditivos	Aditivos para la producción del concreto	Solicitud de certificado de calidad por lote					
		(Revisión de propiedades: Densidad, Solidos Totales, PH)				Cada compra de Lote	
		(Revisión de fecha de vencimiento)					
		*Estos certificados deben ser entregados por el proveedor a la operación.					

Continuación anexo 2.

Tipo de prueba	Análisis		Criterio aceptación			Frecuencia	Responsable	Registro	Observaciones	
	Variable	Método	Unidad medida	Mín	-					Máx
Pruebas de Control de Agregados en Planta	Humedad	ASTM C 566	%	No aplica			Diaria	Laboratoria de planta	Formato de humedad es en planta	La humedad es una variable que se controla para mantener las características de asentamiento y resistencia del concreto.
	Factor de corrección	Humedad - Absorción	%	No aplica			Diaria	Laboratoria de Planta	Formato de Humedad es en Planta	El factor de corrección es un valor que se ingresa al sistema <i>Command Batch</i> para que automáticamente haga un ajuste en la cantidad de agua a dosificar.
Pruebas en Planta al Concreto Fresco	Muestreo	ASTM C172		No aplica			Según plan de muestreo (ver abajo)	Laboratoria de planta	Bitácora de producción	
	Asentamiento	ASTM C 143	pulgadas	± 1/2					Formato de Pruebas en Planta	
	Peso Unitario	ASTM C 138	kg/m ³	Rendimiento (0.99 -1.01)						
	Resistencia	ASTM C 31 (Elaboración) ASTM C 39 (Ensayo)	n/a	No aplica					Reporte de cilindros de campo	
	Temperatura	ASTM 1064	°C	No aplica		32	Aleatorio		Formato de pruebas en planta	
	Contenido de Aire	ASTM C 231	%	No aplica		5	Aleatorio		Formato de pruebas en planta	

Continuación anexo 2.

Tipo de prueba	Análisis		Criterio aceptación			Frecuencia	Responsable	Registro	Observaciones	
	Variable	Método	Unidad medida	Mín	-					Máx
Inspecciones visuales en planta al concreto fresco	Asentamiento	Inspección visual	pulgadas	$\pm \frac{1}{2}$			Diaria	Laboratorista de Planta	Formato de Pruebas en Planta	La cantidad de inspecciones depende de otras actividades que realiza el Laboratorista
	Apariencia	Inspección visual	n/a							
	Se evalúa si el concreto está mal proporcionado (Piedrudo, pastoso, áspero, ...)									
Pruebas en obra al concreto fresco	Muestreo	ASTM C172		No aplica			Según plan de muestreo (ver abajo)	Laboratorista de obra / Inspector de calidad	Formato de inspección en obra	
	Asentamiento	ASTM C143	pulgadas	ASTM C94						
	Flujo (concreto fluido)	ASTM C1611	cm	55	-	60				
	Peso Unitario	ASTM C138	kg/m ³	Rendimiento (0.99 -1.01)						
	Contenido de Aire	ASTM C231	%			5				
	Temperatura	ASTM 1064	°C	< 32 °		32				

Continuación anexo 2.

Plan de muestreo						
Objetivo	Descripción	Criterios		Descripción	Frecuencia	
Muestreo de Concreto Fresco en Planta	Muestreo de concreto para determinar a través de los ensayos el cumplimiento de los requisitos de calidad de las especificaciones bajo las cuales se suministra dicho concreto	Los siguientes criterios establecen la frecuencia de muestreo en planta	Por tipo (clase) de Concreto	Una vez cada día que se coloque determinado tipo	Muestreo diario basándose en cualquiera de los criterios antes mencionados	
			Producción	Una vez por cada 110m ³ de concreto producido cada día		
			Volumen Despachado	Una vez por cada 460m ² de superficie de losa o muro construido cada día		
Muestreo de Concreto Fresco en Obra	Muestreo de concreto para determinar a través de los ensayos el cumplimiento de los requisitos de calidad de las especificaciones bajo las cuales se suministra dicho concreto.	Los siguientes criterios establecen la frecuencia de muestreo en obra	Proyecto Importante	Un proyecto importante está dado por: cliente, volumen, tipo de concreto, duración, control de especificaciones, atención de reclamos	Muestreo diario basándose en cualquiera de los criterios antes mencionados, aleatorio y variable en virtud de la disponibilidad de laboratorista o inspectores de campo	
			Concretos Especiales	El concreto especial esta definido por: Despacho Ocasional, Formulación Especifica, Controles Específicos, Propiedades Especiales.		
			Producción	El muestreo por producción está relacionado con: Volumen de Despacho, Concretos más Producidos		
			Pruebas Industriales	Las pruebas industriales pueden ser dadas por: Implementación de Formulas, Verificación de Características, Verificación de Propiedades, Inicio de Operaciones de Planta		

Continuación anexo 2.

Análisis Variable	Método	Criterio de Aceptación	Frecuencia	Registro	Responsable	Observaciones
Resistencia a 3 y 7 Días	Análisis	Que los valores a 3, 7 estén arriba de su proyección. Resistencias a 28 días > Fc	Diario	Data Cilindros	Jefe de Control de Calidad	Las resistencias se analizan a diario para hacer ajustes u optimizaciones a las formulaciones. Se analizan también resistencias de Cetec.
Resistencia a 28 días	ASTM C 39 ACI 214	Resistencias a 28 días > Fc	Mensual	Análisis Estadístico de Control de Calidad	Jefe de Control de Calidad	
			Mensual	Bitácora de Soporte Técnico	Gerente Técnico	Las resistencias se analizan Mensualmente para hacer ajustes u optimizaciones a las formulaciones. Se analizan también resistencias de Cetec.

Fuente: Mixto Listo Planta Salcajá. *Planes de calidad*. Departamento técnico.

ANEXO 3

REGLAMENTO DE TRÁNSITO

TÍTULO II Vehículos CAPÍTULO I

Clasificación de los Vehículos

Artículo 8. Clasificación por uso. Los vehículos se clasifican por su uso en:

1. Particulares
2. Mercantiles y comerciales
3. Oficiales
4. Cuerpo Diplomático, Organismos, Misiones y Funcionarios Internacionales
5. De Emergencia
6. De Aprendizaje

Artículo 9. Clasificación por peso. Los vehículos se clasifican por su peso en:

- a. Ligeros de hasta 3.5 toneladas métricas de peso bruto máximo:
 1. Bicicletas
 2. Motobicicletas
 3. Motocicletas
 4. Automóviles
 5. Paneles
 6. Pick-ups
 7. Microbuses
 8. Automóviles, paneles y pick-ups con remolque

- b. Pesados, con más de 3.5 toneladas métricas de peso bruto máximo:
 1. Autobuses
 2. Camiones

Continuación anexo 3.

3. Remolcadores o cabezales
4. Camiones con remolque
5. Especiales, con pesos y dimensiones de autorización especial
6. Vehículos agrícolas
7. Vehículos especiales movibles con o sin grúa

TÍTULO II

Vehículos

CAPÍTULO III

Equipamiento básico de los vehículos y otras especificaciones técnicas

Artículo 11. Normas Generales. El equipamiento básico de los vehículos debe estar en óptimas condiciones de Funcionamiento.

Artículo 13. Equipamiento básico de motobicicletas motocicletas. La motobicicleta y motocicleta que transite en las vías públicas del territorio nacional deberá contar con el siguiente equipo de alumbrado:

- a) Luz alta y baja adelante
- b) Luz de posición atrás
- c) Luces direccionales adelante y atrás
- d) Luz de freno con su reflejante
- e) Silenciador

Artículo 14. Equipamiento básico para vehículos automotores. El vehículo automotor que transite en la vía pública del territorio nacional deberá contar con el siguiente equipo y aditamentos:

- a) Bocina
- b) Retrovisor interior y exterior
- c) Parabrisas y limpiabrisas
- d) Cinturones de seguridad en los asientos delanteros
- e) Llanta de repuesto del tipo que pueda remplazar a las principales
- f) Herramientas necesarias para el cambio de llanta
- g) Silenciador

Continuación anexo 3.

h) Velocímetro

i) Luces:

- Una luz alta y baja a cada lado de la parte frontal
- Una luz de posición a cada lado en las partes frontales y posteriores
- Una luz de marcha atrás en la parte trasera
- Cuatro luces direccionales, una en cada esquina del vehículo
- Dos luces de Freno en la parte posterior una a cada lado
- Dispositivo para poder accionar luces de emergencia
- Iluminación completa de la placa de circulación trasera

j) Dos triángulos reflectivos para señales de emergencia.

Artículo 15. Equipamiento adicional para vehículos pesados. Adicionalmente a lo preceptuado en el artículo anterior, los vehículos pesados deberán contar con el siguiente equipo y aditamentos:

- a) Cintas reflectivas en su parte lateral y posterior.
- b) Luces de gálibo o dimensionales en la parte frontal, lateral y posterior más altas del vehículo.
- c) Luces intermitentes ámbar en las partes frontales superiores y rojas en la parte posterior superior de los autobuses para el transporte escolar y colectivo
- d) Extinguidor de Incendios en condiciones de uso.

TÍTULO III

Licencias

CAPÍTULO I

Clasificación

Artículo 22: Vigencia y portación. Las licencias de conducir tendrán una vigencia de uno a cinco años, según las necesidades del portador y el importe a pagar.

Continuación anexo 3.

Al conducir un vehículo por la vía pública, es obligatorio portar una licencia de conducir vigente, cuyo tipo corresponda o incluya al vehículo en que se circula.

Artículo 23: Tipos de licencia. Se establecen los distintos tipos de licencia:

- **Tipo A:** Para conducir toda clase de vehículos de transporte de carga de más de 3.5 toneladas métricas de peso bruto máximo, transporte escolar y transporte colectivo (urbano y extraurbano).
- **Tipo B:** Para conducir toda clase de automóviles o vehículos automotores de hasta 3.5 toneladas métricas de peso bruto máximo, pudiendo recibir remuneración por conducir.
- **Tipo C:** Para conducir toda clase de automóviles, Paneles, microbuses, pick-ups con o sin remolque y un peso bruto máximo de hasta 3.5 toneladas métricas sin recibir remuneración.
- **Tipo M:** Para conducir toda clase de motobicicletas y motocicletas.
- **Tipo E:** Para conducir maquinaria agrícola e Industrial. Este tipo de licencia no autoriza a su titular a conducir cualquier otro tipo de vehículo.

TÍTULO V
Circulación de Vehículos
CAPÍTULO II
Velocidad

Artículo 109: Adecuación de la velocidad a las circunstancias. Todo conductor está obligado a respetar los límites de velocidad establecidos y tener en cuenta, además, sus propias condiciones físicas y psíquicas, las características y el estado de la vía, del vehículo y de su carga, las condiciones meteorológicas ambientales y de circulación; en general, cuantas circunstancias concurren en cada momento, a fin de adecuar la velocidad de su vehículo a las mismas, de manera que siempre pueda detenerlo dentro de los límites de su campo de visión y ante cualquier obstáculo que pueda presentarse.

Continuación anexo 3.

Artículo 112: Velocidades máximas en área urbana. En ámbitos urbanos se establecen las siguientes velocidades máximas:

- a) En autopistas, 90 kilómetros por hora.
- b) En vías rápidas, 80 kilómetros por hora
- c) En arterias principales, 60 kilómetros por hora
- d) En arterias secundarias, 50 kilómetros por hora
- e) En caminos y vías locales, 40 kilómetros por hora
- f) En vías residenciales de circulación controlada y zonas escolares, 30 kilómetros por hora

Para vehículos pesados y aquellos que lleven remolques, se reducirá en 10 kilómetros por hora las velocidades máximas establecidas en los incisos anteriores.

Artículo 113: Velocidades máximas en áreas extraurbanas. En ámbitos extraurbanos se establecen las siguientes velocidades máximas:

- a) En autopistas, 100 kilómetros por hora.
- b) En vías rápidas, 90 kilómetros por hora.
- c) En carreteras principales, 80 kilómetros por hora.
- d) En carreteras secundarias, 60 kilómetros por hora
- e) En caminos, 40 kilómetros por hora.

Para vehículos pesados y aquellos que lleven remolques, se reducirá en 20 kilómetros por hora las velocidades máximas establecidas en los incisos anteriores a), b) y c) y en 10 kilómetros por hora la del Inciso d)

Fuente: Guatemala. *Reglamento de tránsito. 1997.* Acuerdo gubernativo no. 499-97.