



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil”

TRABAJO DE GRADUACION

“INVESTIGACIÓN DEL MÉTODO CONSTRUCTIVO DE PAVIMENTO
RÍGIDO EN LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN DE LA CIUDAD DE
RIOBAMBA, RESULTADOS OBTENIDOS Y SU APLICACIÓN EN OTROS
PROYECTOS.”

Autores:

Grace Katherine Soto Cabezas.

Daniel Alejandro Martínez Moncayo.

Director:

Ing. Jorge Núñez.

Riobamba – Ecuador

2015

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: Investigación del método constructivo de pavimento rígido en la avenida Circunvalación de la ciudad de Riobamba, resultados obtenidos y su aplicación en otros proyectos, presentado por: Grace Katherine Soto Cabezas y Daniel Alejandro Martínez Moncayo y dirigida por el Ing. Jorge Núñez una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para su uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Ángel Paredes.

Presidente del Tribunal



Firma

Ing. Jorge Núñez.

Miembro del Tribunal



Firma

Ing. Alexis Martínez.

Miembro del Tribunal



Firma

“INVESTIGACIÓN DEL MÉTODO CONSTRUCTIVO DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA, RESULTADOS OBTENIDOS Y SU APLICACIÓN EN OTROS PROYECTOS.”

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: Grace Katherine Soto Cabezas, Daniel Alejandro Martínez Moncayo e Ing. Jorge Núñez y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.”

Grace K. Soto C.

C.I. 06346927-1

Daniel A. Martínez M.

C.I. 060427041-3

AGRADECIMIENTO

“El cofre en el que se entran los más maravillosos tesoros a los que puede acceder el hombre, no se halla fuera, sino en lo más profundo de su mundo interior y hoy queremos expresar nuestro más fervoroso agradecimiento, iluminados con la luz sagrada que refulge en el dorado cáliz del corazón humano a las personas que han formado parte de nuestra vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de nuestras vidas. Sin importar en donde estén queremos darles las gracias por formar parte de ella, por todo lo que nos han brindado y por todas sus bendiciones.

También nos gustaría agradecer a nuestros profesores durante toda nuestra carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a nuestra formación en especial al Ing. Jorge Núñez por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación.”

DEDICATORIA

“Dedicamos este proyecto de tesis a Dios y a nuestros padres. A Dios porque haber estado con nosotros a cada paso que damos, cuidándonos y dándonos fortaleza para continuar, a nuestros padres, pilares fundamentales en nuestras vidas. Sin ellos, jamás hubiésemos podido conseguir lo que hasta ahora. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para nosotros, sino para nuestros hermanos y familia en general. Los amamos con la vida”

RESUMEN

Esta tesis va dirigida al público en general, esto con el fin de dar a conocer a todos una mejor visión acerca del proceso constructivo empleado en la Av. Circunvalación de la ciudad de Riobamba la cual estaba constituida por un pavimento flexible en mal estado y fue reemplazado por una estructura de pavimento rígido con el fin de que esta se convierta en una vía que sea cómoda, segura y transitable en toda las épocas del año prolongando su período de vida útil.

En este trabajo se describe el procedimiento constructivo empleado para la elaboración, construcción y puesta en servicio del pavimento rígido con juntas sin refuerzo continuo de la Av. Circunvalación de la ciudad de Riobamba, que va desde los materiales utilizados para colocación y preparación del soporte uniforme sobre el cual se colocara la losa, los materiales utilizados en la producción del concreto y los procesos necesarios de control de la calidad de los mismos así como una secuencia detallada de la colocación, acabado, corte, texturizado y curado de las losas de hormigón hidráulico que conforman la superficie de rodadura y algunas recomendaciones para la correcta ejecución de las juntas y materiales utilizados en el sellado de las mismas, hasta la aplicación de criterios de aceptación de la obra, en cuanto a la producción de agregados, planta de producción, tendido y terminado de la losa, controles de calidad para la puesta en servicio según las normas vigentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) entidad contratante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
CENTRO DE IDIOMAS



Msc. Rosa Fernández.

Riobamba, 09 de Julio de 2015

SUMMARY

This thesis is aimed to the public in general, in order to give to all a better view about the construction process used in Circunvalacion Avenue of Riobamba city, which consisted in a flexible pavement found in poor condition and that has been replaced by a rigid pavement structure in order to develop into a more comfortable and safer road that can be commuted at all times of the year extending its useful life span.

This paper describes the construction procedure employed for the development, construction and execution of service of the rigid pavement with joints without continuous reinforcement of Circunvalacion Avenue in Riobamba.

It comes from the materials used for placement and preparation for a uniform support in which the slab will be placed, the materials used in the production of concrete and the necessary process of quality control of them, as well as a detailed sequence of placement, finishing, cutting, texturing and curing of the hydraulic concrete slabs.

It constitutes the rolling surface and some recommendations for the proper execution of the sealing of joints and using materials to the application of acceptance of work criteria, production of aggregates, production plant, slab laying and finishing and quality control in order to use it, according to the regulations of the Ministry of transport and Public Works (MTPW) contracting entity.

Rosa Fernández

CENTRO DE IDIOMAS



COORDINACION

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I	
A. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	4
1. OBJETIVO GENERAL.....	4
2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	4
CAPITULO II	
A. FUNDAMENTACION TEORICA.....	5
1. PAVIMENTO RÍGIDO.....	5
2. TIPOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.....	5
3. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO SIMPLE CON BARRAS DE TRANSFERENCIA SEGÚN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MOP - 001-F 2002.....	7
3.1. Explotación de materiales.....	8
3.1.1. Extracción.....	9
3.1.1.1. Extracción mecanizada.....	9
3.1.1.1.1. Extracción con Pala Mecánica y Retroexcavadora.....	9
3.1.1.2. Extracción manual.....	10
3.1.2. Cargado y acarreo.....	10
3.1.3. Trituración y clasificación.....	11
3.2. Almacenamiento de materiales.....	12
3.2.1. Cemento.....	12
3.2.2. Áridos.....	14
3.3. Ensayos de materiales.....	15
3.3.1. Ensayos en agregados pétreos.....	16
3.3.1.1. Análisis Granulométrico en Agregados Finos y Gruesos.....	16

3.3.1.2.	Gravedad específica de un Agregado Fino.....	17
3.3.1.3.	Gravedad específica de un Agregado Grueso.....	18
3.3.1.4.	Masa Unitaria Suelta y Compactada en Agregados para Hormigón.....	20
3.3.2.	Ensayos en cemento hidráulico.....	21
3.3.2.1.	Gravedad Específica del Cemento.....	21
3.3.3.	Ensayos en hormigón.....	22
3.3.3.1.	Determinación del tiempo de fraguado. Método Vicat.....	22
3.3.3.2.	Resistencia del hormigón.....	23
3.3.3.2.1.	Determinación de la Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Hormigón.....	25
3.3.3.2.2.	Determinación de la Resistencia a la Flexión del Hormigón.....	26
3.4.	Elaboración de hormigón en planta.....	27
3.4.1.	Tipos de plantas de hormigón.....	28
3.4.1.1.	Según el tipo de hormigón que se produce.....	28
3.4.1.2.	Según la movilidad de la planta.....	29
3.4.1.3.	Según el sistema de acopio de áridos.....	29
3.4.2.	Elementos de la planta de hormigón.....	30
3.5.	Tendido del hormigón.....	33
3.5.1.	Trabajos Previos.....	33
3.5.1.1.	Preparación de la Subbase.....	33
3.5.1.2.	Construcción de Aceras y Bordillos de Hormigón.....	35
3.5.1.2.1.	Construcción de Aceras de hormigón.....	35
3.5.1.2.2.	Construcción de bordillos de hormigón.....	36
3.5.2.	Colocación de moldes fijos.....	37
3.5.3.	Acero de refuerzo.....	38
3.5.4.	Dosificación, mezclado y fundición.....	39
3.5.5.	Distribución, conformación y apisonado.....	40
3.5.6.	Resistencia al Derrapamiento y Drenaje Superficial.....	43
3.5.7.	Capacidad Estructural.....	43

3.6.	Juntas longitudinales y transversales.....	44
3.7.	Acabado de la losa del pavimento.....	48
3.7.1.	Acabado preliminar.....	48
3.7.2.	Acabado final.....	49
3.8.	Curado de la losa de hormigón.....	50
3.9.	Protección del hormigón fresco.....	52
3.10.	Señalización.....	53
3.10.1.	Marcas de Pinturas.....	54
3.10.2.	Marcas Plásticas Premoldeadas.....	56
3.10.3.	Marcas de Pavimento Sobresalidas (MPS).....	57
3.10.4.	Semáforos y sistemas de iluminación.....	58

CAPITULO III

A.	METODOLOGÍA.....	60
1.	TIPO DE ESTUDIO.....	60
2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	60
3.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	60
4.	PROCEDIMIENTOS.....	62
4.1.	Técnica de Investigación.....	62
4.2.	Instrumento.....	62
4.3.	Proceso.....	62
4.4.	Actividades.....	63
4.5.	Ensayar los materiales pétreos y cemento.....	63
4.6.	Planificación de la logística para la elaboración de probetas.....	63
4.7.	Procesar la información.....	63
5.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	63
5.1.	Obras preliminares.....	64
5.1.1.	Control del tránsito durante la obra.....	64
5.1.2.	Remoción de asfalto y aceras existentes.....	65
5.1.3.	Colector abras sector colegio Riobamba.....	67

5.1.4. Obras de drenaje.....	68
5.1.5. Perfilado y preparación de la subrasante.....	69
5.1.6. Conformación sub base granular.....	70
5.1.6.1. Confección.....	71
5.1.7. Aceras y bordillos.....	73
5.2. Proceso constructivo del pavimento de concreto simple con barras de transferencia de carga (pasajuntas) realizado por la constructora Fopeca en la avenida circunvalación de la ciudad de Riobamba.....	74
5.2.1. Explotación de materiales.....	77
5.2.1.1. Extracción.....	77
5.2.1.2. Cargado y acarreo.....	77
5.2.1.3. Trituración y clasificación.....	78
5.2.2. Almacenamiento de materiales.....	79
5.2.2.1. Cemento.....	79
5.2.2.2. Áridos.....	80
5.2.3. Especificaciones particulares, ensayos de materiales.....	81
5.2.3.1. Ensayos en agregados pétreos.....	81
5.2.3.1.1. Análisis granulométrico en áridos finos y gruesos.....	81
5.2.3.1.2. Gravedad específica en agregados finos y gruesos.....	86
5.2.3.1.2.1. Gravedad específica de un agregado fino.....	86
5.2.3.1.2.2. Gravedad específica de un agregado grueso.....	89
5.2.3.1.2.3. Masa unitaria suelta y compactada en agregados para hormigón.....	93
5.2.3.2. Ensayo de cemento.....	96
5.2.3.2.1. Gravedad específica del cemento.....	96
5.2.4. Dosificación del concreto.....	97
5.2.5. Resistencia del concreto.....	99
5.2.5.1. Ensayos.....	101
5.2.6. Elaboración en planta del hormigón.....	106
5.2.7. Tendido del hormigón.....	108

5.2.7.1.	Longitud de moldes colocados.....	108
5.2.7.2.	Limpieza y aceitado de los moldes.....	108
5.2.7.3.	Colocación de Moldes Fijos.....	108
5.2.7.4.	Colocación de dispositivos de transferencia de carga (pasajuntas)...	108
5.2.7.5.	Vertido del hormigón.....	110
5.2.7.6.	Texturizado.....	112
5.2.8.	Proceso de curado.....	113
5.2.9.	Elaboración de juntas. Los cortes transversales y longitudinales de las losas.....	114
5.2.9.1.	Limpieza y sello de juntas.....	116
5.2.10.	Señalización y puesta en servicio de la vía.....	117
5.3.	APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN OTROS PROYECTOS.....	118
CAPITULO IV		
A.	RESULTADOS.....	126
CAPITULO V		
A.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	127
CAPITULO VI		
A.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129
CAPITULO VII		
A.	APÉNDICES O ANEXOS.....	131
1.	ANEXO FOTOGRÁFICO.....	131
a.	Retiro de carpeta asfáltica e mal estado.....	132
b.	Replanteo topográfico.....	133
c.	Nivelación de la sub base.....	134
d.	Sistema sanitario.....	135
e.	Extracción de material.....	136

f. Planta de procesamiento de áridos.....	136
g. Ensayos de laboratorio.....	138
i. Resistencia del hormigón.....	138
ii. Ensayo de materiales pétreos.....	140
iii. Ensayo de hormigón.....	149
iv. Ensayo de cemento.....	150
h. Planta de hormigón.....	151
i. Fundición de carpeta de hormigón.....	152
2. ANEXO DE CERTIFICADOS DE CALIDAD DEL ACERO DE REFUENZO	157

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Extracción mecánica de material.....	10
Figura 2. Carga y acarreo de material.....	11
Figura 3. Triturado y clasificación del material.....	12
Figura 4. Almacenamiento de material.....	14
Figura 5. Tamices para ensayo de granulometría.....	17
Figura 6. Lavado de la muestra.....	18
Figura 7. Muestra de agregado grueso.....	19
Figura 8. Ensayo de masa unitaria suelta.....	21
Figura 9. Ensayo del cemento.....	22
Figura 10. Ensayo de tiempo de fraguado.....	23
Figura 11. Cilindro de hormigón.....	24
Figura 12. Vigas de hormigón.....	25
Figura 13. Ensayo de resistencia a la compresión.....	26
Figura 14. Ensayo de resistencia a la flexión.....	27
Figura 15. Planta de hormigón.....	32
Figura 16. Tendido de hormigón.....	35
Figura 17. Construcción de aceras.....	36
Figura 18. Construcción de bordillos.....	37
Figura 19. Colocación de moldes fijos.....	38

Figura 20. Colocación de acero.....	39
Figura 21. Fundición de la losa.....	40
Figura 22. Equipo de pavimentación.....	43
Figura 23. Corte de juntas.....	47
Figura 24. Acabado preliminar.....	49
Figura 25. Acabado final.....	50
Figura 26. Curado de losa.....	52
Figura 27. Protección del hormigón.....	53
Figura 28. Marcas de pintura.....	56
Figura 29. Semáforos.....	59
Figura 30. Retiro de carpeta existente.....	66
Figura 31. Retiro de parterre y aceras.....	66
Figura 32. Retiro de vegetación existente.....	67
Figura 33. Topografía de la vía.....	70
Figura 34. Nivelación y compactación de sub-base.....	71
Figura 35. Proceso constructivo de pavimento rígido.....	75
Figura 36. Explotación de materiales pétreos.....	77
Figura 37. Acarreo de materiales pétreos.....	78
Figura 38. Trituración y clasificación de materiales pétreos.....	78
Figura 39. Almacenamiento de los materiales pétreos.....	80

Figura 40. Esquema de un aparato apropiado para ensayos de flexión en el hormigón, por el método de la carga de los tercios de la luz libre NORMA INEN 2554.....	103
Figura 41. Almacenaje y dosificación de materiales.....	107
Figura 42. Camión agitador de concreto.....	107
Figura 43. Peine con dientes metálicos para texturizado transversal manual...	113
Figura 44. Colocación de canastas para pasajuntas.....	109
Figura 45. Curado de pavimento rígido	114
Figura 46. Fisura de corte de juntas	115
Figura 47. Juntas del pavimento rígido.....	116
Figura 48. Sello de juntas de pavimento.....	117
Figura 49. Señalización.....	118
Figura 50. Construcción Vía Lope de Vega. Tesis UEC.....	123
Figura 51. Estado actual vía Lope de Vega.....	125

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de sub-base según granulometría.....	34
Tabla 2. Variables independientes.....	61
Tabla 3. Variables dependientes.....	62
Tabla 4. Tabla de compactación especificaciones técnicas MOP.....	69
Tabla 5. Clases de sub bases - especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes (MOP 001-F-2002).....	71
Tabla 6. Granulometría sub base clase III.....	72
Tabla 7. Tamaño de la muestra para ensayo de árido grueso NORMA INEN 696.....	82
Tabla 8. Requisitos de gradación de árido fino Kg NORMA INEN 872.....	82
Tabla 9. Requisitos de gradación del árido grueso NORMA INEN 872.....	83
Tabla 10. Granulometría agregado grueso.....	84
Tabla 11. Granulometría agregado fino.....	85
Tabla 12. Gravedad específica agregado fino.....	89
Tabla 13. Gravedad específica agregado fino.....	93
Tabla 14. Masa unitaria agregado fino.....	95
Tabla 15. Masa unitaria agregado grueso.....	95
Tabla 16. Gravedad específica del cemento.....	97
Tabla 17. Tiempo de fraguado.....	99
Tabla 16. Diámetro máximo de cara de contacto del bloque de carga esférico INEN 1573.....	101
Tabla 17. Factor de corrección según la relación de longitud al diámetro del espécimen norma INEN 1573.....	102

Tabla 18. Resistencia a la compresión.....	102
Tabla 19. Resistencia a la flexión.....	104
Tabla 20. Gravedad aditivo.....	105

INTRODUCCIÓN

El empleo del hormigón es muy antiguo. En las ciudades de Troya y Micenas se utiliza un hormigón rudimentario de piedras aglomeradas con arcilla.

A partir del siglo I, los romanos comienzan a estudiar las posibilidades nuevas que ofrecía un material que poco a poco se había ido imponiendo; el empleo del hormigón hecho de piedra mezclada con durísimo cemento de arena volcánica (puzolana) y arcilla, permitiendo a la arquitectura romana, superar los límites y las formas que a la arquitectura griega le impuso el uso exclusivo de la piedra.

Durante varios siglos se utiliza el hormigón como material de relleno hasta la aparición del cemento Portland, que es cuando comienza un estudio más detallado del comportamiento de este material y de sus propiedades, como las de aumentar su resistencia con el tiempo, tomar la forma que en cada caso convenga al proyectista etc., siendo en la actualidad, uno de los materiales de mayor utilidad en la construcción.

Posteriormente se asocia el acero al hormigón para mejorar sus propiedades, dando lugar al hormigón armado, material de extraordinaria importancia para la construcción en la actualidad.

Es muy probable el hecho de que vialidades donde se espere solo un tipo de tránsito, con el tiempo sean sometidas a intensos flujos vehiculares de otro tipo, esto puede ser provocado porque industrias, empresas, terminales de autobuses o gasolineras sean reubicadas con otro domicilio en algún momento.

De esta manera, para nuestro caso particular, la Circunvalación de la ciudad de Riobamba es una avenida por la cual circulan vehículos de todo tipo, que pueden pertenecer a las industrias, al sistema de transporte urbano o ser simplemente residentes de las zonas aledañas.

Por lo tanto se tiene que los problemas de los pavimentos urbanos son más agudos y constantes que el caso de una carretera, ya que diversos factores lo ponen en desventaja al prestar su servicio. Algunos factores pueden ser los siguientes:

Los constantes esfuerzos que provocan las acciones de acelerar y frenar en puntos críticos (semáforos, topes, retornos, etc).

Las alteraciones que sufre cuando se avería alguna tubería que conduzca agua dañe la estructura del pavimento.

Las alteraciones que sufre cuando se integra o repara una instalación que interactúe con el pavimento.

Los trabajos de reparación y mantenimiento mal ejecutados por la premura de reanudar la circulación de las avenidas.

La Av. Circunvalación de la ciudad de Riobamba se encontraba en condiciones deplorables debido a los factores antes mencionados, además de que esta ya había cumplido su vida útil, todos estos factores hacen que la reconstrucción de la Av. Circunvalación haya sido una obra indispensable no ahora sino hace tiempo atrás.

El proceso constructivo de la circunvalación está conformado bajo un sistema aplicado por primera vez dentro de nuestra ciudad, por ende, este ha generado muchas dudas dentro de los habitantes sobre todo por la inversión económica que esto requiere.

Existe un desconocimiento generalizado de parte de los habitantes de la ciudad de Riobamba sobre el sistema constructivo en pavimento rígido empleado en la Avenida Circunvalación de la ciudad, por lo cual es necesario realizar una investigación a fondo que permita obtener datos reales que fundamenten la utilización de este sistema tanto en esta vía como en vías con similares características.

El proyecto “INVESTIGACIÓN DEL MÉTODO CONSTRUCTIVO DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA AV. CIRCUNVALACIÓN DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA, RESULTADOS OBTENIDOS Y SU APLICACIÓN EN OTROS PROYECTOS”; pretende realizar un análisis exhaustivo del proceso constructivo de un pavimento rígido desde las características de cada uno de los materiales utilizados, hasta la habilitación de la infraestructura vial permitiendo con esta investigación determinar los resultados positivos y negativos, y cuan factible es su aplicación en otros proyectos.

Esta investigación es de vital importancia social ya que presentará un sustento técnico-teórico que servirá como base en el conocimiento de estos nuevos métodos aplicados en nuestro medio.

CAPITULO I

B. OBJETIVOS DEL PROYECTO

3. *OBJETIVO GENERAL:*

- Investigar el método constructivo aplicado en el pavimento rígido en la Avenida Circunvalación de la ciudad de Riobamba y analizar los resultados que se obtendrán y su aplicación en otros proyectos.

4. *OBJETIVOS ESPECIFICOS:*

- Determinar las características de los materiales utilizados para la fabricación del pavimento rígido en la Avenida Circunvalación mediante ensayos de laboratorio.
- Analizar el proceso constructivo empleado en la construcción del pavimento rígido de la Avenida circunvalación.
- Recolectar datos en campo y tabular los mismos para conocer los resultados reales del proyecto.
- Verificar la factibilidad de aplicación del método empleado en la Avenida circunvalación en proyectos de semejantes características.

CAPITULO II

B. FUNDAMENTACION TEORICA.

4. PAVIMENTO RÍGIDO.

La superficie de rodamiento de un pavimento rígido es proporcionada por losas de concreto hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes, que trabajan en conjunto con la que recibe directamente las cargas. Por su mayor rigidez distribuyen las cargas verticales sobre un área grande y con presiones muy reducidas. Salvo en bordes de losas y juntas sin pasajuntas, las deflexiones o deformaciones elásticas son casi inapreciables.

Este tipo de pavimento no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores sin que se presente la falla estructural. Este punto de vista es el que influye en los sistemas de cálculo de pavimentos rígidos, sistemas que combinan el espesor y la resistencia del concreto de las losas, para una carga y suelos dados.

Aunque en teoría las losas de concreto hidráulico pueden colocarse en forma directa sobre la subrasante, es necesario construir una capa de subbase para evitar que los finos sean bombeados hacia la superficie de rodamiento al pasar los vehículos, lo cual puede provocar fallas de esquina o de orilla en la losa. La sección transversal de un pavimento rígido está constituida por la losa de concreto hidráulico y la subbase, que se construye sobre la capa subrasante.

5. TIPOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

Existen 6 tipos de pavimentos rígidos:

1. Los pavimentos de concreto simple se construyen sin acero de refuerzo y sin barras (pasajuntas) de transferencia de carga en las juntas. Dicha transferencia se logra a través de la trabazón entre los agregados de las dos caras

agrietadas de las losas contiguas, formadas por el aserrado o corte de la junta. Para que la transferencia de carga sea efectiva, es preciso tener losas cortas. Este tipo de pavimento se recomienda generalmente para casos en que el volumen de tránsito es de tipo mediano o bajo (menos de 120 vehículos de carga por día).

2. Los pavimentos de concreto simple con barras de transferencia de carga (pasajuntas), se construyen sin acero de refuerzo; sin embargo en ellos se disponen barras lisas en cada junta de contracción, las cuales actúan como dispositivos de transferencia de carga, requiriéndose también que las losas sean cortas para controlar el agrietamiento.

3. Los pavimentos reforzados contienen acero de refuerzo y pasajuntas en las juntas de contracción. Estos pavimentos se construyen con separaciones entre juntas superiores a las utilizadas en pavimentos convencionales. Debido a ello es posible que entre las juntas se produzcan una o más fisuras transversales, las cuales se mantienen prácticamente cerradas a causa del acero de refuerzo, lográndose una excelente transferencia de cargas a través de ellas.

4. Los pavimentos con refuerzo continuo, por su parte, se construyen sin juntas de contracción. Debido a su continuo contenido de acero en dirección longitudinal, estos pavimentos desarrollan fisuras transversales a intervalos muy cortos. Sin embargo, por la presencia del refuerzo, se desarrolla un alto grado de transferencia de carga en las caras de las fisuras.

Normalmente, un espaciamiento entre juntas que no exceda los 4.50 m tienen un buen comportamiento en pavimentos de concreto simple; así como uno no mayor a 6.00 m en pavimentos con pasajuntas, ni superior a los 12.00 m en pavimentos reforzados. Espaciamientos mayores a estos, han sido empleados con alguna frecuencia, pero han generado deterioros, tanto en las juntas, como en las fisuras transversales intermedias.

5. Los pavimentos de concreto presforzado, como su nombre lo indica, están contruidos a base de losas que han sido previamente esforzadas y de esta manera no contienen juntas de construcción. Se han ensayado varios sistemas de presfuerzo y postensado con el fin de llegar a soluciones de pavimentos de espesor reducido, gran elasticidad y capacidad de soporte, y reducción de juntas. Gracias al sistema de presfuerzo se han podido construir losas de más de 120.00 m de longitud, con una reducción de un 50% del espesor de la losa. Sin embargo, pese a los esfuerzos realizados para desarrollar esta técnica, en carreteras se han presentados más dificultades que ventajas. Ha tenido en cambio más aplicación en aeropuertos en los cuales ha habido casos de un comportamiento excelente, tanto en pistas como en plataformas.

6. Los pavimentos de concreto fibroso, en este tipo de losas, el armado consiste en fibras de acero, de productos plásticos o de fibra de vidrio, distribuidos aleatoriamente, gracias a lo cual se obtienen ventajas tales como el aumento de resistencia a la tensión y a la fatiga, fisuración controlada, resistencia al impacto, durabilidad, etc. Con una dosificación de unos 40 kg/m³ de concreto, es posible reducir el espesor de las losas en 30% y aumentar el espaciamiento entre juntas por lo que puede resultar atractivo su uso en ciertos casos a pesar de su costo.

En este proyecto de rehabilitación de la Av. circunvalación el tipo de pavimento rígido utilizado es el concreto simple con barras de transferencia de carga o pasa juntas.

6. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO SIMPLE CON BARRAS DE TRANSFERENCIA SEGÚN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MOP - 001-F 2002.

Consiste en la adquisición, almacenamiento y control de calidad del material, elaboración, transporte, dosificación, colocación y vibrado de una mezcla de concreto hidráulico en forma de losas, como capa de rodadura de la estructura de un pavimento rígido con refuerzo; la ejecución y el sellado de juntas;

el acabado; el curado y las demás actividades necesarias para la correcta construcción del pavimento de concreto hidráulico, de acuerdo con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos del proyecto.

El procedimiento constructivo empieza con la superficie sobre la que se colocó el concreto fresco la cual se encontraba perfectamente limpia, ligeramente humedecida y libre de sustancias ajenas al concreto, terminada dentro de los niveles y tolerancias que más adelante se indican.

Para que sea autorizado el vertido del hormigón de las losas de concreto para el pavimento, se deben cumplir los requisitos solicitados de la capa de soporte (subbase), como son: grado de compactación, pendientes: transversal y longitudinal, localización de instalaciones superficiales y subterráneas, etc.

3.1. Explotación de materiales.

Para la construcción de pavimentos rígidos es un punto muy importante la adquisición de los materiales a utilizar.

La palabra agregados se refiere a cualquier combinación de arena, grava o roca triturada en su estado natural o procesado. Son minerales comunes, resultado de las fuerzas geológicas erosivas del agua y del viento. Son generalmente encontrados en ríos y valles, donde han sido depositados por las corrientes de agua.

La producción de agregados a partir de canteras requiere previamente la realización de un proyecto de explotación de la misma. Se procederá a detallar la cadena de los agregados pétreos, la que en términos generales cuenta con eslabones básicos comunes.



6.1.1. Extracción

Antes de iniciar cualquier proyecto de extracción, además del cumplimiento de la normativa legal, laboral, salud y de seguridad social, es necesario realizar el Estudio de Impacto Ambiental ante las autoridades en materia de ecología y medio ambiente, la cual debe incluir las acciones de restauración, recuperación, sostenimiento y mantenimiento de las medidas ambientales que amortigüen el impacto de las actividades mineras.

Existen varios métodos de extracción de áridos, dependiendo de la naturaleza del material a extraer, o sea el tamaño de grano (grueso o fino), grado de dureza de las rocas, cantidad de humedad o agua que contenga el banco o lecho del río, y fundamentalmente de los productos que se desee obtener. Estas labores pueden ser mecanizadas o manuales.

6.1.1.1. Extracción mecanizada.

6.1.1.1.1. Extracción con Pala Mecánica y Retroexcavadora

La explotación y aprovechamiento de áridos se realiza con la ayuda de maquinaria, consiste en utilizar palas frontales, bulldozers y retroexcavadoras, a través de la excavación de fosas paralelas al eje del río, donde además se depositan nuevos sedimentos de áridos en forma cíclica. Este tipo es el más empleado internacionalmente, se caracteriza por sus elevados rendimientos volumétricos por unidad de tiempo. Este procedimiento va combinado ya sea con carguío directo a la planta de procesamiento, o mediante transporte del material extraído en volquetas hasta la planta de procesamiento.

En la evaluación de la situación actual, la disponibilidad de información y experiencias recogidas sobre los métodos de explotación de áridos, utilizados universalmente para producir arena, grava y piedra como materiales de construcción, a partir de material sedimentado en los cauces de los ríos.

6.1.1.2. Extracción manual

El procedimiento de extracción manual consiste en uso directo de herramientas de mano y esfuerzo humano, generalmente se utilizan herramientas convencionales como palas, picotas y barrenos.

Este método artesanal es utilizado en operaciones de pequeña escala, mediante explotación muy localizada, donde sólo se aprovecha pequeños bancos de material clasificado y lavado, que son formados en forma natural por los procesos de arrastre mecánico y clasificación por gravedad y fuerzas hidráulicas que tienen lugar en los cauces de río en periodos de lluvia. Esta alternativa de operación implica normalmente el cargado directo del material extraído a cedazos o zarandas fijas instaladas en el suelo.



Figura 1. Extracción mecánica de material.

Fuente. México Coordinación general de minería.

6.1.2. Cargado y acarreo

Una vez que el material pétreo es extraído del banco, éste se embarca en camiones de volteo e inicia la segunda etapa, que es el acarreo de material “en greña” (sin procesar), el cual puede dirigirse hacia dos puntos:

1. Venta directa en greña o a granel a través de los encargados de mina hacia los propietarios de camiones materialistas o casas distribuidoras, es muy raro que la venta se haga a empresas constructoras o mayoristas debido a que éstas requieren comprobantes fiscales con desglose de impuestos.

2. Envío a planta de trituración y clasificación, que añade valor agregado mediante la venta de gravas de diferentes medidas y se acerca al consumidor mediante el fácil acceso al punto de acopio, lo cual se hace en tolvas o en montones.



Figura 2. Carga y acarreo de material.

Fuente. México Coordinación general de minería.

6.1.3. Trituración y clasificación

Consiste en hacer pasar la carga proveniente de la mina, a través de una quebradora primaria y la descarga pasa por serie de mallas o cribas de diferentes aberturas, distribuidas de tal manera que su descarga cae en diferentes puntos. En la práctica, es común que se utilice el método de cribado estático mediante diferentes camas, aunque existen equipos de clasificación dinámicos, mediante el uso de cribas vibratorias y bandas transportadoras. Los fragmentos con sobredimensión o que no pasan por una medida de la criba, pasan por un segundo equipo de trituración o quebradora y se regresan al circuito de entrada.



Figura 3. Triturado y clasificación del material.

Fuente. México Coordinación general de minería.

3.2. Almacenamiento de materiales.

El almacenamiento en general de cada uno de los materiales a utilizar, se debe tener en cuenta a la hora de acometer proyectos como estos. Por esto, tanto en las obras, como en las plantas productoras del hormigón se deben seguir especificaciones que están regidas tanto por normas nacionales como internacionales.

En el proyecto se cumplió con las siguientes recomendaciones para el almacenaje de áridos y cemento en obra, para evitar pérdida en las propiedades o características de estos materiales en la fabricación del hormigón.

3.10.5. Cemento

Determinar la superficie mínima de bodega necesaria a construir en obra para almacenar los sacos de cemento. El diseño de las bodegas se realiza durante etapas previas a la construcción considerando:

- Superficies disponibles en la obra para la materialización de la bodega.
- Cronograma de la obra de acuerdo a consumos promedios esperados de cemento de acuerdo a volúmenes de hormigón a confeccionar.
- Medios de aprovisionamiento del cemento.
- Stock mínimo con el cual se debe contar en la bodega.
- Ubicación de los equipos de mezclado de hormigón.

Considerar la cantidad de cemento necesario para la fabricación de hormigón proyectado cada 15 o 20 días, de manera de evitar un tiempo prolongado de almacenaje del cemento.

En caso de tener que almacenar el cemento por más tiempo del considerado, que éste no supere más de 45 días en bodega o lo dispuesto por la empresa proveedora del cemento.

Si se necesita almacenar el cemento por un periodo largo de tiempo, debe almacenarse en un lugar seco para evitar que este sufra meteorización, para esto, las bodegas donde se almacenen los sacos de cemento deben contar con buena ventilación evitando la humedad directa.

Las bodegas deben tener el piso separado del terreno natural de manera de evitar el traspaso de humedad.

Los sacos de cemento deberán apilarse dejando una distancia entre éstos y las paredes de la bodega y no apilar más de 10 sacos de altura para evitar la compactación del cemento.

Llevar un control riguroso del cemento que se tenga en bodega y almacenarlo de manera que se facilite su uso respecto al tiempo que lleva en obra (orden cronológico de recepción) de manera de evitar el envejecimiento de alguna partida rezagada.

Durante la recepción del cemento en obra, controlar el adecuado estado de los sacos, rechazando cualquier saco que presente algún tipo de deterioro que pueda perjudicar sus propiedades.

De existir largas estadías de almacenamiento, se recomienda ir rotando la posición de los sacos, aprovechando de darles golpes de manera de soltar el cemento que se

aprieta durante el almacenado. Además, se recomienda cubrir los sacos con láminas de polietileno (plástico) que los cubra a cabalidad.

3.10.6. Áridos

Determinar las superficies mínimas que se requieren en obra para el almacenamiento de los áridos en obra, considerando el origen de los áridos (rodados o chancados) y la granulometría de éstos.

En lo posible, considerar que la zona en donde se emplace el almacenamiento de los áridos deberá estar alejada de zonas de circulación de vehículos que puedan contaminar los áridos con el polvo que se levanta debido a la circulación.

De existir tráfico de vehículos cerca de la zona de acopio de los áridos, cubrirlos con alguna malla que impida la acumulación de partículas de polvo en los áridos.

Mantener húmedo el terreno colindante al acopio de áridos de manera de evitar polución que pueda contaminar los áridos.

Controlar las variaciones de humedad de los áridos durante la confección de hormigones.

Evitar la mezcla de los áridos, tanto en origen como en granulometría

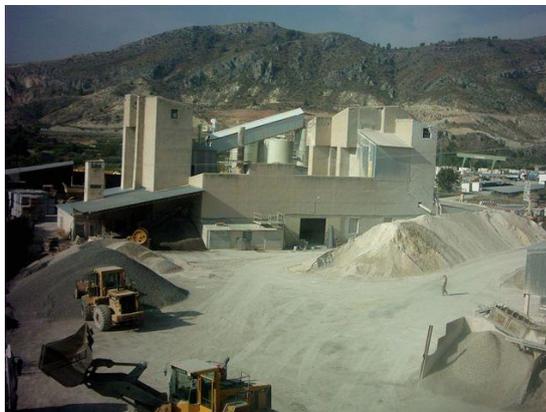


Figura 4. Almacenamiento de material.

Fuente. México Coordinación general de minería.

3.11. Ensayos de materiales

Se denomina ensayo de materiales a toda prueba cuyo fin es determinar las propiedades mecánicas de un material.

Los ensayos de materiales pueden ser de dos tipos, ensayos destructivos y ensayos no destructivos. Estos últimos permiten realizar la inspección sin perjudicar el posterior empleo del producto, por lo que permiten inspeccionar la totalidad de la producción si fuera necesario.

a. Ensayos no destructivos

Entre los ensayos no destructivos se encuentran los siguientes:

- Ensayo de durezas (en algunos casos no se considera como ensayo no destructivo, especialmente cuando puede comprometer la resistencia de la pieza a cargas estáticas o a fatiga).
- Inspección visual, microscopía y análisis de acabado superficial.
- Ensayos por líquidos penetrantes.
- Inspección por partículas magnéticas
- Ensayos radiológicos
- Ensayo por ultrasonidos
- Ensayos por corrientes inducidas
- Ensayos de fugas: detección acústica, detectores específicos de gases, cromatógrafos, detección de flujo, espectrometría de masas, manómetros, ensayos de burbujas, etc.

b. Ensayos destructivos

Son pruebas que se les hacen a algunos materiales como el acero y hormigón por ejemplo. Algunas de ellas son ensayo de tensión, flexión, compresión, etc. Se les llama destructivos porque deforman al material.

3.11.1. Ensayos en agregados pétreos.

3.11.1.1. Análisis Granulométrico en Agregados Finos y Gruesos.

Este ensayo se realiza en base a la norma INEN 696 la cual establece el método de ensayo para determinar la distribución granulométrica de las partículas de áridos, fino y grueso, por tamizado.

Este método de ensayo se utiliza principalmente para determinar la graduación de materiales con el propósito de utilizarlos como áridos para hormigón o utilizarlos como áridos para otros propósitos.

Los resultados se utilizan para determinar el cumplimiento de la distribución granulométrica de las partículas con los requisitos de las especificaciones aplicables y proporcionar la información necesaria para el control de la producción de diversos productos de áridos y mezclas que contengan áridos. La información también puede ser útil en el desarrollo de relaciones para estimar la porosidad y el arreglo de las partículas.

A través de este método las partículas componentes de una muestra en condiciones secas y de masa conocida son separadas por tamaño a través de una serie de tamices de aberturas ordenadas en forma descendente. Las masas de las partículas mayores a las aberturas de la serie de tamices utilizados, expresado en porcentaje de la masa total, permite determinar la distribución del tamaño de partículas.



Figura 5. Tamices para ensayo de granulometría.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.11.1.2. Gravedad específica de un Agregado Fino

Este Ensayo se realiza basado en la norma INEN 856, esta norma establece el método de ensayo para determinar: la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido fino.

Este método de ensayo se aplica para la determinación de la densidad promedio en una muestra de árido fino (sin incluir el volumen de vacíos entre partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido. Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad es expresada como: seca al horno (SH), saturada superficialmente seca (SSS) o como densidad aparente. De la misma manera, la densidad relativa (gravedad específica), una cantidad adimensional, es expresada como SH, SSS o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad SH y la densidad relativa SH se determinan luego de secar el árido. La densidad SSS, densidad relativa SSS y la absorción se determinan luego de saturar el árido en agua por un periodo definido.

Este método de ensayo es utilizado para determinar la densidad de la porción sólida de un número grande de partículas de árido y proporcionar un valor promedio, que representa la muestra. La diferencia entre la densidad de las partículas del árido, determinadas por éste método, y la masa unitaria (peso volumétrico) de los áridos, determinada de acuerdo al procedimiento de la NTE

INEN 858, radica en que éste último método incluye el volumen de los vacíos entre las partículas del árido.

En este método se sumerge en agua por $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$, una muestra de árido previamente secada, hasta conseguir una masa constante, con el propósito de llenar con agua sus poros. Se retira la muestra del agua, se seca el agua superficial de las partículas y se determina su masa. Luego, se coloca la muestra (o parte de esta) en un recipiente graduado y se determina el volumen de la muestra por el método gravimétrico o volumétrico; finalmente, la muestra se seca al horno y se determina nuevamente su masa. Utilizando los valores de masa obtenidos y mediante las fórmulas de este método de ensayo, es posible calcular la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción.



Figura 6. Lavado de la muestra.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.11.1.3. Gravedad específica de un Agregado Grueso

Este Ensayo se realiza basado en la norma INEN 857, esta norma establece el método de ensayo para determinar: la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido grueso.

Este método de ensayo se aplica para la determinación de la densidad promedio en una muestra de árido grueso (sin incluir el volumen de vacíos entre partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido. Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad es expresada como: seca al horno (SH),

saturada superficialmente seca (SSS) o como densidad aparente. De la misma manera, la densidad relativa (gravedad específica), una cantidad adimensional, es expresada como SH, SSS o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad SH y la densidad relativa SH se determinan luego de secar el árido. La densidad SSS, densidad relativa SSS y la absorción se determinan luego de saturar el árido en agua por un periodo definido.

Este método de ensayo es utilizado para determinar la densidad de la porción sólida de un número grande de partículas de árido y proporcionar un valor promedio, que representa la muestra. La diferencia entre la densidad de las partículas del árido, determinadas por éste método, y la masa unitaria (peso volumétrico) de los áridos, determinada de acuerdo al procedimiento de la NTE INEN 858, radica en que éste último método incluye el volumen de los vacíos entre las partículas del árido.

En este método se sumerge en agua por $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$, una muestra de árido previamente secada, hasta conseguir masa constante, con el propósito de llenar con agua sus poros. Se retira la muestra del agua, se seca el agua superficial de las partículas y se determina su masa. Luego, se determina el volumen de la muestra por el método del desplazamiento de agua; finalmente, la muestra se seca al horno y se determina su masa. Utilizando los valores de masa obtenidos y mediante las fórmulas de este método de ensayo, es posible calcular la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción.



Figura 7. Muestra de agregado grueso.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.11.1.4. Masa Unitaria Suelta y Compactada en Agregados para Hormigón

Este Ensayo se realiza basado en la norma INEN 858 esta norma establece el método de ensayo para determinar la masa unitaria (peso volumétrico) del árido, en condición compactada o suelta y calcular los vacíos entre las partículas en los áridos: fino, grueso o en una mezcla de ellos, basándose en la misma determinación.

Este método de ensayo es aplicable a los áridos que no exceden de un tamaño máximo nominal de 125 mm.

Este método es frecuentemente utilizado para determinar los valores de masa unitaria (peso volumétrico), que son necesarios, en varios métodos, para la selección de las dosificaciones para las mezclas de hormigón.

El valor de la masa unitaria (peso volumétrico) también puede ser utilizada para la determinación de la relación masa / volumen, para las conversiones en la compra de áridos. Sin embargo, con este método de ensayo no se puede determinar la relación entre el grado de compactación de los áridos en una unidad de transporte o en el almacenamiento. Con este método de ensayo se determina la masa unitaria en condición seca, en cambio los áridos en las unidades de transporte y en el almacenamiento suelen contener humedad absorbida y superficial (esta última afecta su volumen).

Se incluye un procedimiento para el cálculo del porcentaje de vacíos entre las partículas del árido, basado en la masa unitaria (peso volumétrico) determinada por este método de ensayo.

En este método se coloca el árido en un molde con una capacidad adecuada, se lo compacta mediante alguno de los tres procedimientos señalados en este método de ensayo, se calcula la masa unitaria (peso volumétrico) del árido y el contenido de vacíos mediante las fórmulas indicadas en esta norma.



Figura 8. Ensayo de masa unitaria suelta.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.11.2. Ensayos en cemento hidráulico.

3.11.2.1. Gravedad Específica del Cemento.

Este ensayo se realiza en base a la Norma INEN 156, esta norma establece el método de ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico, mediante el método del frasco volumétrico de Le Chatelier.

Este método se relaciona con el diseño y control de mezclas de hormigón. Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

La determinación de la densidad de cemento hidráulico consiste en establecer la relación entre una masa de cemento y el volumen del líquido no reactivo que esta masa desplaza en el frasco de Le Chatelier.



Figura 9. Ensayo del cemento.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.11.3. Ensayos en hormigón.

3.11.3.1. Determinación del tiempo de fraguado. Método Vicat

Este ensayo se realiza en base a la Norma INEN 158, esta norma establece el método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado del cemento hidráulico por medio de la aguja de Vicat. Se presentan dos métodos de prueba; Método A es el método de ensayo de referencia usando el aparato de Vicat normalizado, operado manualmente, mientras que el método B, permite el uso de una máquina automática de Vicat, que tiene que demostrar características aceptables, de acuerdo con los requisitos de calificación de este método.

Este método de ensayo proporciona un medio para determinar el cumplimiento con un límite especificado para tiempo de fraguado Vicat (ver nota 1). Consultar la norma apropiada del cemento y verificar si este método es utilizado para cumplimiento con esa norma.

El tiempo de fraguado medido por este método no necesariamente proporciona los mismos resultados que el tiempo de fraguado de la pasta de cemento hidráulico medido por otros métodos, o el tiempo de fraguado del mortero u hormigón.

Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta

norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

La determinación de los tiempos de fraguado Vicat se realiza en pastas de cemento hidráulico de consistencia normal, preparadas de acuerdo a la NTE INEN 157 las que se mantienen en un cuarto de curado donde inicia el proceso de fraguado. Se realizan penetraciones periódicas en la pasta utilizando la aguja de Vicat de 1 mm de diámetro. El tiempo de fraguado inicial Vicat, es el tiempo transcurrido entre el contacto inicial del cemento con el agua y el instante en el cual la penetración medida o calculada es de 25 mm. El tiempo de fraguado final Vicat, es el tiempo transcurrido entre el contacto inicial del cemento con el agua y el instante en el cual la aguja no deja una impresión circular completa en la superficie de la pasta.



Figura 10. Ensayo de tiempo de fraguado.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.11.3.2. Resistencia del hormigón.

Para la determinación de la resistencia del Hormigón se debe realizar el ensayo con probetas cilíndricas y vigas de hormigón, para la elaboración de estas probetas se debe regir a la norma INEN 1576 en la cual se establecen las medidas normalizadas para cada una de estas probetas las cuales se detallan a continuación.

a. Cilindros

Los especímenes para resistencia a compresión o a tracción diametral deben ser cilindros y el hormigón debe fraguar en posición vertical. El número y tamaño de los cilindros moldeados deben ser los indicados en las especificaciones de la obra. Adicionalmente, la longitud debe ser el doble del diámetro y el diámetro del cilindro debe ser por lo menos 3 veces el tamaño máximo nominal del árido grueso. Cuando el tamaño máximo nominal del árido grueso supera los 50 mm, la muestra de hormigón debe ser tratada por tamizado húmedo a través del tamiz de 50 mm. Para ensayos de aceptación de la resistencia a compresión especificada, los cilindros deben ser de 150 mm x 300 mm.



Figura 11. Cilindro de hormigón.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

b. Vigas

Los especímenes para resistencia a flexión deben ser vigas y el hormigón debe ser moldeado y fraguar en posición horizontal. El número de vigas moldeadas debe ser el indicado en las especificaciones de la obra. La longitud debe ser por lo menos 50 mm mayor que tres veces la altura, respecto de cómo va a ser ensayada. La relación entre ancho y altura, respecto de cómo se moldea, no debe exceder de 1,5. La viga normalizada debe tener una sección transversal de 150 mm x 150 mm y debe ser utilizada para hormigón con árido grueso de hasta 50 mm de tamaño máximo nominal. Cuando el tamaño máximo nominal del árido grueso excede de 50 mm, la dimensión más pequeña de la sección transversal de la viga debe ser al menos tres veces el tamaño máximo nominal del árido grueso.

A menos que las especificaciones del proyecto lo requieran, las vigas elaboradas en campo no deben tener el ancho o la altura menor que 150 mm.



Figura 12. Vigas de hormigón.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.11.3.2.1. Determinación de la Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Hormigón.

Este Ensayo se realiza basado en la Norma INEN 1573, esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.

Este método de ensayo se aplica a especímenes cilíndricos tales como cilindros moldeados y núcleos perforados de hormigón de cemento hidráulico, que tengan una densidad mayor que 800 kg/m^3 . Los resultados de este método de ensayo se utilizan como base para: control de calidad de la dosificación del hormigón, operaciones de mezclado y colocación; determinación del cumplimiento con las especificaciones, control para evaluación de la efectividad de aditivos y usos similares.

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos de hormigón de cemento hidráulico a una velocidad que se encuentra dentro de un rango definido hasta que ocurra la falla del espécimen. La resistencia a la compresión de un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo para el área de la sección transversal del espécimen.



Figura 13. Ensayo de resistencia a la compresión.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.11.3.2.2. Determinación de la Resistencia a la Flexión del Hormigón.

Este ensayo se realiza basado en la Norma INEN 2554, esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón mediante el uso de una viga simple apoyada en los extremos y cargada en los tercios de la luz libre.

Este método de ensayo se utiliza para determinar la resistencia a la flexión de especímenes de hormigón. Los resultados se calculan y reportan como el módulo de rotura. La resistencia determinada puede variar si existen diferencias en: el tamaño del espécimen, preparación, condiciones de humedad, curado o el lugar donde la viga ha sido moldeada o cortada al tamaño apropiado.

Los resultados de este método de ensayo pueden ser utilizados para determinar el cumplimiento con las especificaciones o como base para la dosificación, mezcla y en las operaciones de colocación. Este ensayo se utiliza en las pruebas del hormigón para la construcción de losas y pavimentos.

Este método consiste en una viga de hormigón simple apoyada libremente en los extremos que es cargada en los tercios de la luz libre hasta que ocurra la rotura del espécimen. La carga aplicada es continua, sin impacto a una velocidad constante.

La resistencia a la flexión se determina por medio del módulo de rotura según las expresiones que se indican en esta norma.

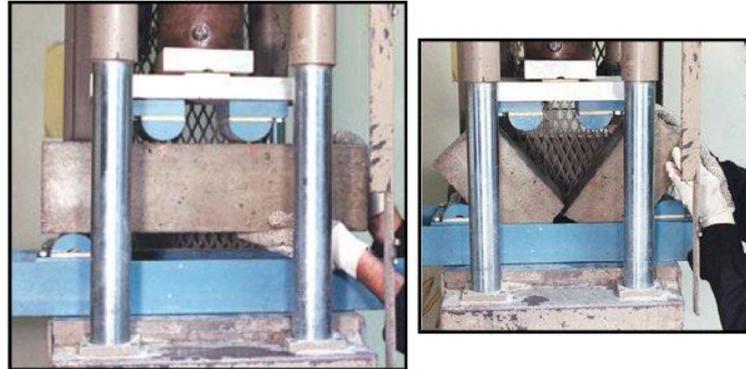


Figura 14. Ensayo de resistencia a la flexión.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.12. Elaboración de hormigón en planta.

El concreto es uno de los materiales de construcción más versátil y popular utilizado en la construcción de puentes, represas, canales, muelles, y edificios, sin mencionar aceras, calles y carreteras. Los materiales usados para hacer concreto (agua, arena, grava, y cemento) son relativamente baratos, y fáciles de obtener. Las proporciones correctas de estos materiales necesarios para producir concreto de buena textura y resistencia no son, sin embargo, obtenidos fácilmente debido a que este varía considerablemente de acuerdo al tipo de estructura. En consecuencia, las computadoras se han convertido en equipos estándares en estas plantas modernas de concreto. Estas computadoras no sólo proporcionan cálculos exactos, indicando la cantidad exacta de cada componente, sino que también controlan la maquinaria automática que hace la mezcla asegurando una alta calidad y consistencia del producto.

La República de China ha estado envuelta en el desarrollo de las maquinarias y equipos utilizados en las plantas de concreto pre-mezclado por más de 20 años. Taiwán ha obtenido reconocimiento internacional por su habilidad en la planeación, diseño, manufactura e instalación de estas plantas de concreto, portátiles y estacionarias, en otros países.

Aparte de proveer la maquinaria y equipo, estas compañías proporcionan al inversionista de cualquier tipo de asistencia, técnicas u otras ayudas que puedan necesitar.

Por lo tanto, el establecimiento de esta planta de concreto pre-mezclado en cualquier país del mundo donde el concreto es utilizado como material de construcción proporcionará una buena inversión.

Planta de hormigón es una instalación utilizada para la fabricación del hormigón a partir de la materia prima que lo compone: árido, cemento y agua (también puede incluir otros componentes como filler, fibras de refuerzo o aditivos). Estos componentes que previamente se encuentran almacenados en la planta de hormigón, son dosificados en las proporciones adecuadas, para ser mezclados en el caso de centrales amasadoras o directamente descargados a un camión hormigonera en el caso de las centrales dosificadoras.

3.12.1. Tipos de plantas de hormigón

La planta de hormigón se puede clasificar desde varios puntos de vista:

3.12.1.1. Según el tipo de hormigón que se produce.

Plantas de mezclado: para la producción de hormigón amasado. Incluyen una amasadora, que es la encargada de homogeneizar la mezcla de hormigón.

Plantas de dosificado: para la producción de hormigón dosificado, a veces llamado hormigón seco. La principal característica de estas plantas, es que carecen de amasadora. La mezcla de componentes dosificados, se vierte en un camión hormigonera que es el encargado de homogeneizar la mezcla.

Plantas de grava cemento: para la producción de una mezcla semi-seca de grava con cemento. Normalmente este tipo plantas realizan la dosificación y pesaje de los componentes en modo continuo.

Plantas combinadas: para la producción de hormigón amasado y dosificado en una misma planta, mediante la utilización de un sistema de by-passes, que hacen que el hormigón pase por la amasadora o directamente se descargue en el camión hormigonera.

3.12.1.2. Según la movilidad de la planta

Plantas fijas: son las instalaciones destinadas a un centro productivo con una localización fija. La estructura de la planta se diseña e instala de con la idea de no ser trasladada a lo largo de la vida útil de la instalación.

Plantas móviles: son las instalaciones destinadas a trabajar en una obra o proyecto concreto. Tras la finalización del mismo, la planta es desmontada, trasladada y ensamblada en otro lugar de trabajo. La estructura de la planta, suele incorporar un tren de rodadura, de manera que se necesita solamente una cabeza tractora para realizar el transporte de las principales partes de la planta.

Plantas modulares: aquellas instalaciones destinadas a trabajar en varias localizaciones diferentes a lo largo de su vida útil, al igual que las plantas móviles. En este caso, la planta no se fabrica con sistema de rodadura, sino que se diseña en diferentes módulos estructurales, fácilmente transportables mediante medios estandarizados (plataformas, contenedores, flat-racks...) El montaje de los diferentes módulos es rápido, ya que todos los elementos de la instalación están previamente preinstalados dentro de cada módulo.

3.12.1.3. Según el sistema de acopio de áridos

Según el lugar donde se almacenan los áridos que serán utilizados en el proceso de fabricación, tenemos dos tipos de plantas:

Plantas verticales. En este tipo de plantas, el acopio de áridos se realiza en la parte superior de la planta, de manera que debe hacerse una elevación de los mismos previa al almacenamiento. La ventaja de este sistema es que los áridos se encuentran justo por encima del nivel de amasado/dosificado, de manera que la descarga de los mismos en el momento justo en que se demandan es muy rápida, obteniendo de esta manera grandes producciones y buenos rendimientos sobre la capacidad máxima teórica de la amasadora (en el caso de producción de hormigón amasado)

Plantas horizontales. Mediante este otro tipo de planta, el acopio de áridos se realiza a nivel del suelo, y no sobre el nivel de amasado/dosificado de la planta. En el momento en que se demanda el árido para la producción de hormigón, éste se dosifica y eleva hasta la planta de hormigón. La ventaja de este sistema, es que el conjunto estructural de la central resulta más sencillo, al no tener que acopiar una gran cantidad de árido sobre la estructura de la planta. Existen medios para aumentar la producción y el rendimiento mediante este sistema, como puede ser el utilizar transportadores para el árido de mayor capacidad, o la incorporación de tolvas de espera sobre el nivel de amasado, que hacen un pre-stock de árido ya dosificado y pesado, con la cantidad justa que se va a utilizar en el ciclo de amasado.

3.12.2. Elementos de la planta de hormigón

a. Batería de tolvas. Se trata de conjunto de recipientes de gran capacidad (desde 10 hasta 200 m³) en los que se almacena el árido que será utilizado en el proceso de fabricación. El número de recipientes será igual al número de áridos diferentes que se utilicen en la planta (normalmente entre 3 y 8).

b. Sistema de pesaje de áridos. Para la correcta dosificación del árido en la central de hormigón, es necesario un sistema que pese la cantidad programada.

Lo más común es utilizar un sistema de cinta pesadora que pesa los diferentes tipos de árido por adición dentro de un mismo ciclo de pesaje, o un sistema de tolvas pesadoras independientes que pesan por separado cada tipo de árido. El

elemento medidor más utilizado es la célula de carga, que va incorporado a cualquiera de los dos sistemas anteriormente mencionados.

c. Sistema de elevación y transporte de áridos. Para elevar y transportar los áridos bien sea antes del acopio, o después del mismo, se utilizan diferentes soluciones. Las más habituales son las cintas transportadoras, que es el sistema más fiable y con menor mantenimiento. Otra alternativa son los elevadores de cangilones, que ofrecen menos durabilidad, mayor mantenimiento, menor capacidad, aunque por contra presentan la ventaja de ocupar menor espacio en planta. Una tercera alternativa es la elevación por skip, que transporta el árido mediante ciclos de carga, y presenta una alternativa intermedia en lo referente a ocupación de espacio entre la cinta y el elevador de cangilones.

d. Silos de cemento. Es el elemento de almacenamiento del cemento y del filler. Sus capacidades van desde los 30 a los 1.000 m³.

Incorporan sistemas de filtrado de cemento, válvulas de seguridad de sobrepresión, sistemas de niveles de cemento y sistemas fluidificadores, para evitar la aparición de bóvedas en la masa de cemento almacenado. La extracción del cemento, se realiza mediante alimentadores alveolares o directamente por gravedad.

e. Transportadores de cemento. El método más utilizado es el transportador de tornillo sinfín.

f. Sistema de pesaje de cemento. Se utiliza báscula o tolva pesadora con células de carga incorporadas.

g. Sistema de pesaje de agua. Se utiliza báscula o tolva pesadora con células de carga incorporadas. Como alternativa más económica puede utilizarse un contador de agua, que realiza una medición volumétrica.

h. Amasadora. Utilizada en las plantas de hormigón amasado. Dependiendo del tipo de hormigón a producir, de la viscosidad del mismo, del nivel de homogeneización deseado, del tamaño de los áridos, se utilizará un tipo u otro de amasadora de las disponibles en el mercado. Los principales tipos de amasadoras son: de doble eje horizontal, de eje vertical, planetario, de tambor y continuo.

i. Sistema de control. Las plantas de hormigón son instalaciones completamente automatizadas, con sistemas integrados de control de peso y producciones. El gobierno de los elementos de la planta se realiza mediante sistemas PLC o mediante microprocesadores.

j. Existen otros elementos más o menos utilizados en la plantas de hormigón, como pueden ser los sistemas de dosificación de aditivos, sistema de dosificación de fibras, sistemas neumáticos de carga de cemento, etc. Su incorporación o no dependerá de cada planta y del tipo de hormigón a fabricar.



Figura 15. Planta de hormigón.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.13. Tendido del hormigón.

3.13.1. Trabajos Previos

3.13.1.1. Preparación de la Subbase

Este trabajo consistirá en la construcción de capas de sub-base compuestas por agregados obtenidos por proceso de trituración o de cribado, y deberá cumplir los requerimientos especificados en especificaciones. La capa de sub-base se colocará sobre la subrasante previamente preparada y aprobada, de conformidad con las alineaciones, pendientes y sección transversal señaladas en los planos.

Las sub-bases de agregados se clasifican como se indica a continuación, de acuerdo con los materiales a emplearse. La clase de sub-base que deba utilizarse en la obra estará especificada en los documentos contractuales. De todos modos, los agregados que se empleen deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pase el tamiz N° 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%.

Clase 1: Son sub-bases construídas con agregados obtenidos por trituración de roca o gravas, de acuerdo con los requerimientos establecidos y graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 1, en la Tabla Por lo menos el 30 % del agregado preparado deberá obtenerse por proceso de trituración.

Clase 2: Son sub-bases construidas con agregados obtenidos mediante trituración o cribado en yacimientos de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, de acuerdo con los requerimientos establecidos y graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 2, en la Tabla.

Clase 3: Son sub-bases construidas con agregados naturales y procesados que cumplan los requisitos establecidos, y que se hallen graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 3, en la Tabla.

Cuando en los documentos contractuales se estipulen sub-bases Clases 1 o 2 al menos el 30% de los agregados preparados deberán ser triturados.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm.)	--	--	100
2" (50.4 mm.)	--	100	--
1 1/2 (38.1 mm.)	100	70 - 100	--
Nº 4 (4.75 mm.)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 35	15 - 40	--
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

Tabla 1. Clasificación de sub-base según granulometría.

Fuente. Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del MOP (MOP 001-F-2002).

Antes de iniciar la construcción del pavimento de hormigón rígido, la subrasante o subbase deberá estar terminada de conformidad con los requerimientos contractuales, y deberá ser limpiada de cualquier material extraño. Se revisará que las obras de drenaje se hallen funcionando correctamente.

Antes de empezar la distribución del hormigón sobre la subrasante o subbase, ésta deberá ser revisada meticulosamente por el Fiscalizador, con especial cuidado en la compactación de los rellenos sobre las obras de arte, luego de lo cual será humedecida uniformemente, evitando cualquier exceso. La distribución del hormigón para la losa se iniciará después de que la subrasante se encuentre a satisfacción del Fiscalizador, y éste haya emitido su autorización.

Se deberá haber previsto un suficiente abastecimiento de agua de la calidad especificada para cubrir oportunamente todas las necesidades del trabajo, antes de

iniciar la operación. De no ser así, el Fiscalizador no autorizará la iniciación del trabajo.



Figura 16. Tendido de hormigón.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.13.1.2. Construcción de Aceras y Bordillos de Hormigón.

3.13.1.2.1. Construcción de Aceras de hormigón.

Este trabajo consistirá en la construcción de aceras, bordillos de hormigón, pavimentación de islas divisorias y entradas particulares, de acuerdo con las presentes especificaciones y de conformidad con los detalles indicados en los planos o fijados por el Fiscalizador. También comprenderá la construcción de bordillos y cunetas combinados.

Si no se indica de otra manera en los planos, el hormigón a utilizarse será clase B. La subrasante o lecho de cimentación deberá ser terminada de acuerdo con la pendiente y la sección transversal estipuladas. Antes de colocar el hormigón la superficie del cimiento deberá ser humedecida y bien compactada. Todo material blando o inestable deberá ser retirado hasta una profundidad mínima de 15 cm. bajo la cota de cimentación de los bordillos, cunetas, islas, entradas, aceras, y será reemplazado con material granular de tal calidad que, cuando se humedezca y compacte, forme una base de cimentación adecuada.

El encofrado deberá ser liso y lubricado por el lado en contacto con el hormigón y en el canto superior, y deberá ser lo suficientemente rígido para soportar la presión del hormigón plástico, sin deformarse. Será instalado con las pendientes, cotas y alineaciones estipuladas y será mantenido firmemente mediante las estacas, abrazaderas, separadores tirantes y apoyos que sean necesarios.

El encofrado del paramento expuesto de los bordillos no deberá removerse antes de que se fragüe el hormigón, pero si deberá removerse antes de seis horas de haber colocado el hormigón para efectuarse el acabado. Los encofrados para las aceras, islas divisorias y entradas pavimentadas no deberán quitarse hasta después de 12 horas de que se haya concluido el acabado de la superficie pavimentada.



Figura 17. Construcción de aceras.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.13.1.2.2. Construcción de bordillos de hormigón.

Al construirse los bordillos se deberá dejar vacíos en los sitios de las entradas particulares, de acuerdo con los detalles indicados en los planos y las instrucciones del Fiscalizador.

Cuando haya que construir bordillos sobre un pavimento existente, habrá que anclarlos en el pavimento mediante clavijas de hierro empotradas con masilla 1:1 de cemento y arena, en huecos perforados en el pavimento. El diámetro de las clavijas y su espaciado serán los indicados en los planos respectivos.

Se construirán juntas de expansión de 6 mm de ancho en los bordillos.



Figura 18. Construcción de bordillos.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.13.2. Colocación de moldes fijos

Los moldes fijos laterales deberán ser colocados con precisión, de acuerdo con los alineamientos y pendientes determinados para la losa. Deberán ser instalados de manera que todo el ancho de su base se halle debidamente apoyada sobre la superficie de la subrasante; dicha base será fijada por medio de estacas metálicas, de una longitud y espaciamiento suficientes para evitar cualquier desplazamiento de los moldes, cuando pasen sobre los moldes las máquinas pavimentadoras. Las secciones de moldes deberán quedar suficientemente entrelazadas, dejando solamente un espaciamiento de unos 3 mm aproximadamente entre secciones que llevarán junta de expansión.

El contratista deberá disponer y colocar en sitio una suficiente cantidad de moldes laterales, para no obstaculizar los trabajos de pavimentación. La cantidad de moldes colocados y aprobados estará de acuerdo con la capacidad de los equipos empleados y con la organización del trabajo, pero en ningún caso deberá ser menor a 150 metros a cada lado de la faja en construcción. Los moldes deberán ser recubiertos con aceite antes de la colocación del hormigón.

El retiro de los moldes, luego de la fundición del hormigón, se efectuará solamente cuando los bordes de la losa no requieran el apoyo de ellos, que en todo caso no será un lapso menor a 12 horas.



Figura 19. Colocación de moldes fijos.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.13.3. Acero de refuerzo

Cuando se especifique el uso de acero de refuerzo en la totalidad de la losa o al menos en los accesos a estructuras u otros sitios determinados en los planos, el proyecto deberá fijar el tipo, diámetro, espaciamiento y posición del acero.

El acero de refuerzo especificado deberá estar limpio y libre de óxido o de cualquier material extraño que podría perjudicar la adherencia del hormigón. Las barras de refuerzo deberán ser mantenidas en posición, por medio de pequeños dispositivos que se incorporen al hormigón y que eviten el desplazamiento de las barras durante las operaciones de fundición y fraguado. Los dispositivos podrán ser cubos de cemento o piezas metálicas construidas especialmente para este propósito.

Según el caso, la armadura podrá ser fijada en posición antes de la colocación del hormigón, o ser colocada durante la fundición por medios mecánicos o vibratorios.



Figura 20. Colocación de acero.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.13.4. Dosificación, mezclado y fundición

Las cantidades de los agregados, cemento y agua serán fijadas en la fórmula maestra de obra y autorizadas por el Fiscalizador y los métodos para la dosificación estarán acordes con lo especificado al respecto en la Sección 801.

La colocación del hormigón en obra deberá ser continua y no podrá ser interrumpida más de 30 minutos entre la colocación de dos cargas, ya que en este caso el Contratista deberá formar una junta de construcción a su costo, antes de continuar el vaciado del hormigón. Sin embargo la distancia mínima entre dos juntas no será menor a tres metros; de tal manera que, si por cualquier razón se suspendiera la colocación después de una junta de contracción o de expansión a una distancia inferior a la indicada, se deberá retirar el hormigón recién colocado hasta la junta existente, salvo el caso de uso de aditivos que permitan la continuación del hormigonado.

El vaciado del hormigón preparado se efectuará directamente del equipo de transporte, de la mezcladora o de la cubeta móvil, y se distribuirá de manera de lograr un avance uniforme y con el espesor fijado en todos los puntos.

A menos que se disponga de otra manera en el contrato, el pavimento rígido será construido en fajas de 3.65 m de ancho; sin embargo de lo cual el contratista podrá, si así lo desea, construirlo íntegramente en el ancho de dos o más carriles,

con las juntas longitudinales de construcción correspondientes entre los carriles adyacentes.

El hormigón deberá colocarse mientras esté fresco, y no se permitirá el uso de agua para reamasar el hormigón parcialmente endurecido. Si el Fiscalizador encuentra porciones de hormigón preparadas con materiales no aprobados o en proporciones diferentes a las especificadas, incluyendo un exceso de agua, dichas porciones deberán ser retiradas de la obra a costa del Contratista.

Durante la fundición del hormigón, el Contratista deberá tomar especial cuidado en proteger y mantener en su lugar los dispositivos de transferencia de cargas y el material de relleno de juntas.

El Contratista deberá proteger el hormigón fresco recién colocado para evitar daños por cualquier causa, y en caso de producirse, serán reparados a su cuenta y costo, excepto cuando estos daños sean producidos por derrumbes o deslizamiento imprevistos.



Figura 21. Fundición de la losa.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.13.5. Distribución, conformación y apisonado.

a) Utilizando moldes fijos: El hormigón será esparcido uniformemente por medio de una distribuidora mecánica, y será vibrado, emparejado y apisonado por máquinas adecuadas, que sean aprobadas por el Fiscalizador. El hormigón será

vibrado por medio de vibradores superficiales o por vibradores de inmersión colocados en la cercanía de los moldes, o por cualquier método de vibración que produzca resultados satisfactorios. Los vibradores no deberán entrar en contacto con los dispositivos de transferencia de cargas, los moldes o la subrasante.

La posición de las reglas de enrasado de la terminadora deberá ser tal que después de las operaciones de emparejamiento, apisonamiento y acabado, la superficie de la losa quede densa, uniforme y con pendientes y perfil transversal especificados. La parte superior de los moldes o de los pavimentos adyacentes y la superficie de contacto de las orugas o ruedas de la máquina emparejadora-apisonadora, serán mantenidas siempre limpias, y el avance será uniforme para evitar cualquier deformación de la superficie del pavimento.

Durante cada pasada de la máquina deberá mantenerse un rollo de hormigón adelante y en todo el ancho del pavimento, excepto cuando se forme una junta de expansión. El propósito de este procedimiento es que el equipo produzca una superficie que no requiera sino mínimas remociones de material, cuando se realicen las operaciones de acabado indicadas más adelante.

Si el Fiscalizador lo autoriza, se podrá también efectuar estas operaciones de distribución, conformación y apisonamiento en forma manual, usando reglas vibratorias y vibradores portátiles de inmersión. En este caso, la regla deberá tener la longitud suficiente para cubrir el ancho de la losa y desplazarse sin dificultad sobre los moldes fijos. Se deberá además cuidar que el avance de la regla sea uniforme para evitar la formación de protuberancias o irregularidades debidas a interrupciones o variaciones de velocidad. Después del paso de la regla vibratoria se deberá correr una plantilla para observar las deficiencias superficiales y corregirlas de inmediato antes de proceder al acabado.

Cuando se coloque un tramo de losa de ancho menor a la anchura de un carril o se construyan áreas de forma irregular, en las cuales no sea posible usar las máquinas indicadas, se podrá distribuir y conformar el hormigón por métodos manuales, con

la ayuda de vibradores de inmersión móviles y reglas de madera gruesa con las cuales se enrasará y apisonará el hormigón. Las operaciones manuales deberán conseguir una superficie densa, uniforme y con el perfil transversal requerido. En todo caso, las reglas que se utilicen deberán ser de una longitud mayor al ancho del área por pavimentarse, para que se deslice sin dificultad sobre los moldes laterales.

b) Utilizando moldes deslizantes: El equipo que trabaje con moldes deslizantes deberá esparcir, emparejar, densificar y efectuar el acabado del hormigón recién colocado, de tal manera que en una sola pasada de la máquina el pavimento quede prácticamente terminado, de acuerdo con las alineaciones, pendientes y perfiles transversales del proyecto, requiriendo solamente el acabado superficial manual. El hormigón será distribuido uniformemente y sin demora hasta su posición final; será densificado en todo el ancho y profundidad de la faja que se pavimente, utilizando vibradores internos aprobados por el Fiscalizador.

Los moldes se deberán extender atrás del tren de pavimentación una distancia suficiente como para que el hormigón se fragüe a tal grado que no desplace, y para que el acabado sea efectuado mientras el hormigón todavía se encuentre encerrado en los moldes.

Cuando se deba construir la losa en áreas pequeñas, no accesibles al equipo, se procederá de acuerdo a lo establecido en el último párrafo del numeral (a) inmediatamente anterior.

Con equipos modernos de pavimentación se pueden lograr acabados muy buenos en los pavimentos de concreto hidráulico, además su gran capacidad estructural permite que se mantengan sin deformaciones de consideración a lo largo de su vida útil, sin embargo la presencia de las juntas afecta de alguna manera a la regularidad. Por otra parte en calles y caminos secundarios es común encontrar tanto proyectos deficientes como procedimientos constructivos inadecuados, generando problemas de regularidad por agrietamientos, escalonamientos, rotura de losas, etc.



Figura 22. Equipo de pavimentación.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.13.6. Resistencia al Derrapamiento y Drenaje Superficial

La textura en un pavimento de concreto se logra mediante un escobillado, por sus características el agregado grueso normalmente no queda expuesto al contacto con los neumáticos por lo que el aporte de la microtextura a la resistencia al derrapamiento, asimismo el aporte de la macrotextura se da en la pasta (arenamiento) del concreto, por la naturaleza del cemento portland es un material susceptible al pulido, por lo que la pérdida de resistencia al deslizamiento es relativamente rápida. Existen equipos de fresado con discos de diamante que permiten, en acciones de mantenimiento, dar un nuevo texturizado a los pavimentos rígidos con problemas de derrapamiento. Por lo que hace al drenaje superficial al no ser susceptible a la formación de roderas un pavimento rígido bien construido permite un drenaje superficial muy eficiente.

3.13.7. Capacidad Estructural.

En la práctica internacional es frecuente que los pavimentos de concreto hidráulico sean proyectados para vidas útiles de 40 a 50 años, en Ecuador son frecuentes las vidas de proyecto de 25 a 30 años. Un pavimento de concreto bien diseñado y construido, y con mantenimiento adecuado tiene capacidades estructurales excelentes, sin embargo puede presentar fallas prematuras por defectos de construcción, como sellado de juntas eficiente, aserrado a destiempo de las mismas, curado insuficiente o pasajuntas mal colocados, también puede ser afectado por el exceso de carga de los vehículos que circulan por la vía.

Reciclable.- La gran resistencia que se logra en los concretos de pavimentación provoca que sea un material difícil de demoler, dificultando con ello las posibilidades de ser reutilizado, sin embargo hay avances tecnológicos que permiten contar con equipos más eficientes en la demolición de pavimentos rígidos. El equipo con que se logra esto es un martillo de resonancia de alta frecuencia y baja amplitud, la pulverización se logra con un patrón de fracturamiento.

Mantenimiento.- El mantenimiento que requiere un pavimento rígido es mínimo, pero no por ello deja de ser primordial, las juntas sin el sello adecuado o agrietamientos no atendidos a tiempo, pueden provocar problemas de bombeo, despostillamientos y hasta rotura de losas. Es muy importante que el mantenimiento se haga con los materiales y las técnicas adecuadas, es común encontrar que a despostillamientos en juntas se les atiende colocando mezcla asfáltica, la cual se convierte en un obstáculo a la libre expansión de las losas al subir la temperatura provocando que el problema se incremente.

3.14. Juntas longitudinales y transversales

a) Generalidades: Las juntas serán del diseño mostrado en los planos y serán construidas en los sitios indicados en ellos o en los lugares señalados por el Fiscalizador. Tanto las juntas longitudinales como transversales deberán ser construidas en forma perpendicular a la superficie del pavimento; las longitudinales serán paralelas al eje, y las transversales perpendiculares al mismo o en algunos casos al ángulo señalado en los planos.

Antes de que el pavimento sea abierto al tránsito, y una vez concluido el período de curado, las juntas que deban sellarse deberán llenarse con el material asfáltico aprobado para tal uso. Las juntas deberán estar cuidadosamente limpias y el material sellado será vertido sin derramarlo sobre el pavimento.

b) Barras de unión y Pasadores: Se colocarán barras de unión a través de las juntas longitudinales y transversales de construcción, en forma perpendicular a ellas y asegurándolas firmemente en su posición por medio de soportes y ataduras aprobados por el Fiscalizador, y de acuerdo a lo indicado en los planos. Las barras deberán hallarse limpias y sin ningún recubrimiento. Cuando se construyan por separado fajas adyacentes del pavimento, las barras podrán atravesar el molde que separa las fajas o podrán ser dobladas contra él, para luego ser enderezadas a su posición final, antes de colocar el hormigón de la otra faja.

Cuando los planos lo indiquen, se colocarán en las juntas transversales de contracción, conjuntos de pasadores para la transferencia de cargas. Cada conjunto comprenderá el pasador, sus manguitos y un elemento aprobado para el espaciado y apoyo de los mismos. La mitad del largo de cada pasador será recubierta con una capa de asfalto u otro material que impida la adherencia del hormigón con esta parte del pasador.

Los elementos de apoyo deberán ser de tal diseño y construcción que mantengan a los pasadores perfectamente alineados, tanto vertical como horizontalmente, dentro de una tolerancia de 3 milímetros. El diseño y la colocación del conjunto con sus apoyos deberán ser aprobados por el Fiscalizador, antes de iniciar la colocación del hormigón en la cercanía de la junta correspondiente.

c) Juntas transversales de construcción: Estas juntas serán del tipo escalonado, con barras de unión, y deberán practicarse cuando se produzca una interrupción en la fundición del hormigón de más de 30 minutos. No deberán construirse juntas transversales de construcción a una distancia menor a 3 metros de una junta de expansión o de contracción.

d) Juntas transversales de expansión: Estas juntas se formarán con fajas de material de relleno premoldeadas, aprobadas por el Fiscalizador, a los intervalos designados en los planos, y perpendiculares a la superficie del pavimento y al eje longitudinal del mismo. Las juntas deberán formar una línea continua, que se

extienda a todo el ancho del pavimento, a fin de asegurar una separación completa entre losas contiguas. El material premoldeado se sujetará en posición vertical mediante dispositivos adecuados, y será colocado de tal manera que el borde superior quede a una distancia de 2 ó 3 centímetros de la superficie. Luego de curado el hormigón, se llenará éstas ranuras con el material sellante aprobado, hasta llegar aproximadamente a un centímetro por debajo de la superficie de la losa.

e) Juntas de contracción (simuladas): Las juntas simuladas longitudinales y transversales podrán formarse introduciendo en el hormigón, al momento de la fundición, una faja de plástico o de otro material inactivo, de las dimensiones apropiadas, o podrán practicarse luego en el hormigón recién fraguado por medio de sierras apropiadas para el efecto. Estas tendrán un alineamiento correcto, conforme a lo señalado en los planos, con una tolerancia de 5 milímetros en 3.50 metros.

Las juntas cortadas a sierra tendrán una profundidad entre 5 y 8 centímetros; el ancho de la ranura no deberá ser mayor a 6 milímetros.

Cuando los planos indiquen un espaciamiento entre las juntas transversales de contracción de 4 a 6 metros, se cortará a sierra la primera y la cuarta junta pasada una junta de construcción, dentro de las 24 horas después de la fundición del hormigón. Luego se cortará la segunda junta entre las 24 y 48 horas después de la fundición, y las demás juntas transversales y longitudinales se cortarán en cualquier momento después de las 24 horas de la fundición del hormigón.

Si los planos indican una distancia entre las juntas transversales de contracción de 6 a 15 metros, el aserrado de las juntas se efectuará cuando lo indiquen los planos contractuales.

En caso de que el espaciamiento de estas juntas transversales de contracción esté indicado en los planos entre 15 y 18 metros, se aserrará cada segunda junta dentro

de las 24 horas después de fundido el hormigón, y las demás juntas en cualquier momento después de las 24 horas mencionadas.

En todo caso, sin que influya el espaciamiento de las juntas simuladas, todas ellas deberán ser cortadas antes de permitir la circulación de vehículos sobre la losa. De cualquier manera, se deberá revisar la secuencia y tiempos del aserrado de las juntas, si se produjeren fisuras prematuras en el pavimento.

En caso de que el Contratista emplee el método de formar las juntas con fajas de plástico, en vez de aserrarlas, se deberán colocar fajas de 5 cm. de alto y 3 mm. de espesor en forma continua a fin de que no se interrumpa la junta. La faja de plástico u otro material inerte se colocará perfectamente perpendicular a la superficie de la losa y con el borde superior con una distancia máxima de un centímetro por debajo del nivel del pavimento. El momento de la fundición y vibración del hormigón se tomará especial cuidado que no se desplace la faja y el hormigón quede denso, homogéneo y sin segregación.

Cuando se fundan fajas de pavimento de ancho mayor a un carril, el Contratista podrá también formar las juntas de contracción con el empleo de fajas plásticas en vez de aserrarlas. En este caso, tomará especial cuidado en el empalme de las fajas para que la junta no se interrumpa, y asimismo deberá cumplir los requisitos de colocación y cuidado del hormigón indicado para las juntas transversales.



Figura 23. Corte de juntas.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.15. Acabado de la losa del pavimento.

3.15.1. Acabado preliminar: La colocación, distribución y conformación del hormigón se efectuará durante el período de luz diurna o utilizando una adecuada instalación eléctrica para lograr una correcta iluminación.

Si el Contratista realiza el trabajo utilizando moldes fijos, deberá emplear, para el acabado preliminar de la superficie, cualquiera de los métodos que se detallan a continuación:

a) La superficie del hormigón será terminada de acuerdo con las alineaciones y perfil transversal, utilizando una máquina alisadora autopropulsada y diseñada para moverse sobre los moldes laterales.

El número de estas máquinas será suficiente para que el alisado del hormigón recién colocado pueda efectuarse sin interrupción, mientras continúa la fundición de la losa. En todo caso, este trabajo no deberá dilatarse más de 30 minutos después de la fundición, y de no existir preparación del hormigón mientras no se cumpla este requisito.

Las máquinas alisadoras deberán corregir todas las desigualdades y extender y alisar uniformemente la superficie, de manera de producir una textura uniforme. Su operación será efectuada a la velocidad recomendada por el fabricante a fin de obtener los mejores resultados. Su diseño será tal que cumpla con los requisitos de acabado especificados para los pavimentos rígidos y su utilización deberá ser aprobada por el Fiscalizador.

b) El Contratista podrá realizar el trabajo de acabado preliminar utilizando dos reglas alisadoras de madera en vez de la máquina autopropulsada. Estas reglas serán de madera resistente; tendrán una longitud mayor que el ancho de la faja de hormigón para que se apoyen sobre los moldes laterales, y un ancho de 10 a 15

cm.; estarán construidas rígidamente, para formar y mantener una superficie plana y uniforme.

Cada regla será operada desde afuera del pavimento y el número de pasadas será el necesario para corregir todas las irregularidades de la superficie, hasta obtener una textura lisa y uniforme. Este trabajo será realizado inmediatamente detrás de la fundición y mientras el hormigón se halle todavía plástico y trabajable. En el caso de realizar el trabajo utilizando moldes deslizantes, luego de que se haya realizado el acabado preliminar del hormigón por medio de los dispositivos de las mismas máquinas de pavimentación, e inmediatamente detrás del avance de la fundición del hormigón, el Contratista deberá chequear el perfil de la losa y, en caso necesario, corregir cualquier deformación existente, utilizando reglas manuales como se indicó en el párrafo anterior.

Una vez concluido el acabado preliminar con cualquiera de los métodos anteriormente especificados, y en el caso de que aparecieran trizaduras capilares sobre la superficie de la losa, el Contratista deberá aplicar agua en forma de fina llovizna hasta completar el acabado y proceder al curado del hormigón.



Figura 24. Acabado preliminar.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.15.2. Acabado final: Cuando el acabado preliminar se haya terminado, el Fiscalizador comprobará la exactitud del perfil transversal de la superficie, mediante el empleo de plantillas, y exigirá la corrección de cualquier desviación

mayor a 5 mm. De inmediato el Contratista procederá a dar a la superficie una textura estriada, mediante el empleo de escobas de bejuco o trozos de arpillera o cualquier otro método que permita obtener una superficie uniformemente rugosa, con estriados de una profundidad no mayor a 1.5 mm.

Se concluirá este trabajo redondeando los bordes del pavimento con radio de 1 cm., lo mismo que los bordes de las juntas transversales de expansión y construcción y los de la losa adyacente a un pavimento existente, con radio de 5 mm.



Figura 25. Acabado final.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.16. Curado de la losa de hormigón.

Una vez concluidas las operaciones de acabado de la losa en la forma especificada arriba, y a satisfacción del Fiscalizador, se procederá al curado del hormigón, cuidando de no estropear la superficie del pavimento.

Los moldes laterales fijos no se retirarán hasta que haya transcurrido al menos un período de 24 horas, luego de lo cual, una vez retirados los moldes, se completará el curado total de la losa, incluyendo los bordes; de encontrar pequeñas deficiencias en el hormigón al retirar los moldes fijos, se deberán efectuar en primer lugar todas las reparaciones necesarias y de inmediato proceder al curado. El curado podrá llevarse a cabo por cualquiera de los métodos descritos a continuación:

a) Membrana impermeable pigmentada: La superficie del hormigón será cubierta uniformemente con una solución de curado aprobada, que cumpla los requisitos especificados. La rata de aplicación será fijada por el Fiscalizador, pero en general estará por 1.6 litros por metro cuadrado.

Esta solución se aplicará de acuerdo con lo recomendado por el fabricante, y de manera que el pavimento quede uniformemente cubierto con una película continua y uniforme, que endurecerá dentro de pocos minutos, formando una membrana completa de recubrimiento que impida la evaporación inmediata del hormigón. Esta aplicación deberá ser efectuada en forma inmediata al acabado final de la superficie, para evitar agrietamientos debidos al secado y contracciones del hormigón.

b) Láminas impermeables: La superficie del pavimento será humedecida rociando agua uniformemente hasta que el hormigón comience a endurecer. Luego se cubrirá toda la losa con láminas de polietileno o de papel impermeable que impidan la evaporación.

Estas láminas se colocarán con un traslape de al menos 10 cm. y la parte sobrepuesta será adherida con pega, para formar una junta cerrada e impermeable. Se mantendrán en posición, cubriendo todo el hormigón fresco, por un lapso no menor a 72 horas, período en el cual se cuidará de conservar intactas y en su sitio todas las láminas, o de repararlas de inmediato en caso de alguna rotura.

c) Esteras: Se cubrirá todo el hormigón con estereras fabricadas de fibra vegetal (cáñamo, totora, algodón) y se las mantendrá saturadas, mediante el rociado de agua que sea necesario, hasta completar al menos un período de curado de 72 horas.



Figura 26. Curado de losa.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.17. Protección del hormigón fresco.

El Contratista deberá colocar barreras adecuadas y señales de tránsito y, si es del caso, empleará vigilantes para evitar el tránsito vehicular sobre el pavimento recién construido, hasta que el Fiscalizador autorice su apertura al tránsito. Si fuere imprescindible que los vehículos crucen el pavimento, el Contratista deberá construir por su cuenta pasarelas adecuadas, que permitan esta circulación en los sitios necesarios, sin causar daños a la losa.

Si por falta de dispositivos de advertencia y defensa del pavimento ocurrieren daños debido al tránsito incontrolado, las reparaciones serán por cuenta del Contratista y serán realizadas de manera satisfactoria a juicio del Fiscalizador.

La nueva obra no se abrirá al tránsito sino cuando el Fiscalizador lo autorice, en base a los resultados obtenidos de la rotura de los cilindros y vigas confeccionados y ensayados de acuerdo a lo especificado.

De todas maneras, en ningún caso se permitirá el tránsito vehicular antes de haber transcurrido un período de 14 días después de la colocación del hormigón. Previamente a la apertura, el pavimento deberá limpiarse y todas las juntas estarán selladas.



Figura 27. Protección del hormigón.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.18. Señalización

Este trabajo consistirá en la aplicación de marcas permanentes sobre el pavimento terminado, de acuerdo con estas especificaciones, disposiciones especiales, lo indicado en los planos, o por el Fiscalizador.

Los detalles no contemplados en los planos se realizarán conforme al "Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways" (MUTCD) (Manual de Mecanismos de Control de Tráfico en los Estados Unidos), U.S. Department of Transportation y Federal Highways and Transportation y Normas Panamericanas. Las superficies en las cuales las marcas serán aplicadas, estarán limpias, secas y libres de polvo, de suciedad, de acumulación de asfalto, de grasa u otros materiales nocivos.

Cuando las marcas sean colocadas en pavimentos de hormigón de cemento Portland, el pavimento deberá ser limpiado de todo residuo, previamente a la colocación de las marcas.

Las franjas serán de un ancho mínimo de 10 cm. Las líneas entrecortadas tendrán una longitud de 3 m. con una separación de 9 m. Las líneas punteadas tendrán una longitud de 60 cm. con una separación de 60 cm.

Las franjas dobles estarán separadas con un espaciamiento de 14 cm.

Las flechas y las letras tendrán las dimensiones que se indiquen en los planos. Todas las marcas presentarán un acabado nítido uniforme, y una apariencia satisfactoria tanto de noche como de día, caso contrario, serán corregidas por el Contratista hasta ser aceptadas por el Fiscalizador y sin pago adicional.

3.18.1. Marcas de Pinturas.

Las marcas serán aplicadas con métodos aceptables por el Fiscalizador. El cabezal rociador de pintura será del tipo spray y que permita aplicar satisfactoriamente la pintura a presión, con una alimentación uniforme y directa sobre el pavimento. Cada mecanismo tendrá la capacidad de aplicar 2 franjas separadas, aun en el caso de ser sólidas, entrecortadas o punteadas. Todo tanque de pintura estará equipado con un agitador mecánico. Cada boquilla estará equipada con una válvula, que permita aplicar automáticamente líneas entrecortadas o punteadas. La boquilla tendrá un alimentador mecánico de microesferas de vidrio, que opera simultáneamente con el rociador de pintura, y distribuirá dichas microesferas de vidrio con un patrón uniforme a la proporción especificada.

La pintura será mezclada previamente y aplicada cuando la temperatura ambiente esté sobre los 4 grados centígrados y como se indica en la numeral 705-3.01.

Para franjas sólidas de 10 cm. de ancho, la tasa mínima de aplicación será de 39 lt/km. Para franjas entrecortadas o de líneas punteadas, la tasa mínima de aplicación será de 9.6 lt/km. y 13 lt/km. respectivamente.

La mínima tasa de aplicación para flechas y letras será de 0.4 lt/m² de marcas.

Las micro esferas de vidrio serán aplicadas a una tasa mínima de 0.7 kg. por cada lt. de pintura.

Las áreas pintadas estarán protegidas del tráfico hasta que la pintura esté suficientemente seca. Cuando lo apruebe el Fiscalizador, el Contratista aplicará pintura o micro esferas de vidrio en dos aplicaciones, para reducir el tiempo de secado en áreas de tráfico congestionado.

Marcas termoplásticas.- La aplicación puede ser por cualquiera de los dos métodos: moldeada por eyección al caliente, o rociado al caliente, según lo apruebe el Fiscalizador; en todo caso, se deberá cumplir con las especificaciones y recomendaciones del fabricante, las que deberán ser entregadas al Fiscalizador antes de empezar los trabajos.

Si es necesario, los pavimentos nuevos o existentes serán lavados con una solución de detergente, y seguidamente se los lavará con agua para remover cualquier resto de cemento Portland, tanto nuevos como existentes, la superficie se limpiará con chorros abrasivos para remover lechadas, sellados u otros materiales extraños.

La mínima resistencia a la adherencia, cuando se aplica a pavimentos bituminosos, será de 8.5 kg/cm², y cuando se aplica a pavimentos de hormigón, será de 12 kg/cm².

La aplicación será hecha solamente en pavimentos secos, cuando la temperatura del pavimento sea 13 grados centígrados o mayor.

Las microesferas de vidrio adicionales, conforme lo establece la AASHTO M249, estarán recubiertas de material termoplástico en la proporción de 98 kg. por m² de franja.

Previa a la colocación de la franja termoplástica, se aplicará una resina epóxica del tipo y las cantidades recomendadas por el fabricante.

El material termoplástico será de un espesor de 0.76, 1.5, 2.29 y 3.05 mm. Como lo especifique en el contrato. El ancho de la franja de tráfico será realizado con una sola aplicación.

Las franjas recién colocadas deberán ser protegidas del daño del tráfico y cuando suceda cualquier daño a las franjas o cuando no estén bien adheridas a la

superficie del pavimento, serán reemplazadas con juntas de franjas que reúnan los requisitos de estas especificaciones.



Figura 28. Marcas de pintura.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

3.18.2. Marcas Plásticas Premoldeadas.

Las aplicaciones estarán de acuerdo a las especificaciones recomendadas por el fabricante, las que serán suministradas al Fiscalizador antes de empezar los trabajos. Los materiales de marcas plásticas en pavimentos serán aplicados en superficies con temperaturas dentro del rango especificado por el fabricante para una óptima adhesión. La capa deberá proveer de una marca durable y limpia; será resistente al medio (o ambiente) y no presentará signos apreciables de desvanecimiento, levantamiento, contracción, rompimiento, desprendimiento u otros signos de una pobre adherencia.

El método de incrustación será usado para aplicar las marcas en superficies nuevas de hormigón asfáltico, mediante la colocación adecuada del material, de acuerdo con las instrucciones del fabricante y compactado mediante rodillo.

El método de la lámina superpuesta será usado para aplicarse en pavimentos existentes. Los tipos de adhesivos que se utilizarán, así como los métodos de aplicación estarán de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

El Contratista suministrará el equipo requerido, incluido el compactador, para la colocación adecuada del material plástico moldeado. El equipo deberá estar disponible durante todo el período de instalación. Cuando se especifique, el vendedor deberá proveer asistencia técnica, tanto para la operación, como para el mantenimiento del equipo.

3.18.3. Marcas de Pavimento Sobresalidas (MPS)

Las marcas serán colocadas en sitios e intervalos que estén especificados, tanto en los planos, como en el contrato. No se procederá a la colocación de las marcas de pavimento en tanto no haya sido aprobada la superficie del pavimento.

Las marcas MPS serán aplicadas a una temperatura mínima de 21 grados centígrados. El pavimento tendrá superficie seca y, si la temperatura del pavimento es menor a 21 grados centígrados, se lo calentará con una fuerte irradiación de calor (no directamente con la llama). Los MPS serán calentados previamente a la colocación, mediante calor a una temperatura máxima de 49 grados centígrados por un tiempo máximo de 10 minutos.

El adhesivo se mantendrá a una temperatura de 16 a 29 grados centígrados antes y durante la aplicación. Los componentes del adhesivo epóxico serán mezclados uniformemente, hasta conseguir una consistencia adecuada previa a su uso. El adhesivo mezclado será desechado cuando, debido a la polimerización, se ha endurecido y reducido su trabajabilidad.

La mezcla adhesiva se aplicará en el área que ha sido preparada previamente. Luego el MPS será presionado en el sitio correspondiente, hasta que la mezcla adhesiva aparezca en toda la periferia del MPS. La cantidad requerida de adhesivo por cada dispositivo estará entre 20 y 40 gramos.

La secuencia de las operaciones serán ejecutadas tan rápido como sea posible. La mezcla adhesiva y el MPS serán colocados sobre el pavimento dentro de un tiempo máximo de 30 segundos, luego del precalentamiento y limpieza del

pavimento. El MPS no deberá haberse enfriado más de un minuto antes de la colocación.

El tiempo de precalentamiento del pavimento será ajustado de tal forma que se asegure que la adherencia del MPS se de en no más de 15 minutos. El pegado se considerará satisfactorio cuando el adhesivo desarrolle un mínimo esfuerzo de tensión de 124 gr/cm² o una tensión total de 11 kg.

El Fiscalizador deberá verificar, por muestreo de al menos un 5% de los MPS colocados, que se cumpla con este requerimiento. El Fiscalizador deberá usar para el efecto un dinamómetro manual.

Los MPS estarán espaciados y alineados como se indique en los planos o como lo establezca el Fiscalizador. Se tolerará un desplazamiento no mayor de 1.5 cm. a la izquierda o a la derecha de la línea de referencia.

El Contratista removerá y reemplazará todas las marcas inadecuadamente localizadas, sin costo adicional para el Ministerio.

Las marcas de pavimento no serán colocadas sobre las juntas transversales o longitudinales del pavimento.

El color de los reflectores, cuando son iluminados por las luces de un automóvil, será de color claro, amarillo o rojo. Un mal color de reflexión será motivo para su rechazo.

3.18.4. Semáforos y sistemas de iluminación.

Consistirá en el suministro e instalación, modificación y remoción de semáforos, sistemas de faros intermitentes, sistemas de iluminación de carreteras, de señales, conductos de comunicación, sistemas eléctricos en estructuras, provisiones para sistemas futuros, o cualquiera de estas combinaciones, de

acuerdo con las presentes especificaciones, los diseños y detalles establecidos en los planos respectivos o las especificaciones especiales.

La localización de semáforos señalados en los planos se considerará aproximada, pues la exacta localización será determinada en el campo por el Fiscalizador.



Figura 29. Semáforos.

Fuente. Tesis Raysa López ISPJAE.

CAPITULO III

B. METODOLOGÍA

6. TIPO DE ESTUDIO

Por el tipo de la investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada ya que está dirigida a ayudar en la comprensión del proceso constructivo empleado en la elaboración de un pavimento rígido utilizando conocimientos de Ingeniería.

Por el Nivel de Investigación de acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación reúne por su nivel las características de un estudio descriptivo y explicativo ya que especifica las propiedades o características que posee un pavimento rígido.

El estudio investigativo se realizó en la ciudad de Riobamba y en la Cantera del Río Chambo en el cantón Penipe provincia de Chimborazo con una duración aproximada de tres meses.

7. POBLACIÓN Y MUESTRA

Se trabajara con la población beneficiaria del proyecto en ejecución, 250000 habitantes de la ciudad de Riobamba.

Se ensayarán los materiales pétreos y cemento utilizados en la elaboración del hormigón, acero de refuerzo utilizado para el armado del pavimento y el pavimento rígido. Se verificará el cumplimiento de las especificaciones técnicas y normativas del proyecto.

8. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES INDEPENDIENTES:

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
Calidad de materiales pétreos.	Se hace referencia a las propiedades de los materiales utilizados para fabricación del concreto.	Intervendrá directamente en la resistencia.	Granulometría Humedad Densidad
Calidad de cemento.	Son las características del cemento utilizado para la fabricación del concreto.	El tipo de cemento apropiado ya que interviene en la resistencia.	Endurecimiento Resistencia a la compresión Densidad
Calidad de acero de refuerzo.	Se refiere al tipo de acero utilizado.	Anclaje de tramos, juntas de dilatación, estructura misma del pavimento rígido.	Certificados de calidad.
Condiciones climáticas.	Son los factores que afectan las propiedades físicas de los materiales.	Influye en la resistencia del concreto.	Continentalidad
Dosificaciones utilizadas.	Implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen al hormigón.	Influye en la resistencia y durabilidad requeridas	Cantidad de agua Cantidad de cemento y áridos.
Estado de la maquinaria.	Son las características y funcionamiento de la maquinaria.	La tecnología adecuada para mejor resultados.	Revisiones y verificaciones de especificaciones.
Tendido y curado de hormigón.	Es el procedimiento que se realiza al colocar el hormigón y el tratamiento de curado que requiere.	Influye en la resistencia y durabilidad requeridas	Toma de cilindros y ensayos de compresión en diferentes tiempos y tipo de curado.

Tabla 2. Tabla de variables independientes

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

Variable dependiente:

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES
Proceso constructivo aplicado.	Conjunto de pasos secuenciales para la construcción de pavimento rígido.	Determina si se están cumpliendo con las especificaciones técnicas y la resistencia a las cargas vehiculare, factores climáticos, etc.	Calidad de materiales pétreos.
			Calidad de cemento.
			Calidad de acero de refuerzo.
			Condiciones climáticas.
			Dosificaciones utilizadas.
			Tendido y curado del hormigón.
			Estado de la maquinaria.

Tabla 3. Tabla de variables dependientes

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

9. PROCEDIMIENTOS

9.1. Técnica de Investigación:

- Descriptivo.
- De campo.
- Explorativa.
- Evaluativa.

9.2. Instrumento:

- Libreta de campo.
- Equipo para ensayos.

9.3. Proceso:

- Elegir la técnica de investigación.
- Recolección de datos.
- Revisión de la información.

- Procesamiento de datos.
- Tabulación de datos.
- Cuadro de resultados.
- Análisis e interpretación de resultados.

9.4. Actividades:

- Planificar el muestreo y la logística.
- Revisión y comprensión bibliográfica ASTM, INEN.
- Definir la población.
- Probetas de pavimento rígido.

9.5. Ensayar los materiales pétreos y cemento:

- Se realizan los ensayos para determinar las propiedades físicas de los materiales utilizados en la elaboración del pavimento rígido.
- Ensayar probetas de hormigón.
- Se realizan los ensayos para determinar la capacidad a la compresión del hormigón utilizado.

9.6. Planificación de la logística para la elaboración de probetas

- Realizar las probetas de hormigón.
- Ensayar cada probeta.

9.7. Procesar la información.

- Integrar y tabular la información obtenida.
- Sistematizar la información mediante cuadros.
- Análisis e interpretación de los resultados obtenidos
- Elaboración de la memoria técnica.

10. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Proceso constructivo de pavimento rígido o concreto hidráulico en la Av. circunvalación de la ciudad de Riobamba.

Para el inicio y coordinación de los trabajos de pavimentación en la Av. circunvalación de la ciudad de Riobamba y basados en la variación de diseños presentes en el proyecto se distribuyeron los frentes de trabajo en los siguientes tramos:

Tramo 1: Inicia en la intersección de la Av. Maldonado y Av. 9 de Octubre termina en la intersección de la Av. Lizarzaburo y Av. La prensa, la sección transversal del tramo es de 2.50 m aceras 8.50 m de calzada y 2.00 m de parterre central con 23 cm espesor, la longitud del tramo 11+970.

Tramo 2: Inicia en la intersección de la Av. Lizarzaburo y Av. La Prensa hasta la salida al Norte sector Las Acacias, la sección transversal es similar al tramo 1.

Tramo 3: Inicia en la intersección de la Av. Lizarzaburo y Av. Monseñor Leonidas Proaño hasta la intersección de la Av. Maldonado y Av. Monseñor Leonidas Proaño, sección transversal 2.50 m aceras 8.50 m de carpeta y 1.50 m parterre central con espesor de carpeta de 25 cm.

Tramo 4: Inicia en la Av. Unidad Nacional y Av. La Prensa (Redondel del Libro) hasta el Ingreso a Lican 2.50 m aceras 8.50 m de calzada y 2.00 m de parterre central con 25 cm espesor.

Obteniendo un total aproximado de 22 km de longitud a rehabilitar que se inició en un sentido, dejando libre para la circulación el otro carril para librar el tramo en construcción.

10.1. Obras preliminares.

10.1.1. Control del tránsito durante la obra.

Dentro del control de tránsito durante el período de ejecución de los trabajos se realizaron estratégicamente según el avance de obra planes viales que permitieron fluidez vehicular evitando el cierre de vías en su totalidad, es decir

dejando habilitado por lo menos dos carriles de la Av. Circunvalación con doble sentido de circulación.

En la intersección de la Av. Lizarzaburo y Av. La prensa en el sector del ex-redondel del colegio Riobamba donde se implantó el paso elevado se ejecutó una vía alterna temporal para el tráfico de ingreso y salida del centro de la ciudad que atraviesa terrenos del aeropuerto de la Brigada Blindada a Galápagos comunicando la Av. La Prensa con la Av. Héroes de Tapi, también se habilitó una vía existente en mal estado que conecta el sector del paseo shopping con el redondel Norte de la ciudad de Riobamba intersección Av. 9 de Octubre y Panamericana Norte rodeando la Brigada Blindada Galápagos con un tratamiento asfáltico para dar confort a los usuarios.

El tiempo de apertura al tránsito dependía de que el concreto colocado haya obtenido como mínimo el 75% de su resistencia a la flexión, permitiendo así ir habilitando los tramos conforme el avance del proyecto evitando congestión vehicular.

Los principales problemas de tránsito se presentaban en horas pico en donde la acumulación de vehículos en dirección al Norte de la ciudad era considerable sin embargo el uso de las vías alternas ayudó para evitar estancamientos.

Cabe recalcar que previo al cierre de las vías se realizaba la publicación en medios de comunicación y la debida señalización por parte de la empresa constructora dentro de las cuales se suspendía el tráfico de vehículos pesados.

10.1.2. Remoción de asfalto y aceras existentes

Inicialmente se verificó el levantamiento topográfico de los puntos establecidos en diseño: la forma, linderos, superficie, ángulos y niveles del terreno

en el que se implantó el proyecto, la existencia de variantes que afectaban el replanteo y nivelación del proyecto se resolvieron en conjunto con fiscalización.

Una vez establecidos los niveles y cotas se realizó la remoción del asfalto así como las aceras de hormigón existentes comprobando periódicamente los niveles las veces que sean necesarias para lograr concordancia con los diseños.

Todo el material resultante de la remoción del asfalto y aceras considerados no aptos para relleno fue cargado transportado y tendido en el banco de desperdicios ubicado en la vía la Inmaculada-Licto.



Figura 30. Retiro de carpeta existente

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.



Figura 31. Retiro de parterre y aceras

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.



Figura 32. Retiro de vegetación existente.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

10.1.3. Colector abras sector colegio Riobamba.

Como parte de las obras preliminares se colocó la tubería para un tramo del colector del alcantarillado de la ciudad en la intersección de las Avenidas la Prensa y Lizarzaburo donde se construyó el paso a desnivel para lo cual se consideraron los siguientes trabajos:

El replanteo y nivelación del sitio en el cual se ubicó el tramo del colector de aguas residuales, tomando en consideración las cotas y topografía establecida en planos y su concordancia en obra determinando así pendientes y profundidades de excavación realizando un razanteo del fondo de zanja a mano para permitir que la tubería se apoye de forma adecuada y pueda resistir los esfuerzos exteriores.

Durante los trabajos de excavación y razanteo se realizó un entibado con el fin de estabilizar y sostener temporalmente las secciones excavadas, esta protección se realizó con tableros de madera de 1.5 x 3.0 m. apoyados contra las paredes de la zanja por puntales (pingos).

A medida que avanzan los trabajos de excavación y razanteo del fondo de la zanja se coloca una cama de arena compactada de 10cm de espesor con la finalidad de equilibrar la distribución de la carga a lo largo de la parte inferior de la tubería

proporcionando un encamado estable y uniforme tanto para el tubo como para uniones o accesorios.

Una vez realizado el encamado de arena se colocó la tubería PVC de alta presión con fibra de carbono diámetro D=1100mm producida por la empresa Rival, la cual es una variante de la tubería de hormigón con resistencia de 280 kg/cm² fundida en sitio establecida en especificaciones, cambio que se realizó previa aprobación de la EP-EMAPAR responsable del plan maestro de agua potable y alcantarillado.

Finalmente se realizó el relleno compactado hasta llegar a los niveles y cotas determinadas en el proyecto.

10.1.4. Obras de drenaje

Dentro de las obras de drenaje del proyecto están considerado la construcción de pozos de revisión, colocación de tubería y sumideros para recolección de aguas lluvias.

Los pozos de revisión fueron clasificados en tres tipos a lo largo de toda la vía en rehabilitación:

- Los pozos menores a 3m denominados B1.
- Los pozos mayores a 3m y menores a 5m denominados B2.
- Y, los pozos mayores a 5m de profundidad denominados B3.

La profundidad de los pozos se halla establecida conforme a las cotas del proyecto presentes en el diseño previo, para la construcción de pozos de revisión, se utilizó hormigón $f'c=210$ Kg/cm², con malla electro soldada conforme lo indicado en los planos.

Los sumideros de calzada para aguas lluvias fueron construidos en los lugares señalados en los planos y de acuerdo a los perfiles longitudinales transversales y

planos de detalles, la conexión del sumidero al pozo se realizó mediante tubería de 200 mm de diámetro, unida a la salida del sifón del sumidero con mortero cemento arena, en la instalación de la tubería se verificó que la pendiente no sea menor del 2%.

Los sumideros de calzada fueron ubicados en la calzada propiamente dicha, junto al bordillo y al iniciarse las curvas en las esquinas, los sumideros se conectaron directamente a los pozos de revisión. Se verificó que el tubo de conexión se halle perfectamente recortado en la pared interior del pozo.

10.1.5. Perfilado y preparación de la subrasante.

Una vez replanteados los puntos de vía se comenzó escarificando las áreas en las que se encontraba el pavimento flexible en mal estado, aceras, bordillos, parterre y vegetación que formaba parte de la vía, continuando con la conformación y compactación de la subrasante la cual alcanzo la compactación relativa con valores mayores al 95% cumpliendo con lo establecido en especificaciones técnicas del MTOP para subrasantes.

Compactación Relativa (Porcentaje)	Superficies o capas
90%	Terreno natural en zonas de relleno
95%	Terreno natural en zonas de corte
95%	Terraplenes o rellenos
95%	Subrasantes formadas por suelo seleccionado.

Tabla 4. Tabla de compactación.

Fuente. Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes (MOP 001-F 2002).



Figura 33. Topografía de la vía.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

10.1.6. Conformación sub base granular.

La clase de sub-base que se utilizó en la obra fue la Sub-base Clase III establecida en los documentos contractuales. Los materiales utilizados para sub-base cumplen con las Especificaciones Generales para la construcción de Caminos y Puentes establecidas por el MTOP las cuales indican que la porción que pase el tamiz N° 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%.

Las características de la Sub-base Clase III establecen que está formada por agregados gruesos, obtenidos mediante cribado de gravas o roca mezcladas con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada, y que se hallen graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 3, en la siguiente tabla:

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm.)	--	--	100
2" (50.4 mm.)	--	100	--
1 1/2 (38,1 mm.)	100	70 - 100	--
Nº 4 (4.75 mm.)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 35	15 - 40	--
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

Tabla 5. Clases de sub-bases

Fuente. Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes (MOP-001-F-2002)

10.1.6.1. Confección

La confección de la sub-base se ejecutó en la planta procesadora fija ubicada en el sector de San Gerardo vía Baños, asegurando la obtención de material que cumpla con los requisitos establecidos.

El material se almacenó en canchas habilitadas especialmente para este efecto, de manera que no se produzca contaminación ni segregación de sus componentes.



Figura 34. Nivelación y compactación de sub-base.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

Para la determinación de estándares de calidad nos hemos regido a la norma INEN 696 que establece el método de ensayo para determinar la distribución granulométrica de las partículas de áridos, fino y grueso, por tamizado.

Una vez realizado el ensayo empleando cada una de las especificaciones descritas en la norma, mostramos la tabulación y resultados obtenidos en el ensayo, para la gráfica de la curva granulométrica.

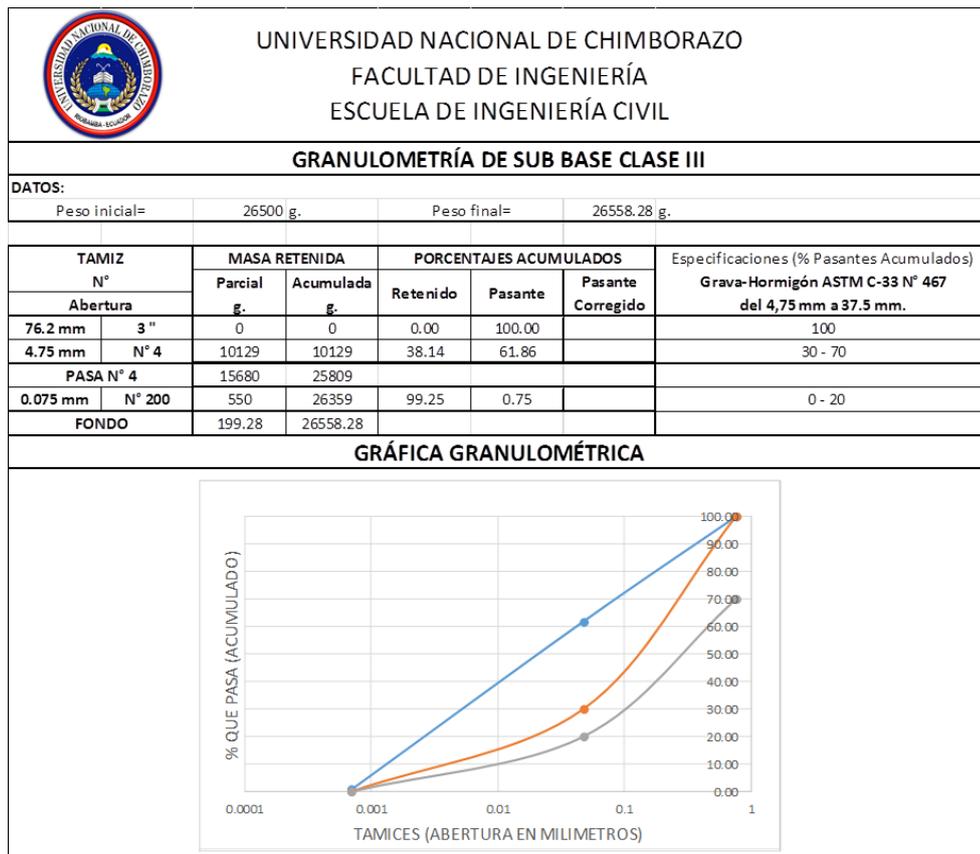


Tabla 6. Granulometria sub base clase III.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

Luego de realizado los respectivos cálculos y Gráficas obtenemos como resultado del ensayo que la Sub base está dentro de los límites normalizados por lo que se acepta como sub base clase III y se aprueba su aplicación en el proyecto.

Una vez obtenido el material de mezcla uniforme para Sub-base Clase III, el material fue esparcido a todo lo ancho de la vía en un espesor uniforme, para

luego añadir la hidratación necesaria y proceder a la conformación de acuerdo con las pendientes, alineaciones y sección transversal determinadas en los planos.

Inmediatamente después de completarse el tendido y conformación de cada capa de sub-base, el material se compactó por medio de rodillos lisos de 8 toneladas.

El proceso de compactación se realizó uniformemente por lo que se inició compactando los costados para luego avanzar hasta el eje de la vía.

Durante este rodillado, se continuó humedeciendo y emparejando el material, hasta lograr la compactación total especificada en toda la profundidad de la capa y la conformación de la superficie a todos sus requerimientos contractuales.

Posterior a la compactación de la subbase Fiscalización realizó ensayos de placa de carga los cuales permitieron determinar los módulos de elasticidad y módulos de reacción del suelo a través de deformaciones generadas por una carga aplicada con el fin de comprobar la capacidad portante del suelo no solo a lo largo y ancho de la calzada sino también en el material de relleno de las aceras que aunque no recibirán cargas de gran magnitud nos permite controlar las deflexiones y garantizar el soporte de toda la estructura del pavimento rígido y sus estructuras anexas.

Este tipo de ensayos garantiza el óptimo funcionamiento de un pavimento rígido ya sea en la rehabilitación de vías o apertura de nuevas infraestructuras viales, es decir, mientras se verifiquen la capacidad portante y los módulos de elasticidad de un suelo y se cumplan con las especificaciones técnicas requeridas se podrá realizar la aplicación de un pavimento rígido con resultados satisfactorios.

10.1.7. Aceras y bordillos

Este trabajo consistió en la construcción de aceras, bordillos de hormigón y entradas particulares de acuerdo a los detalles indicados en planos.

Para la elaboración de los bordillos se iniciaron los trabajos con la colocación de encofrados metálicos los cuales se hallan firmemente sujetos mediante estacas y

poseen pendientes, cotas y alineaciones estipuladas, dejándose vacíos en los ingresos particulares.

Una vez colocado el encofrado se fundieron los bordillos de $h=50\text{cm}$ con hormigón de resistencia $f^c=210\text{ kg/cm}^2$ los cuales poseían sus respectivas juntas de expansión y contracción, luego de fraguado el hormigón se retiró el encofrado para dar el acabado final y realizar el curado respectivo.

Una vez fundidos los bordillos se rellenó, compactó y aplanó la superficie en la que se ubicaron las aceras a una altura de 40 cm, dejando libre 10 cm en los cuales se fundió con hormigón de 210 Kg/cm^2 en rectángulos de 2 m^2 , de igual manera se realizó al curado del hormigón, finalmente para darle la textura a la acera se realizó un barrido en sentido perpendicular a la circulación del tráfico vehicular.

En el parterre central se realizó de igual manera un relleno compactado alcanzando el nivel necesario para la colocación de adoquín decorativo rectangular de resistencia 400 kg/cm^2 apoyado sobre una cama de arena de 5 cm de espesor dejando libres los espacios para lo colocación de jardineras.

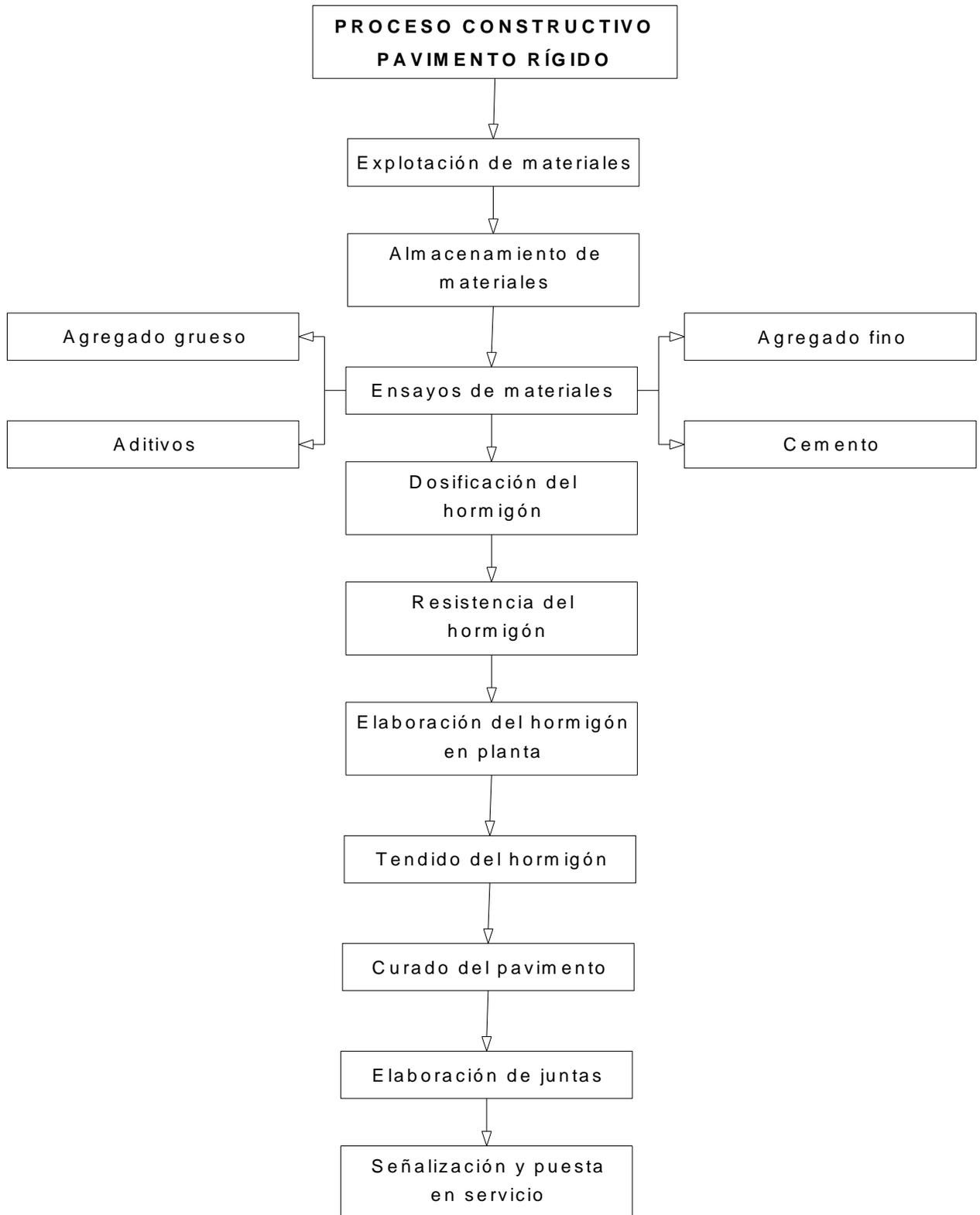
10.2. Proceso constructivo del pavimento de concreto simple con barras de transferencia de carga (pasajuntas) realizado por la constructora Fopeco en la avenida circunvalación de la ciudad de Riobamba.

La empresa Fopeco S.A. es una constructora ecuatoriana con gran experiencia en construcción de obras civiles, entre una de ellas la construcción de vías de concreto hidráulico, basada en esta experiencia la misma ha ido creando sus propios procesos de construcción, así como adquiriendo equipo que conforma su propia planta de trituración y hormigón, laboratorios y maquinaria de acarreo de áridos y concreto, que permite que los resultados obtenidos sean satisfactorios.

Para explicar de manera detallada todo lo que involucra el procedimiento constructivo empleado por la constructora Fopeco se ha organizado la información de la siguiente manera:



Figura 35. Proceso constructivo de pavimento rígido.
Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.



10.2.1. Explotación de materiales.

10.2.1.1. Extracción.

Antes de iniciar con el proceso de extracción, además del cumplimiento de la normatividad fiscal, laboral, salud y de seguridad social, es necesario realizar el trámite ante las autoridades en materia de ecología y medio ambiente, en lo cual debe incluir las acciones de restauración, recuperación, sostenimiento y mantenimiento de las medidas ambientales que amortigüen el impacto de las actividades mineras, todos estos trámites previos fueron realizados por Hormigones Moreno quien es la entidad propietaria.

La fase de extracción es realizada mediante palas o retroexcavadoras, maquinaria perteneciente a la constructora Fopeco en la mina de Hormigones Moreno en la rivera del río Chambo a la altura del puente que conduce al cantón Penipe quien otorgó la respectiva concesión minera a Fopeco durante la ejecución de la obra.



Figura 36. Explotación de materiales pétreos.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

10.2.1.2. Cargado y acarreo

Una vez que el material pétreo es extraído de la mina, éste se embarca en volquetas e inicia la segunda etapa, que es el acarreo de material sin procesar a la

planta de trituración y clasificación ubicada en el sector San Gerardo vía Riobamba a Penipe perteneciente a la empresa contratante.



Figura 37. Acarreo de materiales pétreos.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

10.2.1.3. Trituración y clasificación

Los trabajos realizados consisten en hacer que pase la carga proveniente de la mina, a través de quebradoras o trituradoras de diferente medida para agregados gruesos como para finos, la descarga pasa por serie de mallas o cribas de diferentes aberturas, distribuidas de tal manera que su descarga cae en determinados puntos, luego de ser llevadas sobre bandas de transportación.



Figura 38. Trituración y clasificación de materiales pétreos.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

10.2.2. Almacenamiento de materiales.

Una vez realizada la trituración y clasificación del material pétreo se obtiene el agregado grueso y fino los cuales serán empleados en la elaboración del hormigón, para lo cual este material es transportado a la planta de hormigón ubicada a pocos metros de la planta de trituración, mediante volquetas.

En el proyecto se cumplió con las siguientes recomendaciones para el almacenamiento de áridos y cemento en obra, para evitar pérdida en las propiedades o características de los materiales en la elaboración del hormigón.

10.2.2.1. Cemento

La planta de hormigón perteneciente a la empresa constructora Fopeca cuenta con el espacio físico y equipo necesario para almacenar los materiales.

En el caso particular del cemento la planta posee 3 silos de almacenamiento con una capacidad de 15 toneladas cada uno de ellos los cuales eran abastecidos mediante camiones cisterna que transportaban el cemento a granel, cuidando que este conserve sus características físicas y químicas.

Se adquirió cemento a granel ya que el cemento considerado para la obra posee características especiales que mejora el hormigón por lo mismo no se encuentran comúnmente en el mercado, la adquisición del cemento se realizó mediante pedido, la fabricación del cemento Premium tipo HE fue realizado por la empresa Holcim Rocafuerte S.A., además de las ventajas que conlleva la adquisición de cemento a granel como son:

- Mayor tiempo de conservación de las características físico-químicas del cemento.
- Economía en la compra de cemento.
- Economía de manejo en descarga, almacenamiento y manipulación.

- Economía por pérdida, originada en sacos deteriorados o mojados.
- Incremento en la productividad de la obra, por contar con cemento inmediatamente disponible.
- Evita el riesgo de robo.

El tener esta capacidad de almacenamiento contribuía a poseer siempre el stock necesario de cemento en la obra para un abastecimiento mínimo de 20 a 25 días previo a los cuales se programaba la compra del cemento.

10.2.2.2. Áridos

La planta de hormigón posee el área suficiente para almacenar el material pétreo luego de seguido el proceso de trituración. Los árido gruesos y fino se encontraban separados y apilados a una altura máxima de 5 metros desde la cual eran acarreados por palas mecánicas hacia las pesas de dosificación.

Se cuida que los alrededores al área de acopio así como las vías de ingreso se hallen siempre húmedos para evitar que se levante el polvo y se mezcle con los agregados.

Junto a estas áreas de almacenamiento se encuentran ubicados estratégicamente los laboratorios de ensayos que permiten controlar y comprobar las características técnicas de los agregados pétreos.



Figura 39. Almacenamiento de los materiales pétreos.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

10.2.3. Especificaciones particulares, ensayos de materiales.

A continuación se desglosa un detalle de las especificaciones particulares de todos los materiales a utilizar en la obra.

Para la elaboración de un pavimento de concreto hidráulico es primordial contar con materiales de la más alta calidad que garanticen su durabilidad y perfecto funcionamiento.

Para la verificación el cumplimiento de las especificaciones técnica del proyecto y determinar las característica de los materiales utilizados se realizó los debidos ensayos de materiales.

10.2.3.1. Ensayos en agregados pétreos

10.2.3.1.1. Análisis granulométrico en áridos finos y gruesos

Para determinar la calidad de los áridos en hormigón el ensayo de granulometría es primordial y se halla estandarizado por la norma INEN 696 la cual establece el método de ensayo para determinar la distribución granulométrica de las partículas de áridos, fino y grueso, por tamizado.

Para la correcta aplicación de este método de ensayo y calificación del material se han empleado la siguiente tabla de la norma anteriormente mencionada, la cual determina el tamaño de la muestra y la abertura máxima de tamiz siendo en nuestro caso una muestra de 15 kg y una abertura máxima de tamiz de 37.5 mm.

Tamaño nominal máximo, Aberturas cuadradas, en mm (pulgadas).	Tamaño de la muestra del ensayo Mínimo (kg)
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300

Tabla 7. Tamaño de la muestra para ensayo de árido grueso

Fuente. NORMA INEN 696.

Una vez realizado el tamizado se debe realizar la curva granulométrica para áridos y así determinar si el agregado es óptimo para la elaboración del hormigón, para ello se utilizan los límites establecidos en la norma INEN 872 en la cual se describen los requisitos que deben cumplir los áridos para ser utilizados en la elaboración de hormigones.

A continuación anexamos las tablas de la norma en donde se pueden observar los límites dentro de los cuales debe estar la curva granulométrica de un agregado fino y grueso para poder ser utilizado en una mezcla de hormigón.

TAMIZ INEN	PORCENTAJE QUE PASA
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
600 µm	25 a 60
300 µm	10 a 30
150 µm	2 a 10

Tabla 8. Requisitos de gradación de árido fino

Fuente. NORMA INEN 872

(1) TAMIZ INEN (aberturas cuadradas) (mm)	PORCENTAJE EN MASA QUE DEBE PASAR POR LOS TAMICES INEN INDICADOS EN LA COLUMNA (1) PARA SER CONSIDERADO COMO ÁRIDO GRUESO DE GRADO:									
	90 - 37,5 mm	63 - 37,5 mm	53 - 4,75 mm	37,5 - 4,75 mm	26,5 - 4,75 mm	19 - 4,75 mm	13,2 - 4,75 mm	9,5 - 2,36 mm	53 - 26,5 mm	37,5 - 19 mm
106	100									
90	90 - 100									
75		100							100	
63	25 - 60	90 - 100	100						90 - 100	100
53		35 - 70	95 - 100	100					35 - 70	90 - 100
37,5	0-15	0-15	35 - 70	95 - 100	100				0-15	20 - 55
26,5				35-70	90-100					0-15
19	0-5	0-5	10 - 30	10 - 30	25 - 60				0-5	
13,2										
9,5										
4,75			0-5	0-5	0-10	0-10	0-15	0-15	0-10	0-5
2,36										
1,18										

Tabla 9. Requisitos de gradación del árido grueso

Fuente. NORMA INEN 872

A continuación mostramos la tabulación de datos obtenidos y gráficas para cada uno de los agregados para hormigón luego de realizado el ensayo de granulometría.

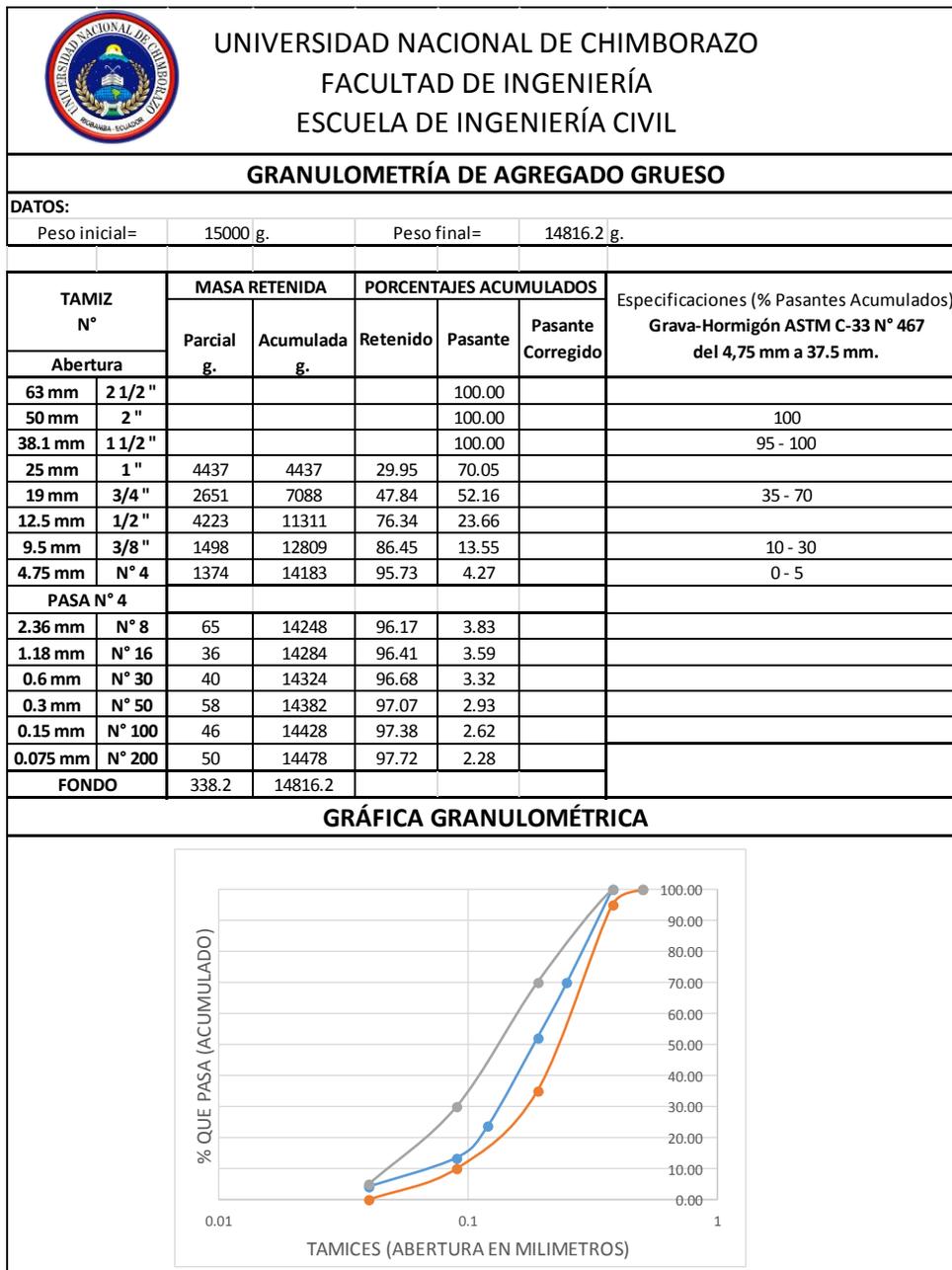


Tabla 10. Granulometría agregado grueso.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO

DATOS:

Peso inicial= 1000 g. Peso final= 958.5 g.

TAMIZ N°	Abertura	MASA RETENIDA		PORCENTAJES ACUMULADOS			Especificaciones (% Pasantes Acumulados) Arena-Hormigón ASTM C-33- 03
		Parcial g.	Acumulada g.	Retenido	Pasante	Pasante Corregido	
63 mm	2 1/2 "				100.00		
50 mm	2 "				100.00		
38.1 mm	1 1/2 "				100.00		
25 mm	1 "				100.00		
19 mm	3/4 "				100.00		
12.5 mm	1/2 "				100.00		
9.5 mm	3/8 "	0	0	0.00	100.00		100
4.75 mm	N° 4	141	141	14.71	85.29		95 - 100
PASA N° 4							
2.36 mm	N° 8	133	274	28.59	71.41		80 - 100
1.18 mm	N° 16	102	376	39.23	60.77		50 - 85
0.6 mm	N° 30	162	538	56.13	43.87		25 - 60
0.3 mm	N° 50	299	837	87.32	12.68		5 - 30
0.15 mm	N° 100	91	928	96.82	3.18		0 - 10
0.075 mm	N° 200	29	957	99.84	0.16		
FONDO		1.5	958.5				

GRÁFICA GRANULOMÉTRICA

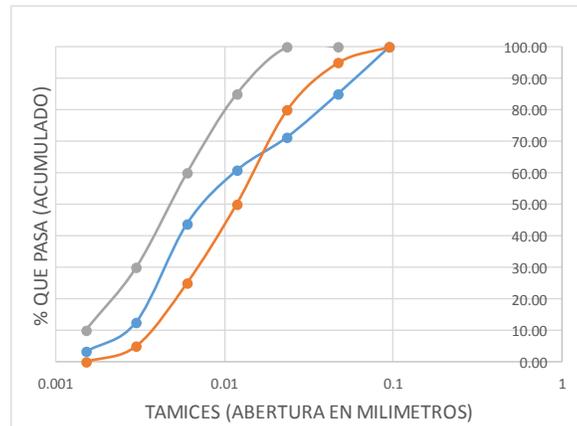


Tabla 11. Granulometría agregado fino.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

Una vez realizadas las gráficas de las curvas granulométricas para los áridos de hormigón con sus respectivos límites podemos observar que ambas curvas están

dentro de los estándares de calidad lo que indica que estos áridos son óptimos para su empleo en la elaboración de hormigones.

10.2.3.1.2. Gravedad específica en agregados finos y gruesos

10.2.3.1.2.1. Gravedad específica de un agregado fino

Las especificaciones para la determinación de la gravedad específica se encuentran en la norma INEN 856, esta norma establece el método de ensayo para determinar en el árido fino: la densidad de volumen en estado seco, la densidad de volumen en estado saturado superficialmente seco, la densidad aparente y la absorción de agua.

Para realizar este ensayo se han empleado fórmulas de cálculo presentes en la norma citada anteriormente las cuales detallamos a continuación:

La densidad de volumen del árido fino en estado seco, a 23°/23°C y según definición, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$S_d = \frac{A}{B + 500 - C}$$

Cálculo tipo muestra 1:

$$S_d = \frac{490.15}{658.5 + 500 - 972.77}$$

$$S_d = 2.64$$

Dónde:

Sd= densidad de volumen a 23°/23°C del árido fino seco

A= masa en aire de la muestra secada en el horno, en g.

B= masa del matraz lleno de agua hasta la marca, en g.

C= masa de matraz con la muestra y lleno de agua hasta la marca, en g.

La densidad de volumen en base a la masa del árido fino en estado saturado superficialmente seco a 23°/23°C, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$S_s = \frac{500}{B + 500 - C}$$

Cálculo tipo muestra 1:

$$S_s = \frac{500}{658.5 + 500 - 972.77}$$

$$S_s = 2.69$$

Dónde:

Ss= densidad de volumen a 23°/23°C en base de la masa del árido fino en estado saturado superficialmente seco

B= masa del matraz lleno de agua hasta la marca, en g.

C= masa de matraz con la muestra y lleno de agua hasta la marca, en g.

La densidad aparente del árido fino a 23°/23°C y según definición, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$S_a = \frac{A}{B + A - C}$$

Cálculo tipo muestra 1:

$$S_a = \frac{490.15}{658.5 + 490.15 - 972.77}$$

$$S_a = 2.79$$

Dónde:

ρ = densidad aparente a 23°/23°C del árido fino

A= masa en aire de la muestra secada en el horno, en g.

B= masa del matraz lleno de agua hasta la marca, en g.

C= masa de matraz con la muestra y lleno de agua hasta la marca, en g.

El porcentaje de absorción de agua del árido fino se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$A\% = \frac{500 - A}{A} \times 100$$

Cálculo tipo muestra 1:

$$A\% = \frac{500 - 490.15}{490.15} \times 100$$

$$A\% = 2.01 \%$$

Dónde:

Po= porcentaje de absorción de agua del árido fino

A= masa en aire de la muestra secada en el horno, en g.

A continuación anexamos la tabulación de datos y los cálculos realizados en el ensayo de los áridos empleados para la elaboración del hormigón del pavimento rígido de la avenida circunvalación de la ciudad de Riobamba cumpliendo con lo establecido en la norma en la cual se determina que el porcentaje de absorción deberá ser <5%.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGREGADO FINO				
DATOS:				
MATERIA QUE PASA EL TAMIZ #		3/8 "		
Y RETIENE EL TAMIZ #		200		
N° DE NESAYO		1	2	PROMEDIO
N° DE RECIPIENTE		1	2	
MASA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	D g	500	500	
MASA PICNOMETRO + MUESTRA + AGUA	C g	972.77	970.95	
TEMPERATURA	(T) °C	20	20	
MASA PICNOMETRO + AGUA A LA TEMPERATURA	B g	658.5	660.84	
MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	g	889.91	848	
MASA DEL RECIPIENTE	g	399.76	357.34	
MASA MUESTRA SECA	A g	490.15	490.66	
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA	K	1	1	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLUMEN	Sd	2.64	2.58	2.61
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLUMEN (SSS)	Ss	2.69	2.63	2.66
GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE	Sa	2.79	2.72	2.75
ABSORCIÓN	A%	2.01%	1.90%	1.96%

Tabla 12. Gravedad específica agregado fino.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

10.2.3.1.2.2. Gravedad específica de un agregado grueso

Las especificaciones para la determinación de la gravedad específica en agregados gruesos se encuentran en la norma INEN 857, esta norma establece el método de ensayo para determinar en el árido grueso: la densidad de volumen en estado seco, la densidad de volumen en estado saturado superficialmente seco, la densidad aparente y la absorción de agua.

Para la realización de este ensayo se han empleado fórmulas de cálculo presentes en la norma citada anteriormente las cuales detallamos a continuación:

La densidad de volumen del árido grueso en estado seco, a 23/23°C y según definición, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$S_d = \frac{A}{B - C}$$

Cálculo tipo muestra 1:

$$S_d = \frac{4110}{4161 - 2600}$$

$$S_d = 2.63$$

Dónde:

S_d= densidad de volumen a 23°/23° C de árido grueso seco

A= masa de aire de la muestra secada en el horno, en g.

B= masa de aire de la muestra de árido en estado saturado superficialmente seco, g.

C= masa en agua de la muestra de árido en estado saturado, en g.

La densidad de volumen en base a la masa del árido grueso en estado saturado superficialmente seco, a 23°/23°C, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$S_s = \frac{B}{B - C}$$

Cálculo tipo muestra 1:

$$S_s = \frac{4161}{4161 - 2600}$$

$$S_s = 2.67$$

Dónde:

S_s= densidad de volumen a 23°/23° C en base de la masa del árido grueso saturado superficialmente seco

B= masa de aire de la muestra de árido en estado saturado superficialmente seco, g.

C= masa en agua de la muestra de árido en estado saturado, en g.

La densidad aparente del árido grueso a 23°/23°C y según definición, se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$S_a = \frac{A}{A - C}$$

Cálculo tipo muestra 1:

$$S_a = \frac{4110}{4110 - 2600}$$

$$S_a = 2.72$$

Dónde:

S_a= densidad de volumen a 23°/23° C del árido grueso

A= masa de aire de la muestra secada en el horno, en g.

C= masa en agua de la muestra de árido en estado saturado, en g.

El porcentaje de absorción de agua del árido grueso se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$A\% = \frac{(B - A) \times 100}{A}$$

Cálculo tipo muestra 1:

$$A\% = \frac{(4161 - 4110) \times 100}{4110}$$

$$A\% = 1.24$$

Dónde:

A%= porcentaje de absorción de agua del árido grueso

A= masa de aire de la muestra secada en el horno, en g.

B= masa de aire de la muestra de árido en estado saturado superficialmente seco, g.

A continuación anexamos la tabulación de datos y los cálculos realizados en el ensayo de áridos gruesos empleados para la elaboración del hormigón del pavimento rígido de la avenida circunvalación de la ciudad de Riobamba cumpliendo con lo establecido en la norma en la cual se determina que el porcentaje de absorción deberá ser <3%.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGREGADO GRUESO				
DATOS:				
MATERIA QUE PASA EL TAMIZ #	1 1/2 "			
Y RETIENE EL TAMIZ #	4			
N° DE NESAYO		1	2	PROMEDIO
N° DE RECIPIENTE		1	2	
MASA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	B g	4161	3461	
MASA EN AGUA DEL AGREGADO SATURADO	C g	2600	2158	
TEMPERATURA	(T) °C	20	20	
MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	g	4870	4208	
MASA DEL RECIPIENTE	g	760	794	
MASA MUESTRA SECA	A g	4110	3414	
FACTOR DE CORRECIÓN POR TEMPERATURA	K	1	1	
GRAVEDAD ESPEÍFICA DE VOLUMEN	Sd	2.63	2.62	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLUMEN (SSS)	Ss	2.67	2.66	2.66
GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE	Sa	2.72	2.72	2.72
ABSORCIÓN	A%	1.24%	1.38%	1.31%

Tabla 13. Gravedad específica agregado grueso.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

Una vez realizados los cálculos, analizando los resultados obtenidos se determina que tanto en el agregado grueso como en el fino la variación entre la densidad de los agregados en estado natural y saturado no es mayor confirmándose en el porcentaje de absorción bajo lo que demuestra que el agregado no posee exceso de porosidad y por lo tanto se puede emplear en la elaboración de hormigones.

10.2.3.1.2.3. Masa unitaria suelta y compactada en agregados para hormigón

Para la determinación de la masa unitaria suelta y compactada en áridos para hormigón nos hemos basado en la norma INEN 858 la cual establece el método de ensayo para determinar en los áridos la masa unitaria en estado compactado y suelto y el porcentaje de huecos.

La masa unitaria del árido compactado por el procedimiento de la varilla se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Y_c = \frac{A}{V}$$

Cálculo tipo muestra 1:

$$Y_c = \frac{19170 - 11570}{5301}$$

$$Y_c = 1.43$$

Dónde:

y_c = masa unitaria del árido compactado por el procedimiento de la varilla, en Kg/m³

A = masa neta del árido compactado en el recipiente de medida, en Kg.

V = volumen del recipiente de medida, en m³.

La masa unitaria del árido en estado suelto se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Y_c = \frac{C}{V}$$

Cálculo tipo muestra 1:

$$Y_c = \frac{20058 - 11570}{5301}$$

$$Y_c = 1.60$$

Dónde:

y_s = masa unitaria del árido en estado suelto, en Kg/m³

C = masa neta del árido contenido en el recipiente de medida, en Kg.

V = volumen del recipiente de medida, en m³.

A continuación mostramos la tabulación de datos y los resultados obtenidos luego de haber realizado del ensayo.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL			
ENSAYO MASA UNITARIA SUELTA DE AGREGADO GRUESO			
ENSAYO #	1	2	3
MASA MATERIAL + RECIPIENTE	19170	19102	19200
MASA RECIPIENTE	11570	11570	11570
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	5301	5301	5301
MASA UNITARIA SUELTA (PVS) kg/m ²	1.43	1.42	1.44
PROMEDIO	1.43		
ENSAYO MASA UNITARIA COMPACTADA DE AGREGADO GRUESO			
ENSAYO #	1	2	3
MASA MATERIAL + RECIPIENTE	20058	20145	20187
MASA RECIPIENTE	11570	11570	11570
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	5301	5301	5301
MASA UNITARIA COMPACTADA (PVS) kg/m ²	1.60	1.62	1.63
PROMEDIO	1.61		

Tabla 14. Masa unitaria agregado fino.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL			
EMSAYO MASA UNITARIA SUELTA DE AGREGADO FINO			
ENSAYO #	1	2	3
MASA MATERIAL + RECIPIENTE	20298	20305	20340
MASA RECIPIENTE	11570	11570	11570
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	5301	5301	5301
MASA UNITARIA SUELTA (PVS) kg/m ²	1.65	1.65	1.65
PROMEDIO	1.65		
EMSAYO MASA UNITARIA COMPACTADA DE AGREGADO FINO			
ENSAYO #	1	2	3
MASA MATERIAL + RECIPIENTE	20900	20910	20954
MASA RECIPIENTE	11570	11570	11570
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	5301	5301	5301
MASA UNITARIA COMPACTADA (PVS) kg/m ²	1.76	1.76	1.77
PROMEDIO	1.76		

Tabla 15. Masa unitaria agregado grueso.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

10.2.3.2. Ensayo de cemento.

10.2.3.2.1. Gravedad específica del cemento

Para la determinación de la gravedad específica del cemento nos hemos basado en la norma INEN 156 la cual establece el método de ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico, mediante el método del frasco volumétrico de Le Chatelier.

Para realizar el ensayo hemos utilizado varias fórmulas de cálculo presentes en la norma antes mencionada las cuales detallamos a continuación:

La diferencia entre las lecturas inicial y final representa el volumen del líquido desplazado por la masa del cemento utilizado en el ensayo.

Calcular la densidad del cemento, ρ , de la siguiente manera.

$$G_s(\text{g/cm}^3) = (\text{Mg/m}^3) = \frac{\text{masa del cemento}}{\text{volumen desplazado}}$$

Cálculo tipo muestra 1:

$$G_s = \frac{60}{20.6}$$

$$G_s = 2.91 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL						
GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL CEMENTO						
N° DE ENSAYO			1	2		PROMEDIO
N° DE FRASCO "LE CHATELIER"			1	2		
MASA DE MUESTRA	Mc	g	60	60		
TEMPERATURA	T	°C	20	20		
LECTURA INICIAL	A	cm ³	0.4	0.5		
LECTURA FINAL	B	cm ³	21	20.56		
VOLUMEN DESALOJADO	V	cm ³	20.6	20.06		
GRAVEDAD ESPECIFICA DEL CEMENTO	Gs	g/cm ³	2.91	2.99	2.95	

Tabla 16. Gravedad específica cemento.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

Luego de realizado el ensayo se puede observar que el valor de la gravedad específica del cemento está acorde con la gravedad específica de laboratorio por lo que el resultado se acepta como óptimo y por ende determina que el cemento es apto para la elaboración del hormigón.

10.2.4. Dosificación del concreto

El concreto fué premezclado y suministrado de manera continua para el tramo preparado, según el programa diario de fundición para evitar al máximo las juntas frías y la detención del equipo de pavimentación, lo cual afectaría la calidad de la superficie.

Con objeto de controlar el contenido de agua, así como alcanzar las resistencias de proyecto y la durabilidad deseada del concreto, se controló la relación agua/cemento debiendo tenerse en cuenta que, en general, la relación agua/cemento debe ser la menor posible, para lo cual se realiza ensayo de dosificación del hormigón.

La dosificación utilizada para hormigón de 350 kg/cm² fue:

360 kg de cemento.
1040 kg de agregado grueso.
840 kg de agregado fino.
0.43 relación agua/cemento.
3.4 kg de aditivo.

Para determinar la calidad y aceptación del concreto se deben cumplir con varios requisitos establecidos en normas en el caso del hormigón pre mezclado se ha realizado el ensayo de tiempos de fraguado.

Para realizar el ensayo de tiempos de fraguado nos hemos basado en la norma INEN 158 la cual establece el método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado del cemento hidráulico por medio de la aguja de Vicat. Se presentan dos métodos de prueba; Método A es el método de ensayo de referencia usando el aparato de Vicat normalizado, operado manualmente el cual ha sido el empleado para la elaboración de este ensayo.

La determinación de los tiempos de fraguado Vicat se realiza en pastas de cemento hidráulico de consistencia normal, preparadas de acuerdo a la NTE INEN 157. Se realizan penetraciones periódicas en la pasta utilizando la aguja de Vicat de 1 mm de diámetro. El tiempo de fraguado inicial Vicat, es el tiempo transcurrido entre el contacto inicial del cemento con el agua y el instante en el cual la penetración medida o calculada es de 25 mm. El tiempo de fraguado final Vicat, es el tiempo transcurrido entre el contacto inicial del cemento con el agua y el instante en el cual la aguja no deja una impresión circular completa en la superficie de la pasta.

Una vez realizado el ensayo adjuntamos los resultados obtenidos:



Tabla 17. Tiempo de fraguado.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

Una vez realizado el ensayo se determina el tiempo de fraguado final en 41 minutos, estando dentro del rango de la norma la cual establece un desviación estándar de hasta 43 minutos para un fraguado final.

10.2.5. Resistencia del concreto.

Para la determinación de la resistencia del Concreto se ha realizado ensayo con probetas cilíndricas y vigas de hormigón, para la elaboración de estas probetas nos hemos basado en la norma INEN 1576 en la cual se establecen las

medidas normalizadas para cada una de estas probetas las cuales detallamos a continuación tomando un extracto de la norma.

a. Cilindros.

Los especímenes para resistencia a compresión o a tracción diametral deben ser cilindros y el hormigón debe fraguar en posición vertical. El número y tamaño de los cilindros moldeados deben ser los indicados en las especificaciones de la obra.

Adicionalmente, la longitud debe ser el doble del diámetro y el diámetro del cilindro debe ser por lo menos 3 veces el tamaño máximo nominal del árido grueso. Cuando el tamaño máximo nominal del árido grueso supera los 50 mm, la muestra de hormigón debe ser tratada por tamizado húmedo a través del tamiz de 50 mm. Para ensayos de aceptación de la resistencia a compresión especificada, los cilindros deben ser de 150 mm x 300 mm.

El número total de especímenes cilíndricos tomados para ensayos de hormigón de bordillos, aceras y losa de pavimento rígido en el proyecto fue de 4094 unidades.

b. Vigas.

Los especímenes para resistencia a flexión deben ser vigas y el hormigón debe ser moldeado y fraguar en posición horizontal. El número de vigas moldeadas debe ser el indicado en las especificaciones de la obra. La longitud debe ser por lo menos 50 mm mayor que tres veces la altura, respecto de cómo va a ser ensayada. La relación entre ancho y altura, respecto de cómo se moldea, no debe exceder de 1,5. La viga normalizada debe tener una sección transversal de 150 mm x 150 mm y debe ser utilizada para hormigón con árido grueso de hasta 50 mm de tamaño máximo nominal. Cuando el tamaño máximo nominal del árido grueso excede de 50 mm, la dimensión más pequeña de la sección transversal de la viga debe ser al menos tres

veces el tamaño máximo nominal del árido grueso. A menos que las especificaciones del proyecto lo requieran, las vigas elaboradas en campo no deben tener el ancho o la altura menor que 150 mm.

El número total de especímenes para resistencia a flexión tomados para ensayos de hormigón de la losa de pavimento rígido en el proyecto fue de 2308 unidades.

El número total de cilindro y vigas ensayadas responde a las especificaciones técnicas que se halla en la sección 405-8(04) del MOP-001-F-2012 que señala que se tomarán al menos tres muestras de dos vigas o de dos cilindros por cada 120 m³ de hormigón fundido.

10.2.5.1. Ensayos

Para la determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de hormigón hemos seguido los requisitos establecidos en la norma INEN 1573 la cual establece el método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.

A continuación mostramos las tablas utilizadas para realizar el ensayo.

Díámetro de los especímenes de ensayo (mm)	Díámetro máximo de la cara de contacto (mm)
50	105
75	130
100	165
150	255
200	280

Tabla 16. Díámetro máximo de cara de contacto del bloque de carga esférico

Fuente. Norma INEN 1573

L/D	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor:	0,98	0,96	0,93	0,87

Tabla 17. Factor de corrección según la relación de longitud al diámetro del espécimen.

Fuente. Norma INEN 1573.

Una vez realizado el ensayo basado en la Norma establecida mostramos los resultados obtenidos:

Para la determinación de la resistencia a la compresión se aplica una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos de hormigón de cemento hidráulico a una velocidad que se encuentra dentro de un rango definido hasta que ocurra la falla del espécimen.

La resistencia a la compresión de un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo para el área de la sección transversal del espécimen.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL								
ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN								
PROBETA	EDAD DE ENSAYO (días)	CANTIDAD CEMENTO (kg)	RESISTENCIA DE DISEÑO (MPa)	MASA DE PROBETA (g)	DIAMETRO DE PROBETA (cm)	ALTURA DE PROBETA (cm)	CARGA APLICADA (kN)	RESISTENCIA (MPa)
C2707	7	360	35	12.532	15	30	656.26	37.14
C2708		360	35	12.614	15	30	663.56	37.55
C2709	28	360	35	12.58	15	30	643.52	36.42
C2710		360	35	12.574	15	30	641.22	36.29
							PROMEDIO	36.85

Tabla 18. Resistencia a la compresión.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

Para la determinación de la resistencia a la flexión de vigas de hormigón hemos seguido los requisitos establecidos en la norma INEN 2554 la cual establece el

método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón mediante el uso de una viga simple apoyada en los extremos y cargada en los tercios de la luz libre.

Para realizar el ensayo hemos utilizado gráficas presentes en la norma anteriormente mencionada, las cuales anexamos a continuación

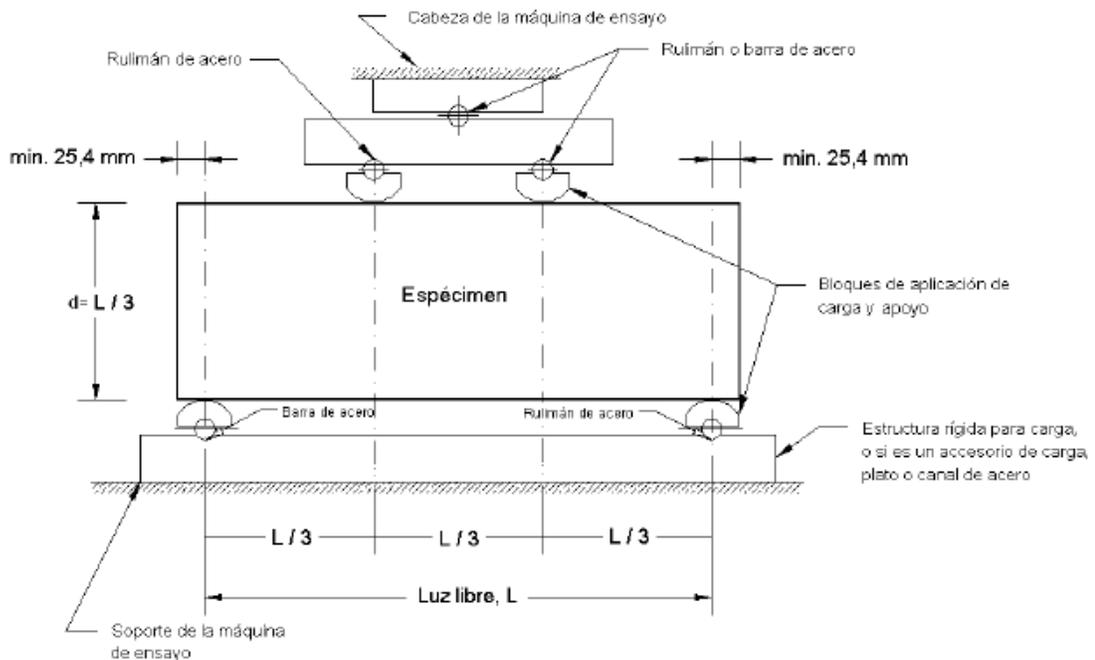


Figura 40. Esquema de un aparato apropiado para ensayos de flexión en el hormigón, por el método de la carga de los tercios de la luz libre

Fuente. Norma INEN 2554.

Una vez realizado el ensayo bajo las especificaciones nombradas en la norma mostramos los resultados obtenidos:

El ensayo consiste en una viga de hormigón simple apoyada libremente en los extremos cargada en los tercios de la luz libre hasta que ocurra la rotura del

espécimen. La carga aplicada es continua, sin impacto a una velocidad constante. La resistencia a la flexión se determina por medio del módulo de rotura.

La fractura se produjo en la superficie de tracción dentro del tercio medio de la luz libre, por lo cual el módulo de rotura se calculó de la siguiente manera:

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

Cálculo tipo viga 1741:

$$R = \frac{30550 \times 450}{15 \times 15^2}$$

$$R = 4.07$$

Dónde:

R = módulo de rotura, en MPa,

P = carga máxima aplicada, indicada por la máquina de ensayo, en N,

L = Luz libre, en mm,

b = promedio del ancho del espécimen, en la fractura, en mm,

d = promedio de la altura del espécimen, en la fractura, en mm.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL							
ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN							
VIGA	EDAD DE ENSAYO (días)	MASA DE VIGA (g)	ALTO DE VIGA (cm)	ANCHO DE VIGA (cm)	LUZ DE VIGA (cm)	CARGA APLICADA (kN)	RESISTENCIA (MPa)
V1741	7	28.614	15	15	45	30.55	4.07
V1742		28.571	15	15	45	26.65	3.55
V1743	28	28.571	15	15	45	33.5	4.47
V1744		28.696	15	15	45	33	3.82
						PROMEDIO	3.98

Tabla 19. Resistencia a la flexión.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

Luego de realizados los ensayos se puede observar que en ambos ensayos los resultados obtenidos son satisfactorios ya que en el caso del ensayo a la compresión la carga debe ser mayor a 35 MPa para un hormigón de 350 kg/cm² y en el ensayo a flexión deben ser mayor a 3.9 MPa de promedio mínimo.

Además hay que tomar en consideración que se necesitan aditivos en el caso de hormigones de alto desempeño por lo que estos también son sometidos a ensayos para verificar sobre todo la gravedad específica permitiendo así la correcta mezcla junto con el hormigón.

El aditivo utilizado en el proyecto es el SF106 fabricado por la empresa Aditec el mismo cumple la gravedad específica establecida en el rango 1.18 +/- 0.02.

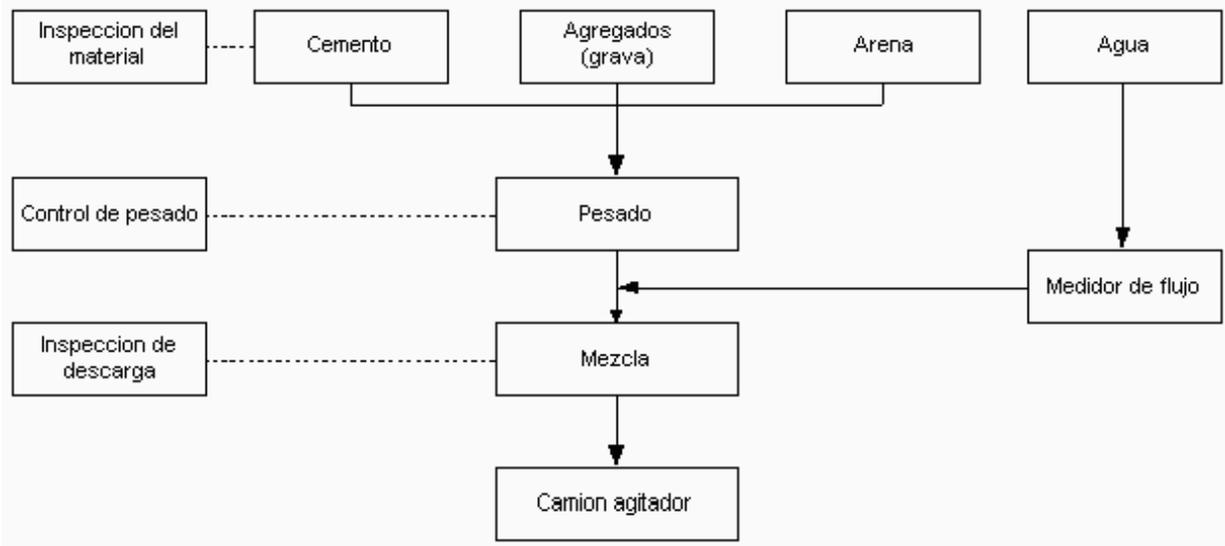
A continuación anexamos los resultados obtenidos:

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL					
GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL ADITIVO					
N° DE ENSAYO			1	2	PROMEDIO
N° DE PICNÓMETRO			1	2	
MASA DEL PICNÓMETRO		g	53.97	52.65	
MASA DEL PICNÓMETRO + AGUA		g	163.86	161.16	
TEMPERATURA		°C	18	18	
VOLUMEN DEL PICNÓMETRO		cm ³	109.89	108.51	
MASA DEL PICNÓMETRO + ADITIVO		g	185.37	182.49	
MASA DEL ADITIVO		g	131.4	129.84	
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA			1	1	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL ADITIVO	Gs	g/cm ³	1.196	1.197	1.196

Tabla 20. Gravedad aditivo.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

10.2.6. Elaboración en planta del hormigón.



Descripción del proceso:

- El proceso de producción inicia con la recepción e inspección del material pétreo para que se encuentre libre de impurezas orgánicas, luego se procede a tomar las muestras necesarias para realizar los ensayos de estos pétreos para determinar si son aptos para la elaboración del hormigón.
- Cada uno de los agregados pétreos es colocado en una tolva pequeña con una balanza que determina el peso de los materiales. Cuando se ha obtenido la cantidad correcta dentro de la tolva de pesado, el proceso de alimentación es detenido automáticamente.
- Luego, estos materiales son ascienden a la mezcladora, donde junto con la cantidad correcta de agua y cemento, son mezclados hasta obtener una mezcla homogénea.
- El cemento mezclado es descargado en los camiones (mixer) debajo de la tolva de descarga. El camión mixer, con su tanque de almacenamiento

giratorio, permite al cemento mantener su fluidez hasta por una hora, previniendo que el cemento no se endurezca prematuramente.



Figura 41. Almacenaje y dosificación de materiales.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.



Figura 42. Camión agitador de concreto.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

Para la elaboración de concreto en la planta de premezclado ubicada en el sector de San Gerardo se rigió a normas y requisitos tales como los que se establecen en la norma INEN 040 la cual define normas mínimas para el hormigón premezclado. Se aplica al personal, materiales del hormigón, plantas y equipos, documentación y control de la calidad del hormigón.

10.2.7. Tendido del hormigón.

10.2.7.1. Longitud de moldes colocados.

Previo a la fundición de la losa de hormigón se estableció un cronograma mediante el cual se controló que en el sitio de fundición existiera la cantidad suficiente de moldes laterales considerando que la longitud de los tramos en ningún caso fue menor a 100 metros.

10.2.7.2. Limpieza y aceitado de los moldes

Antes de cada fundición se controlaban que los moldes se hallen perfectamente limpios y aceitados para facilitar su desmolde.

Los moldes limpios y aceitados eran trasladados a los sitios de fundición pre establecidos en camiones y colocados rápidamente según los alineamientos, el desmolde de la losa se realizó posterior a las 24 horas de fraguado considerando las características del hormigón.

10.2.7.3. Colocación de Moldes Fijos

Los moldes fijos laterales que cumplen la función de encofrado fueron colocados según los alineamientos y pendientes que posee la subbase la cual fue previamente perfilada según las necesidades de la losa. Se comprobó que los moldes están totalmente asentados en el terreno y se alinearon utilizando piola, para fijarlos se emplearon estacas de madera a una profundidad suficiente como para evitar que estos sufran desplazamientos el momento de recibir el hormigón fresco y soportar el peso de la máquina pavimentadora.

10.2.7.4. Colocación de dispositivos de transferencia de carga (pasajuntas).

En las juntas transversales de contracción, de construcción, y en los sitios que se indica, se colocaron pasajuntas como mecanismos para garantizar la transferencia efectiva de carga entre las losas adyacentes. Las varillas de acero se

colocaron a cada 30 cm a lo largo de las juntas transversales de contracción y de construcción y se encuentran embebidas en las losas. Se verificó que ambos extremos de las pasajuntas estén libres de rebabas. El acero tiene uno de sus extremos recubierto con grasa impidiendo la adherencia del acero con el concreto.

Las pasajuntas fueron instaladas por medio de canastas metálicas de sujeción. Las canastas de sujeción fueron aseguradas con estacas de acero para evitar que se desplacen durante la fundición de las losas de pavimento rígido.

A lo largo de las juntas longitudinales se realizó la inserción de varillas en el hormigón fresco a través de orificios existentes en los moldes laterales estas se ubican a cada 50 cm con el fin de unir las dos calzadas, es decir, que al vaciar el concreto de la otra parte de la calzada quede perfectamente alineada y con un mejor agarre de la misma.



Figura 44. Colocación de canastas para pasajuntas.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

10.2.7.5. Vertido del hormigón.

Antes de iniciar la jornada de pavimentación se tomaron todas las medidas de seguridad y precauciones para el personal de la obra. Para iniciar se revisaron los siguientes aspectos:

- Revisión de todo el equipo involucrado en la pavimentación.
- Que se cuenta con una distancia aceptable de tramo a pavimentar.
- Disponibilidad de materiales.
- Reservas en almacenamiento y obra.
- Herramientas necesarias para la colocación del concreto.
- Equipo y agua suficiente para humedecer la rasante.
- Correcta colocación de las pasajuntas.

Se comprobó que la sub-base o rasante se encuentre saturada o humedecida para recibir el concreto, ya que la sub-base con falta de agua pueden absorber agua del concreto y reducir la hidratación del cemento ocasionando bajas resistencias.

El concreto una vez que llega al frente de pavimentación, es revisado, por fiscalización en características físicas y asentamiento determinando rápidamente si se puede descargar, y de ser así, una vez descargado, se tomaron muestras de laboratorio para determinar características físicas y químicas de la mezcla de hormigón.

Se comprueba posterior a ello la uniformidad de la mezcla es decir que tenga las características necesarias de trabajabilidad para lo cual es esencial considerar la distancia desde la planta hasta el sitio de la fundición para prevenir que el hormigón pierda sus características de trabajabilidad.

La distribución del concreto al frente de la pavimentadora es el primer contacto entre el concreto y la rasante y se logra mediante la colocación directa del hormigón desde el mixer y la ayuda de personal para su correcta distribución desde el frente de la máquina hacia los costados.

En las pavimentadoras encontramos los vibradores los cuales tienen dos funciones, consolidar el concreto y hacerlo fluido para que pase por el molde. Físicamente el objetivo es lograr que las partículas que conformen la mezcla por efectos de la vibración se junten logrando la eliminación de vacíos.

Debe tenerse especial cuidado con el vibrado ya que un mal vibrado manifiesta inmediatamente en el aspecto de la losa por ello se verificó constantemente el aspecto de la losa haciendo que la pavimentadora pase sobre la mezcla las veces que sea necesario hasta obtener las características de la losa necesarias.

Así mismo si la losa ya poseía las características necesarias se evitaba el vibrado nuevamente ya que el vibrado excesivo también segrega las partículas o agregados que conforman la mezcla.

Finalmente posterior al vibrado la máquina pavimentadora posee rodillos los cuales le dan la forma a la losa para lo cual los moldes laterales deben estar perfectamente alineados y perfilados logrando que la pavimentadora se asiente correctamente sobre estos dejando un terminado uniforme y liso.

El resultado de un buen trabajo con la máquina pavimentadora es una altura correcta y superficie uniforme tanto en las dimensiones horizontal como en la vertical, para esto es fundamental que el tendido del hormigón se continúe por ello se controla que antes de terminar el tendido de un mixer el mixer siguiente ya se encuentre en obra agitando la mezcla. Los puntos a cuidar en esta etapa fueron:

- Control de la trabajabilidad de la mezcla.
- Mantener la relación Agua / Cemento de diseño.
- Verificar el espesor colocado.
- Evaluar la calidad de la superficie dejada por la pavimentadora.
- Ajustar la velocidad de avance de la máquina pavimentadora con respecto al suministro de concreto (recordando que los equipos de pavimentación en lo posible no deben parar).

Una vez tendido el hormigón con la máquina pavimentadora inmediatamente detrás de la fundición y mientras el hormigón aún se encontraba fresco y trabajable se realizó el trabajo de acabado preliminar utilizando reglas alisadoras.

Cada regla fue operada desde afuera del pavimento y el número de pasadas fue el necesario para corregir todas las irregularidades de la superficie, hasta obtener una textura lisa y uniforme.

10.2.7.6. Texturizado.

Este proceso es muy importante, ya que el texturizado de la superficie brindará al pavimento características de rugosidad, liberación de agua superficial, eliminación de ruidos, apariencia agradable, iluminación adecuada y sobre todo seguridad al transitar.

De esta manera los trabajos para darle textura al pavimento fueron los siguientes:

- El texturizado transversal se realizó en forma manual mediante una rastra de alambre en forma de peine.
- La profundidad de la textura superficial estriada fue de 1.5 mm según los dientes del peine.



Figura 43. Peine con dientes metálicos para texturizado transversal manual.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

El acabado final proporciona una superficie de rodamiento con las características máximas de seguridad (coeficiente de fricción) y de comodidad (índice de rugosidad interna).

10.2.8. Proceso de curado

La operación de curado del concreto, se efectuó aplicando en la superficie una membrana de curado Antisol Blanco INF fabricado por la empresa Sika diluido en agua potable a razón de un litro por metro cuadrado (1 lt/m^2), para obtener un espesor uniforme de aproximadamente 1 mm, que deje una membrana impermeable y consistente, de color claro, que impida la evaporación del agua que contiene la mezcla del concreto fresco.

La aplicación de la membrana de curado se realizó mediante la irrigación mecánica del compuesto de curado Antisol sobre la losa de concreto fresco.



Figura 45. Curado de pavimento rígido.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

El compuesto curador se aplica inmediatamente después de efectuarse el texturizado transversal. Hay que realizar la aplicación de la membrana también sobre los bordes verticales de la losa.

Durante el tiempo de endurecimiento del concreto, se protegió la superficie de las losas contra acciones accidentales de origen climático, de herramientas o del paso del equipo o seres vivos para esto se empleó un manto pre-fabricado de la empresa Sika.

10.2.9. Elaboración de juntas. Los cortes transversales y longitudinales de las losas

Para evitar fisuras en la superficie de la losa de pavimento producidas por contracción y dilatación durante el proceso de fraguado se realizan juntas de contracción cortadas con disco para limitar con el fin de crear una fisura inducida y evitar que las fisuras se propaguen en cualquier dirección.

El proceso de cortar las losas de concreto, se realizó después del curado de las losas. Los cortes de las juntas de contracción se realizaron con equipos de corte con discos de diamante cuando el concreto alcanzó cierto grado de endurecimiento.



Figura 46. Fisura de corte de juntas.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

Se realizó un primer corte para garantizar la inducción adecuada de las grietas de contracción, con un ancho de 3 mm utilizando un solo disco de corte y cortando a una profundidad de un tercio del espesor es decir de 8 a 10 cm.

Posteriormente se realizó el ensanche de las juntas con otro disco de corte de 6 mm de espesor y la profundidad de este corte es de 5 a 8 mm.

En general las funciones principales de los cortes sirven al concreto a que sus cambios de volumen generados por la variación de temperatura no le provoquen grietas.



Figura 47. Juntas del pavimento rígido.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

Los cortes para las juntas de contracción sobre la calzada se realizaron en paños de 6m x 4.25m y dentro de las 24 a 48 horas después de la fundición.

10.2.9.1. Limpieza y sello de juntas

La limpieza de juntas se realizó con aire a presión, una vez seca la junta y perfectamente libre de polvo en sus paredes, se colocó un cordón de respaldo (polylon fabricado por SIKA) cuya función principal es la de minimizar la utilización del sellador e inmediatamente después se colocó el sellador dentro de la junta respetando las indicaciones del fabricante en cuanto a su factor de forma y modo de aplicación.

Es importante que el sellador sea un material autonivelante de un solo componente, elástico, resistente a los efectos de combustibles y aceites automotrices, con propiedades adherentes al concreto y que permita las dilataciones y contracciones que se presenten en las losas, sin agrietarse, el producto empleado para sellar las juntas fue Sonomeric el cual cumple con las especificaciones requeridas.

Es necesario que la superficie del sellador se aloje por debajo de la superficie de rodamiento entre 3 mm y 6 mm con el fin de evitar que entre en contacto con los neumáticos de los vehículos y se pueda deteriorar. La función del sellador es la de

evitar que partículas incompresibles penetren en la junta y puedan generar despostilladuras en los bordes de las losas debido al movimiento de las mismas.

Otra función es la de impedir que el agua de la superficie pueda penetrar a la estructura de soporte y evitar problemas de expulsión de finos, pérdida de soporte y reducción de resistencia del material de sub-base.



Figura 48. Sello de juntas de pavimento.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

10.2.10. Señalización y puesta en servicio de la vía.

Antes de la apertura de la vía a la circulación normal es indispensable que esta posea la debida señalización que proteja la integridad de conductores y peatones, la señalización empleada en el proyecto fue la siguiente:

- **Marcas de pavimento (sobre pavimento rígido termoplástico $e=2.3\text{mm}$ ancho 12 cm):** marcas moldeadas en caliente con

resistencia en pavimentos de hormigón de 12 kg/cm² con micro esferas de vidrio recubiertas con material termoplástico.

- **Señales al lado de la carretera (preventiva, informativa, reglamentaria):** son placas o paneles para señales al lado de la carretera que están montados en postes metálicos, instaladas en las ubicaciones y orientación señalada en los planos.
- **Postes báculo y simples:** utilizados para iluminación de la vía ubicados de acuerdo a planos.
- **Semáforos vehiculares y peatonales:** son sistemas eléctricos de señalización para regular el tráfico vehicular y peatonal.

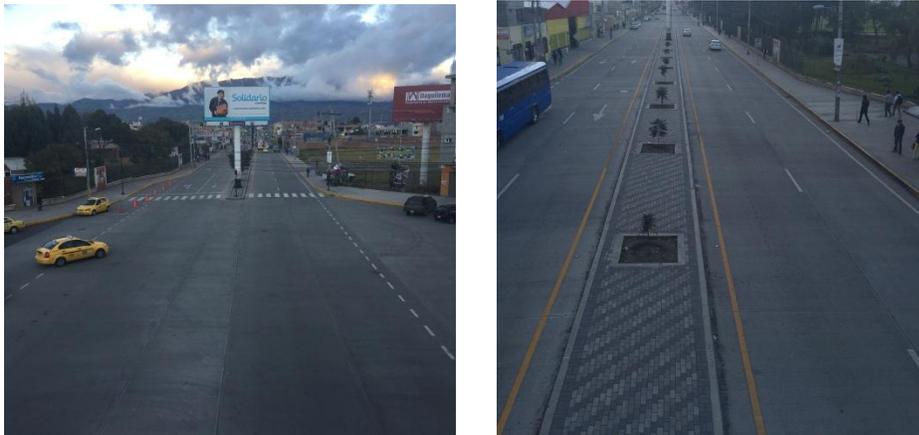


Figura 49. Señalización sector ESPOCH.

Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

10.3. APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN OTROS PROYECTOS.

Las ventajas de utilizar el pavimento de concreto hidráulico premezclado como solución a los problemas existentes.

Las ventajas que proporcionaría rehabilitar la vía con pavimento de concreto hidráulico pueden ser muy importantes, sobre todo en el aspecto económico.

A continuación se transcriben segmentos de artículos y ponencias de especialistas en vías terrestres en nuestro país, los cuales nos dan una panorámica general en cuanto a las ventajas de utilizar el pavimento de concreto hidráulico. Las ventajas que a continuación se presentan son derivadas de la experiencia particular de sus autores a través de los años.

El Ing. Humberto Romero y Navarro menciona en su artículo "Cada día se intensifica más la construcción de pavimentos de concreto hidráulico, principalmente en calles y avenidas. Esto se debe a que este material es el más indicado para tales usos, por las razones que expongo a continuación:

Larga duración. Se ha comprobado que los pavimentos de concreto hidráulico tienen una duración de por lo menos 20 años. En Estados Unidos e Inglaterra, se presentan casos, cuya construcción data de setenta a cien años y aún se hallan en excelente estado, exentos de gastos de mantenimiento. Por ejemplo los pavimentos de concreto hidráulico son resistentes al derrame de combustible y aceite de los vehículos, que tanto afecta a los pavimentos flexibles. Otra causa es que no se encuentran sujetos a deformaciones continuas durante su uso, como el caso del material asfáltico. En los pavimentos flexibles, los arrugamientos, tanto transversales como longitudinales se deben a la presión ejercida por las ruedas de los vehículos. Los pavimentos de concreto ofrecen mejor resistencia a las presiones de arranque, frenado y circulación producidas por el tránsito.

Mantenimiento mínimo. Los pavimentos de concreto requieren de un mantenimiento mínimo, que consiste en el oportuno sellado de grietas que llegaran a aparecer y a la reposición del material bituminoso en aquellas juntas de expansión o construcción que, por algún motivo lo han perdido. En cambio, los pavimentos asfálticos requieren de riegos de sello, por lo menos cada tres

años. Necesitan un continuo y cuidadoso "bacheo", o sea reposición de la carpeta en las zonas, que por razón natural se ha deteriorado.

Se calcula empíricamente que cada año hay que reponer no menos del 10 % de la superficie pavimentada con materiales asfálticos y que en un periodo que varía del sexto al décimo año habrá que agregar otra capa de carpeta y reconstruir la base de aquellas zonas que presenten mayores daños.

Para los organismos municipales, estatales o federales y también para los efectos que resiente el público resulta más sencillo efectuar reparaciones en pavimentos de concreto hidráulico que en los asfálticos. En el caso del concreto bastará con disponer de cemento, agregados y una pequeña concretera para alguna zona dañada por sustitución o nueva instalación de tuberías. En cambio, para reparar un pavimento de asfalto se requiere tener en el lugar un equipo de bacheo y uno de compactación. En el sitio donde se elabora la mezcla se necesita una petrolizadora y una motoconformadora, equipos que no todos disponen en forma fácil, económica y oportuna. Además de que se requiere de una planta de asfalto que no siempre está a la mano.

No hay consumo de energéticos. Este argumento en favor de los pavimentos de concreto no ha sido utilizado. Sin embargo, en la actualidad hay que tomarlo en cuenta, los pavimentos que utilizan como materia prima el asfalto, presuponen un alto consumo de este material y de solvente que seguramente tendrían una mejor aplicación en otras ramas industriales.

El concreto por lo contrario, al tener como primordial aglutinante el "cemento", fabricado con calizas, arcillas y otros elementos abundantes en la naturaleza no ocasiona con su creciente empleo ningún efecto negativo para el futuro.

Pavimentos de menor espesor. Los pavimentos de concreto hidráulico debido a las cualidades del material requieren de menor espesor, para asegurar que las terracerías queden en condiciones de recibir las cargas a que estarán sujetas por efectos del tránsito. Algunas ventajas de un pavimento de concreto hidráulico con respecto a un pavimento de concreto asfáltico.

Costos totales inferiores. Hay que considerar que los costos iniciales de construcción son moderadamente más altos cuando los diseños son equivalentes, pero los costos de mantenimiento son mucho menores durante la vida útil del pavimento, además el pavimento de concreto tiene una vida útil más larga que la del pavimento asfáltico.

Tecnología de punta. Ahora es más fácil construir pavimentos de concreto debido a que se cuenta con la tecnología, los especialistas y la infraestructura requerida para obras de este tipo, además ya existen plantas de concreto premezclado en casi toda la república mexicana, así como equipos básicos para construir los pavimentos.

Reducción de costos de operación. La superficie del concreto no afecta severamente a los vehículos, de esta manera se reducen los costos de mantenimiento.

Durabilidad. Las superficies de concreto duran más y resisten los derrames de gasolina, diesel y aceite de los vehículos, así como también presenta mayor resistencia a los efectos del intemperismo. El calor tampoco lo afecta, no se vuelve pegajoso ni sus ingredientes se volatilizan (no contaminan).

Capacidad estructural. El pavimento de concreto resiste mejor las cargas transmitidas por vehículos pesados y protege mejor el terreno de apoyo. Tampoco se deforma en zonas de frenado y arranque de vehículos pesados. También el concreto gana resistencia con el paso del tiempo.

Buen drenaje. Las superficies de concreto proporcionan un buen drenaje superficial para el agua de lluvia al no deformarse ni encharcarse, de esta manera hay menos posibilidades que se presente el fenómeno de acuaplaneo. Cabe mencionar que el bombeo requerido para expulsar el agua es menor, por lo que brinda mayor comodidad al usuario.

Obras preliminares mínimas. No se requieren grandes trabajos de excavación para construir las losas de concreto. Generalmente para apoyar el pavimento de concreto se utiliza la superficie existente, inclusive una puede ser una carpeta de asfalto sin importar que tenga deformaciones.

Ahorro de energía eléctrica. La superficie de concreto es altamente reflejante y ahorra energía en iluminación nocturna.

Obras rápidas. Con concreto hidráulico se pueden alcanzar muy altas resistencias en cuestión de horas, de esta manera se puede disponer de los tramos de colado en poco tiempo.

Seguridad. La superficie del concreto hidráulico se pueden hacer tan segura (antiderrapante) como se desee, debido a las variadas técnicas de texturizado. También se tiene que los elementos como: pinturas, señalamientos, marcas, etc, duran más en superficies de concreto hidráulico.

Las ventajas detalladas anteriormente son el motivo por el cual se ha optado por este tipo de pavimento para avenidas y calles del país obteniendo excelentes resultados, las avenidas principales de las ciudades de Cuenca, Quito, Guayaquil, etc. son claro ejemplo de proyectos con similares características a la Av. Circunvalación de la ciudad de Riobamba la cual se encuentran dentro del casco urbano. La aplicación de pavimento rígido como alternativa para vías dentro del casco urbano de la ciudades se puede apreciar claramente en la vía Lope de Vega en la ciudad de Cuenca la misma

que fue construida en Junio del 2007, es decir hasta la actualidad posee 8 años de servicio, manteniendo las características principales para su óptimo funcionamiento, es decir, un buen drenaje la inexistencia de baches la presencia intacta de rugosidad superficial necesaria para brindar la seguridad a los que transitan por esta arteria vial.



Figura 50. Construcción Vía Lope de Vega. Tesis UEC
Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

Todas estas características se pueden verificar con las fotografías anexas tomadas en la actualidad en donde se demuestra que el pavimento rígido es una de las mejores opciones constructivas para vías sometidas a grandes cargas de tráfico y con excelente comportamiento de drenaje unas de las principales causas que afectan los pavimentos flexibles, dejando demostrado que el costo elevado de la construcción de una vía de pavimento rígido se justifica con el servicio, el poco mantenimiento y la vida útil que estas vías poseen y no solo podemos citar este ejemplo sino varias arterias viales presentes principalmente en las ciudades más desarrolladas del país las cuales prestan un óptimo servicio.

Con este análisis se puede demostrar que las ventajas de una vía de pavimento rígido supera los altos costos que su construcción genera brindando la seguridad y el confort a todos los usuarios más cuando el comportamiento del hormigón frente a grandes cargas vehiculares constantes frenados y variaciones climáticas es muy superior al de un pavimento flexible.





Figura 51. Estado actual vía Lope de Vega
Elaborado. Grace K. Soto C. y Daniel A. Martínez M.

CAPITULO IV

B. RESULTADOS

- Se establece un procedimiento constructivo para la colocación del hormigón, que va desde el perfilado y preparación de la subrasante, colocación de los moldes para la pavimentación, construcción de la losa, construcción de las juntas, sellado hasta el curado del hormigón.
- En cuanto a la elaboración del hormigón, se cumplió con especificaciones, según las normas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, sobre el cemento Portland, almacenamiento, transporte y calidad además, origen, características, granulometría, almacenamiento, tomas de muestras y métodos de ensayos para áridos finos y gruesos, materiales para juntas y sellado de las mismas, barras de transferencia de carga, etc.
- La aplicación del pavimento elaborado con concreto hidráulico en otros proyectos de similares características es factible ya que se obtiene ventajas económicas a largo plazo, estéticas y además ayuda en el desarrollo tecnológico del país ya que en países del primer mundo este es el método más utilizado para la construcción de vías.
- Una vez culminada la construcción de la vía y puesta en servicio se puede comprobar que los resultados obtenidos son satisfactorios ya que se ha mejorado el flujo vehicular en la zona brindando seguridad y confort a los usuarios, además, ha contribuido al desarrollo vial de la ciudad.

CAPITULO V

B. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez finalizada la investigación:

- Se determinó mediante ensayos de laboratorio que las características tanto físicas como químicas de los materiales utilizados para la fabricación del pavimento rígido en la Avenida Circunvalación cumplieron con las especificaciones establecidas convirtiéndolos en óptimos para la elaboración del mismo.
- Concluimos que el proceso constructivo aplicado en la construcción del pavimento rígido de la Avenida Circunvalación de la ciudad de Riobamba supera los requisitos necesarios para la elaboración de un pavimento rígido logrando alcanzar excelentes resultados una vez puesta en servicio.
- Los datos recolectados en campo y tabulados en nuestro trabajo de graduación dan a conocer la buena calidad no solo de los materiales utilizados en la fabricación del hormigón, sino de cada una de las actividades que componen el proceso constructivo empleado.
- Una vez analizadas las ventajas que presenta la aplicación del pavimento rígido dentro del casco urbano de una ciudad con relación al pavimento flexible, determinamos la factibilidad de aplicación del método constructivo empleado en la Av. Circunvalación de la ciudad de Riobamba en proyectos de semejantes características, no solo para rehabilitación de vías existentes, sino también para la apertura de nuevas infraestructuras viales.

- Recomendamos continuar investigando:
 - ✓ El comportamiento de los pavimentos rígidos, sus leyes de deterioros, causas que provocan el fallo y deficiencias en los materiales y procedimientos constructivos que los aceleren.

 - ✓ EL Método de diseño y evaluación de los factores que motivan y aceleran los deterioros en los pavimentos rígidos de carreteras, tales como: tránsito, calidad del hormigón, resistencia de la subrasante y las condiciones climáticas.

 - ✓ Las condiciones de conservación: En cuanto a las actividades de mantenimiento preventivo y las tareas de rehabilitación a partir de la evaluación del pavimento.

CAPITULO VI

B. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ministerio de obras públicas y comunicaciones: 2002. Especificaciones Generales para la construcción de Caminos y Puentes. República del Ecuador. 772 paginas.
- Raysa López Alfonso: 2010. Procedimiento constructivo para la elaboración, construcción y puesta en servicio de pavimentos rígidos para carreteras con juntas sin refuerzo continuo Tesis Ing. Civil. La Habana México .Instituto superior José Antonio Echeverría. 119 paginas.
- José Francisco Alvarado Alvarado: 2013. Manual para la construcción de losas de concreto para pavimento rígido. Costa Rica. Consorcio FCC-Interamericana Norte. 30 paginas.
- Ing. Román serrano Medrano: 2011. Diseño de una mezcladora de concreto para un volumen medio. Morelia Michoacán. Universidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo Tesis Maestro de ciencias. 88 paginas.
- Iván D. Zagaceta Gutiérrez y Ramiro Romero Ordoñez: 2008. El pavimento de concreto hidráulico premezclado en la modernización y rehabilitación de la Avenida Arboledas Tesis Ing. Civil. México D.F. 168 paginas.

- México Coordinación general de minería: 2013. Estudio de la cadena productora de los materiales pétreos. Distrito federal México. Coordinación general de minería. 38 paginas.

- Erik Hernández Gutiérrez: 2005. Pavimentación de la carretera México – Tuxpan Tramo: Tejocotal – Nuevo Necaxa Tesis Ing. Civil. México. Escuela superior de ingeniería y arquitectura unidad Zacatenco. 328 paginas.

- Ing. Samuel Mora: 2012. Pavimentos de concreto hidráulico. III seminario nacional de Gestión y normatividad vial. Ministerio de transportes y comunicaciones. 16 paginas.

CAPITULO VII

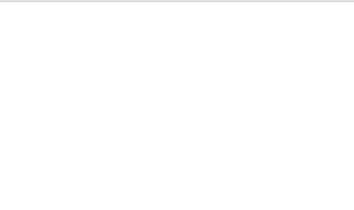
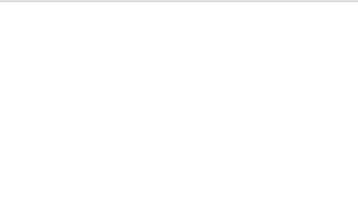
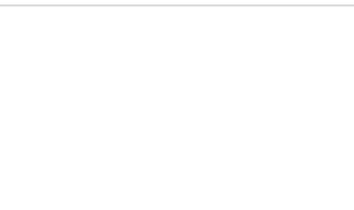
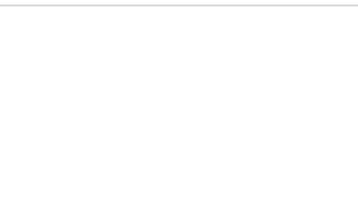
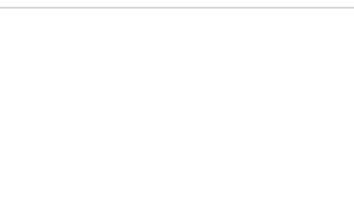
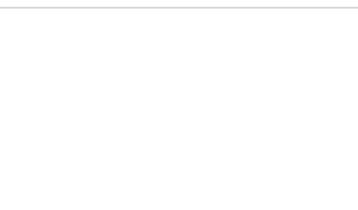
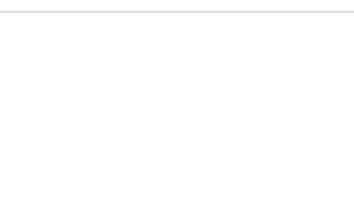
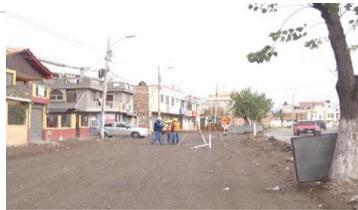
B. APÉNDICES O ANEXOS

3. *ANEXO FOTOGRAFICO*

1.1. Retiro de carpeta asfáltica en mal estado.



1.2. Replanteo topográfico.



1.4. Sistema sanitario.

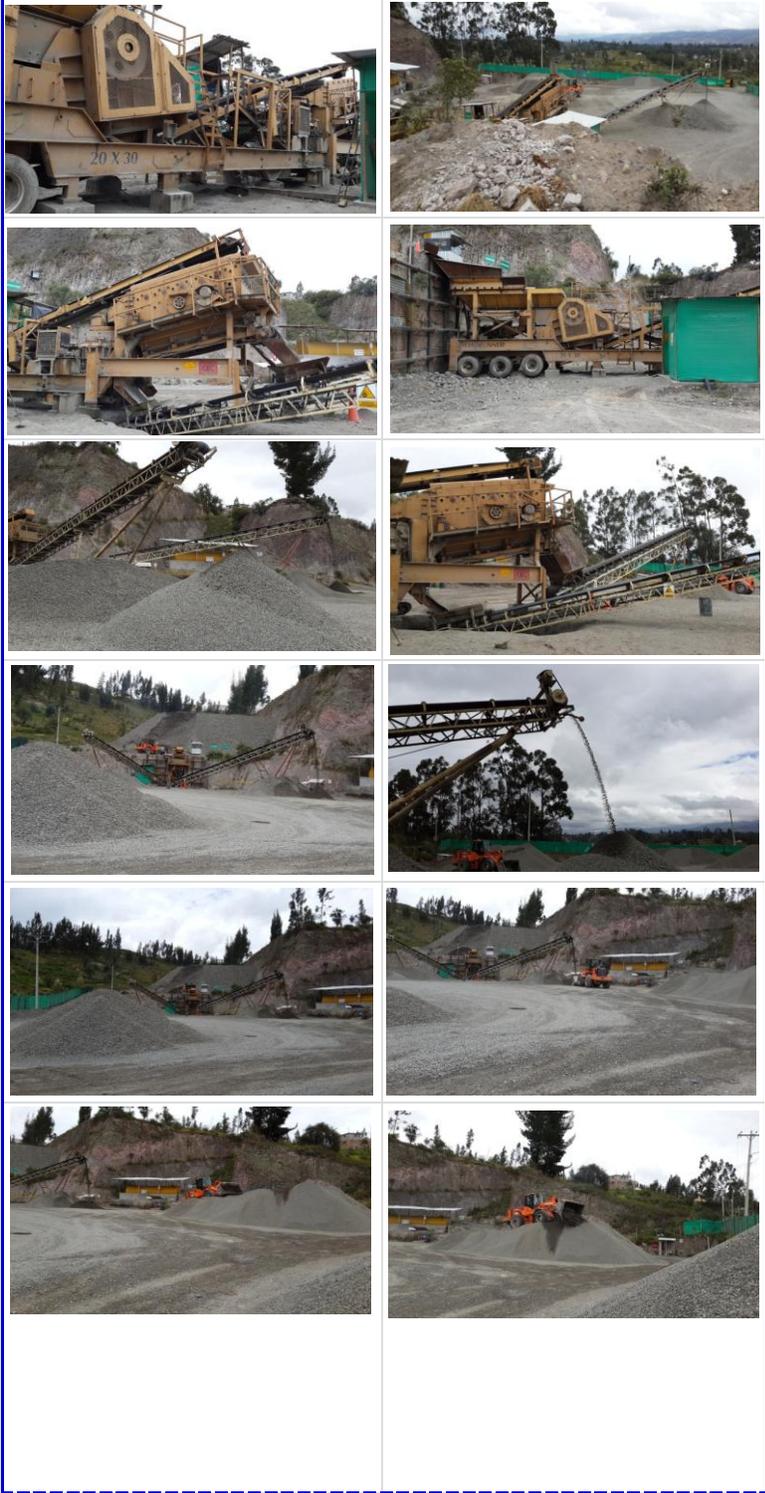


1.5. Extraccion de material.



1.6. Planta de procesamiento de aridos.





1.7. Ensayos de laboratorio.

1.7.1. Resistencia del hormigón





1.7.2. Ensayos de materiales pétreos







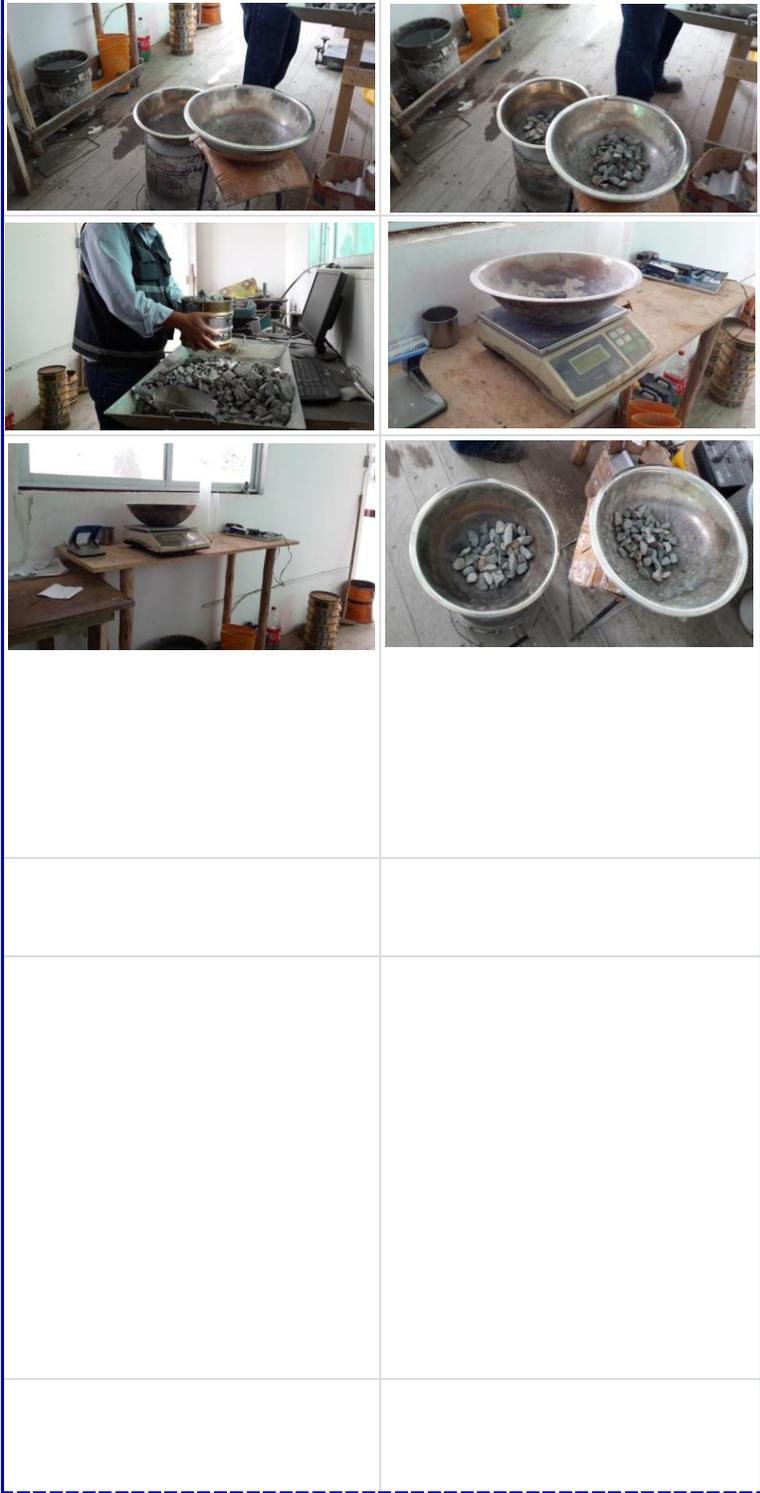












1.7.3. Ensayos de hormigón



1.7.4. Ensayo de cemento



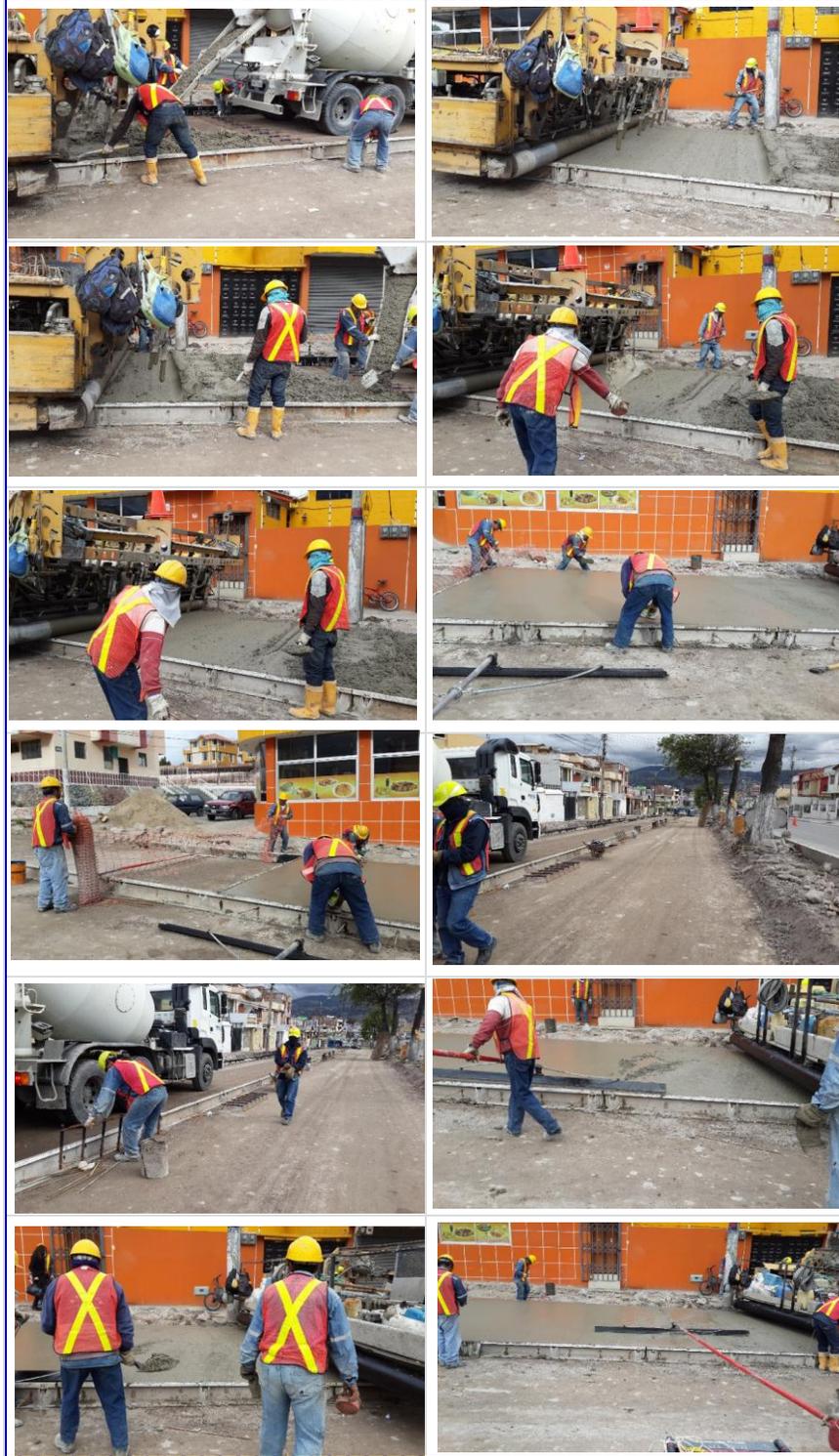
1.8. Planta de hormigón



1.9. Fundición de carpeta de hormigón.











ANEXO DE CERTIFICADOS DE CALIDAD DEL ACERO DE REFUENZO.



**CERTIFICADO DE CALIDAD
CERTIFICADO N° 2065**

Alóag, 15 julio 2014

Señores:
Diacelec
Presente.-

Por medio del presente certifico lo siguiente.

- Alambre trefilado en rollos o en tramos rectos (varillas) cumplen con los requisitos estipulados en la NTE INEN 1511:2008 y le fue otorgado el Sello de Calidad INEN con fecha 2013-11-18 válido hasta 2016-11-18.
- Malla electrosoldada para refuerzo de hormigón elaboradas con alambres de acero conformados en frío cumple con los requisitos estipulados en la NTE INEN 2209:1999 y le fue otorgado el Sello de Calidad INEN con fecha 2013-11-18 válido hasta 2016-11-18
- Acería del Ecuador CA Adelca alcanzó la certificación de su Sistema de Gestión Integral ISO 9001:2008 ISO 14001:2004 OHSAS 18001:2007, cuyo alcance abarca las tres unidades productivas de Acería, Laminados y Trefilados y los procesos relacionados de recursos humanos y del área comercial. Los certificados del Sistema de Gestión Integral fueron otorgados por la empresa Bureau Veritas.

Atentamente,

Ing. Juan Carlos Acosta
JEFE DE CALIDAD
PRODUCTOS TREFILADOS
Km. 1 1/2 vía Aloag - Santo Domingo
Telf: 3968 100 Ext.: 6204

LABORATORIO DE CALIDAD TREFILADOS

LUGAR/FECHA DE EMISION: ALOAG 15.07.2014
NOMBRE DEL CLIENTE: DIACELEC S.A. - FOPECA
DIRECCION DEL CLIENTE: RIOBAMBA
LOTE DE INSPECCION: 030000014333

PRODUCTO: 771 MALLA ELECTROSOLDADA CORRUG A50 8-15

NRO ENTREGA VENTA: 80125334

Lote	Características de Inspección	Max	Min	Teórico	Resultado de análisis	UN	Norma
------	-------------------------------	-----	-----	---------	-----------------------	----	-------

MECANICO

ADELCA	RESISTENCIA ROTURA MALLA CORRUG.		55,10		58,99	kg/mm2	INEN 2209
ADELCA	RESISTENCIA FLUENCIA MALLA CORRUG.		50,00		50,49	kg/mm2	INEN 2209
ADELCA	ELONGACIÓN MALLA CORRUGADA		5,00		6,00	%	INEN 2209
ADELCA	RESISTENCIA CIZALLAMIENTO MALLA CORRUG.		1236,10		2.014,00	kgf	INEN 2209

FISICO

ADELCA	DIAMETRO VARILLA LONGITUDINAL M. CORRUG.	8,24	7,76		7,86	mm	INEN 2209
ADELCA	DIAMETRO VARILLA TRANSVERSAL M. CORRUG.	8,24	7,76		7,84	mm	INEN 2209
ADELCA	ENSAYO DOBLADO MALLA CORRUGADA				Conforme		INEN 2209
ADELCA	LONGITUD TOTAL MALLA CORRUGADA	6312,00	6188,00		6.249,00	mm	INEN 2209
ADELCA	ANCHO TOTAL MALLA CORRUGADA	2425,00	2375,00		2.397,00	mm	INEN 2209
ADELCA	ANCHO FABRICACION MALLA CORRUGADA	2263,00	2237,00		2.250,00	mm	INEN 2209
ADELCA	SEPARACION ESTRIAS LONGITUDINAL	12,00			5,54	mm	INEN 2209
ADELCA	SEPARACION ESTRIAS TRANSVERSAL	12,00			5,52	mm	INEN 2209
ADELCA	ALTURA ESTRIAS LONGITUDINAL		0,32		0,39	mm	INEN 2209
ADELCA	ALTURA ESTRIAS TRANSVERSAL		0,32		0,43	mm	INEN 2209
ADELCA	ESPACIAMIENTO ENTRE VARILLAS M. CORRUG.	156,00	144,00		150,00	mm	INEN 2209
ADELCA	SALIENTE LONGITUDINAL MALL. CORRUG.	63,00	37,00		51,00	mm	INEN 2209
ADELCA	SALIENTE TRANSVERSAL MALL. CORRUG.	88,00	62,00		76,00	mm	INEN 2209

Observación:

Acería del Ecuador CA Adelca alcanzó la certificación de su Sistema de Gestión Integral ISO 9001:2008 ISO 14001:2004 OHSAS 18001:2007, cuyo alcance abarca las tres unidades productivas de Acería, Laminados y Trefilados y los procesos relacionados de recursos humanos y del área comercial. Los certificados del Sistema de Gestión Integral fueron otorgados por la empresa Bureau Veritas

Firma: 
ING. JUAN CARLOS ACOSTA
JEFE DE CALIDAD PRODUCTOS TREFILADOS

LABORATORIO DE CALIDAD LAMINADOS

LUGAR/FECHA DE EMISION: ALOAG 15.07.2014
NOMBRE DEL CLIENTE: DIACELEC S.A.
DIRECCION DEL CLIENTE: AV MARISCAL SUCRE N61-124 Y FLAVIO
LOTE DE INSPECCION: 030000010897
NRO DE COLADA: 402183
NRO DE PAQUETE: 209

PRODUCTO: 86 VARILLA LAM CORRUG AS42 28X12
NRO ENTREGA VENTA:

Fecha	Características de Inspección	Max	Min	Teórico	Resultado de análisis	UN	Norma
QUIMICO							
17.03.2014	% CARBON (C)	0,300	0,260		0,271	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% SILICIO (Si)	0,400	0,100		0,243	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% MANGANESO (Mn)	1,000	0,800		0,905	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% FOSFORO (P)	0,043	0,000		0,023	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% AZUFRE (S)	0,045	0,000		0,031	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% COBRE (Cu)	0,400	0,000		0,187	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% CROMO (Cr)	0,300	0,000		0,107	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% NIQUEL (Ni)	0,300	0,000		0,060	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% MOLIBDENO (Mo)	0,060	0,000		0,015	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% ALUMINIO (Al)	0,010	0,000		0,007	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% COBALTO (Co)	0,010	0,000		0,003	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% TITANIO (Ti)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% NIOBIO (Nb)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% VANADIO (V)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% WOLFRAMIO (W)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% BORO (B)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% ESTAÑO (Sn)	0,060	0,000		0,015	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% ZINC (Zn)	0,010	0,000		0,024	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% ARSENICO (As)	0,020	0,000		0,011	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% BISMUTO (Bi)	0,010	0,000		0,004	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% CALCIO (Ca)	0,010	0,000		0,000	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% CELIO (Ce)	0,010	0,000		0,003	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% ZIRCONIO (Zr)	0,100	0,000		0,002	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% LANTANO (La)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% HIERRO (Fe)	99,990	0,000		98,080	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
17.03.2014	% CARBON EQUIVALENTE (CE)	0,550	0,000		0,432	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
MECANICO							
17.03.2014	AREA NOMINAL	615,75	615,75		615,754	mm2	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
17.03.2014	CARGA FLUENCIA		1000		30.700,000	kgf	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR

Observación:

Acería del Ecuador C.A. cuenta con el certificado de conformidad con sello de calidad del Instituto Ecuatoriano de Normalización bajo la especificación NTE INEN 2167, para VARILLAS DE ACERO CON RESALTES, LAMINADAS EN CALIENTE, SOLDABLES, TERMOTRATADAS, PARA HORMIGON ARMADO. REQUISITOS E INSPECCION.

Además, ADELCA cuenta con la certificación de su sistema de gestión bajo los estándares ISO 9001:2008, OHSAS 18001:2007 e ISO 14001:2004.

PLANILLA:
ESTACION:

Firma:


VANESSA VALLADARES
JEFE CALIDAD LAMINADOS

LABORATORIO DE CALIDAD LAMINADOS

LUGAR/FECHA DE EMISION: ALOAG 15.07.2014
NOMBRE DEL CLIENTE: DIACELEC S.A.
DIRECCION DEL CLIENTE: AV MARISCAL SUCRE N61-124 Y FLAVIO
LOTE DE INSPECCION: 030000010897
NRO DE COLADA: 402183
NRO DE PAQUETE 209

PRODUCTO: 86 VARILLA LAM CORRUG AS42 28X12
NRO ENTREGA VENTA:

Fecha	Características de Inspeccion	Max	Min	Teorico	Resultado de analisis	UN	Norma
17.03.2014	FLUENCIA NOMINAL	55,00	42,00		49,858	kg/mm2	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
17.03.2014	CARGA RESISTENCIA		1000		39.900,000	kgf	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
17.03.2014	RESISTENCIA NOMINAL		56,00		64,799	kg/mm2	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
17.03.2014	LONGITUD INICIAL	200	200		200,000	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
17.03.2014	% ALARGAMIENTO MINIMO		12,00		17,000	%	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
17.03.2014	RELACIÓN RESISTENCIA/FLUENCIA		1,25		1,300		NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
17.03.2014	AGRIETAMIENTO AL DOBLAR				Conforme		NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
FISICO							
17.03.2014	ESPACIAMIENTO RESALTES TRANSVERSALES	19,60			19,200	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
17.03.2014	ALTURA RESALTES TRANSVERSALES		1,39		1,727	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
17.03.2014	ANCHO BASE RESALTES LONGITUDINALES	11,00	0,10		3,555	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
17.03.2014	LONGITUD 12m	12,050	11,950		12,020	m	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
17.03.2014	DEFECTOS SUPERFICIALES				Conforme		NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
MASA							
17.03.2014	MASA/LONGITUD	5,124	4,544	4,834	4,629	kg/m	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
17.03.2014	TOLERANCIA EN MASA	6,00	-6,00		-4,240	%	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR

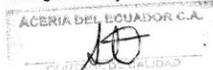


Observación:

Acería del Ecuador C.A. cuenta con el certificado de conformidad con sello de calidad del Instituto Ecuatoriano de Normalización bajo la especificación NTE INEN 2167, para VARILLAS DE ACERO CON RESALTES, LAMINADAS EN CALIENTE, SOLDABLES, TERMOTRATADAS, PARA HORMIGON ARMADO. REQUISITOS E INSPECCION.

Además, ADELCA cuenta con la certificación de su sistema de gestión bajo los estándares ISO 9001:2008, OHSAS 18001:2007 e ISO 14001:2004.

PLANILLA:
ESTACION:



Firma: _____

VANESSA VALLADARES
JEFE CALIDAD LAMINADOS
I / O

LABORATORIO DE CALIDAD LAMINADOS

LUGAR/FECHA DE EMISION: ALOAG 15.07.2014
NOMBRE DEL CLIENTE: DIACELEC S.A.
DIRECCION DEL CLIENTE: AV MARISCAL SUCRE N61-124 Y FLAVIO
LOTE DE INSPECCION: 030000013699
NRO DE COLADA: 405068
NRO DE PAQUETE: 440

PRODUCTO: 83 VARILLA LAM CORRUG AS42 25X12
NRO ENTREGA VENTA:

Fecha	Características de Inspección	Max	Min	Teorico	Resultado de analisis	UN	Norma
QUIMICO							
16.06.2014	% CARBON (C)	0,300	0,260		0,271	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% SILICIO (Si)	0,400	0,100		0,248	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% MANGANESO (Mn)	1,000	0,800		0,873	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% FOSFORO (P)	0,043	0,000		0,017	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% AZUFRE (S)	0,045	0,000		0,036	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% COBRE (Cu)	0,400	0,000		0,334	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% CROMO (Cr)	0,300	0,000		0,112	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% NIQUEL (Ni)	0,300	0,000		0,084	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% MOLIBDENO (Mo)	0,060	0,000		0,016	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% ALUMINIO (Al)	0,010	0,000		0,003	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% COBALTO (Co)	0,010	0,000		0,009	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% TITANIO (Ti)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% NIOBIO (Nb)	0,010	0,000		0,004	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% VANADIO (V)	0,010	0,000		0,004	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% WOLFRAMIO (W)	0,010	0,000		0,010	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% BORO (B)	0,010	0,000		0,003	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% ESTAÑO (Sn)	0,060	0,000		0,020	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% ZINC (Zn)	0,010	0,000		0,002	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% ARSENICO (As)	0,020	0,000		0,013	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% BISMUTO (Bi)	0,010	0,000		0,002	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% CALCIO (Ca)	0,010	0,000		0,000	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% CELIO (Ce)	0,010	0,000		0,003	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% ZIRCONIO (Zr)	0,100	0,000		0,002	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% LANTANO (La)	0,010	0,000		0,003	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% HIERRO (Fe)	99,990	0,000		97,950	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
16.06.2014	% CARBON EQUIVALENTE (CE)	0,550	0,000		0,440	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
MECANICO							
16.06.2014	AREA NOMINAL	490,88	490,88		490,875	mm2	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
16.06.2014	CARGA FLUENCIA		1000		25.700,000	kgf	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR

Observación:

Acería del Ecuador C.A. cuenta con el certificado de conformidad con sello de calidad del Instituto Ecuatoriano de Normalización bajo la especificación NTE INEN 2167, para VARILLAS DE ACERO CON RESALTES, LAMINADAS EN CALIENTE, SOLDABLES, TERMOTRATADAS, PARA HORMIGON ARMADO. REQUISITOS E INSPECCION. Además, ADELCA cuenta con la certificación de su sistema de gestión bajo los estándares ISO 9001:2008, OHSAS 18001:2007 e ISO 14001:2004.

PLANILLA:
ESTACION:

Firma:

ACERIA DEL ECUADOR C.A.
COMPROBADO

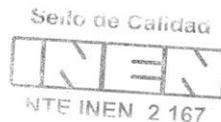
VANESSA VALLADARES
JEFE CALIDAD LAMINADOS

LABORATORIO DE CALIDAD LAMINADOS

LUGAR/FECHA DE EMISION: ALOAG 15.07.2014
NOMBRE DEL CLIENTE: DIACELEC S.A.
DIRECCION DEL CLIENTE: AV MARISCAL SUCRE N61-124 Y FLAVIO
LOTE DE INSPECCION: 03000013699
NRO DE COLADA: 405068
NRO DE PAQUETE 440

PRODUCTO: 83 VARILLA LAM CORRUG AS42 25X12
NRO ENTREGA VENTA:

Fecha	Características de Inspección	Max	Min	Teórico	Resultado de análisis	UN	Norma
16.06.2014	FLUENCIA NOMINAL	55,00	42,00		52,355	kg/mm2	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
16.06.2014	CARGA RESISTENCIA		1000		33.100,000	kgf	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
16.06.2014	RESISTENCIA NOMINAL		56,00		67,431	kg/mm2	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
16.06.2014	LONGITUD INICIAL	200	200		200,000	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
16.06.2014	% ALARGAMIENTO MINIMO		12,00		14,500	%	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
16.06.2014	RELACIÓN RESISTENCIA/FLUENCIA		1,25		1,288		NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
16.06.2014	AGRIETAMIENTO AL DOBLAR				Conforme		NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
FISICO							
16.06.2014	ESPACIAMIENTO RESALTES TRANSVERSALES	17,50			17,061	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
16.06.2014	ALTURA RESALTES TRANSVERSALES		1,26		1,890	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
16.06.2014	ANCHO BASE RESALTES LONGITUDINALES	9,60	0,10		3,505	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
16.06.2014	LONGITUD 12m	12,050	11,950		12,020	m	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
16.06.2014	DEFECTOS SUPERFICIALES				Conforme		NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
MASA							
16.06.2014	MASA/LONGITUD	4,085	3,622	3,853	3,827	kg/m	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
16.06.2014	TOLERANCIA EN MASA	6,00	-6,00		-0,678	%	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR



Observación:

Acería del Ecuador C.A. cuenta con el certificado de conformidad con sello de calidad del Instituto Ecuatoriano de Normalización bajo la especificación NTE INEN 2167, para VARILLAS DE ACERO CON RESALTES, LAMINADAS EN CALIENTE, SOLDABLES, TERMOTRATADAS, PARA HORMIGON ARMADO. REQUISITOS E INSPECCION.

Además, ADELCA cuenta con la certificación de su sistema de gestión bajo los estándares ISO 9001:2008, OHSAS 18001:2007 e ISO 14001:2004.

PLANILLA:
ESTACION:

Firma:



VANESSA VALLADARES
JEFE CALIDAD LAMINADOS

LABORATORIO DE CALIDAD LAMINADOS

LUGAR/FECHA DE EMISION: ALOAG 15.07.2014
NOMBRE DEL CLIENTE: DIACELEC S.A.
DIRECCION DEL CLIENTE: AV MARISCAL SUCRE N61-124 Y FLAVIO
LOTE DE INSPECCION: 030000012493
NRO DE COLADA: 402702
NRO DE PAQUETE 470

PRODUCTO: 77 VARILLA LAM CORRUG AS42 20X12
NRO ENTREGA VENTA:

Fecha	Características de Inspeccion	Max	Min	Teorico	Resultado de analisis	UN	Norma
QUIMICO							
05.05.2014	% CARBON (C)	0,300	0,260		0,262	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% SILICIO (Si)	0,400	0,100		0,243	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% MANGANESO (Mn)	1,000	0,800		0,906	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% FOSFORO (P)	0,043	0,000		0,018	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% AZUFRE (S)	0,045	0,000		0,030	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% COBRE (Cu)	0,400	0,000		0,194	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% CROMO (Cr)	0,300	0,000		0,082	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% NIQUEL (Ni)	0,300	0,000		0,073	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% MOLIBDENO (Mo)	0,060	0,000		0,011	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% ALUMINIO (Al)	0,010	0,000		0,007	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% COBALTO (Co)	0,010	0,000		0,003	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% TITANIO (Ti)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% NIOBIO (Nb)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% VANADIO (V)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% WOLFRAMIO (W)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% BORO (B)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% ESTAÑO (Sn)	0,060	0,000		0,013	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% ZINC (Zn)	0,010	0,000		0,011	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% ARSENICO (As)	0,020	0,000		0,013	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% BISMUTO (Bi)	0,010	0,000		0,004	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% CALCIO (Ca)	0,010	0,000		0,000	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% CELIO (Ce)	0,010	0,000		0,003	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% ZIRCONIO (Zr)	0,100	0,000		0,002	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% LANTANO (La)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% HIERRO (Fe)	99,990	0,000		98,110	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
05.05.2014	% CARBON EQUIVALENTE (CE)	0,550	0,000		0,425	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
MECANICO							
05.05.2014	AREA NOMINAL	314,16	314,16		314,160	mm2	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
05.05.2014	CARGA FLUENCIA		1000		15.290,000	kgf	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR

Observación:

Acería del Ecuador C.A. cuenta con el certificado de conformidad con sello de calidad del Instituto Ecuatoriano de Normalización bajo la especificación NTE INEN 2167, para VARILLAS DE ACERO CON RESALTES, LAMINADAS EN CALIENTE, SOLDABLES, TERMOTRATADAS, PARA HORMIGON ARMADO. REQUISITOS E INSPECCION.

Además, ADELCA cuenta con la certificación de su sistema de gestión bajo los estándares ISO 9001:2008, OHSAS 18001:2007 e ISO 14001:2004.

PLANILLA:
ESTACION:

Firma:



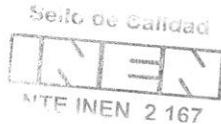
VANESSA VALLADARES
JEFE CALIDAD LAMINADOS

LABORATORIO DE CALIDAD LAMINADOS

LUGAR/FECHA DE EMISION: ALOAG 15.07.2014
NOMBRE DEL CLIENTE: DIACELEC S.A.
DIRECCION DEL CLIENTE: AV MARISCAL SUCRE N61-124 Y FLAVIO
LOTE DE INSPECCION: 030000012493
NRO DE COLADA: 402702
NRO DE PAQUETE 470

PRODUCTO: 77 VARILLA LAM CORRUG AS42 20X12
NRO ENTREGA VENTA:

Fecha	Características de Inspeccion	Max	Min	Teorico	Resultado de analisis	UN	Norma
05.05.2014	FLUENCIA NOMINAL	55,00	42,00		48,669	kg/mm2	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
05.05.2014	CARGA RESISTENCIA		1000		19.840,000	kgf	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
05.05.2014	RESISTENCIA NOMINAL		56,00		63,153	kg/mm2	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
05.05.2014	LONGITUD INICIAL	200	200		200,000	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
05.05.2014	% ALARGAMIENTO MINIMO		14,00		19,000	%	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
05.05.2014	RELACIÓN RESISTENCIA/FLUENCIA		1,25		1,298		NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
05.05.2014	AGRIETAMIENTO AL DOBLAR				Conforme		NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
FISICO							
05.05.2014	ESPACIAMIENTO RESALTES TRANSVERSALES	14,00			13,792	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
05.05.2014	ALTURA RESALTES TRANSVERSALES		1,01		1,410	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
05.05.2014	ANCHO BASE RESALTES LONGITUDINALES	7,80	0,10		2,025	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
05.05.2014	LONGITUD 12m	12,050	11,950		12,020	m	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
05.05.2014	DEFECTOS SUPERFICIALES				Conforme		NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
MASA							
05.05.2014	MASA/LONGITUD	2,614	2,318	2,466	2,371	kg/m	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
05.05.2014	TOLERANCIA EN MASA	6,00	-6,00		-3,861	%	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR



Observación:

Acería del Ecuador C.A. cuenta con el certificado de conformidad con sello de calidad del Instituto Ecuatoriano de Normalización bajo la especificación NTE INEN 2167, para VARILLAS DE ACERO CON RESALTES, LAMINADAS EN CALIENTE, SOLDABLES, TERMOTRATADAS, PARA HORMIGÓN ARMADO. REQUISITOS E INSPECCION.

Además, ADELCA cuenta con la certificación de su sistema de gestión bajo los estándares ISO 9001:2008, OHSAS 18001:2007 e ISO 14001:2004.

PLANILLA:
ESTACION:

Firma:

ACERIA DEL ECUADOR C.A.

VANESSA VALLADARES
JEFE CALIDAD LAMINADOS

LABORATORIO DE CALIDAD LAMINADOS

LUGAR/FECHA DE EMISION: ALOAG 15.07.2014
NOMBRE DEL CLIENTE: DIACELEC S.A.
DIRECCION DEL CLIENTE: AV MARISCAL SUCRE N61-124 Y FLAVIO
LOTE DE INSPECCION: 030000011623
NRO DE COLADA: 402994
NRO DE PAQUETE 486

PRODUCTO: 74 VARILLA LAM CORRUG AS42 18X12
NRO ENTREGA VENTA:

Fecha	Características de Inspeccion	Max	Min	Teorico	Resultado de analisis	UN	Norma
QUIMICO							
07.04.2014	% CARBON (C)	0,300	0,260		0,265	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% SILICIO (Si)	0,400	0,100		0,267	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% MANGANESO (Mn)	1,000	0,800		0,866	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% FOSFORO (P)	0,043	0,000		0,019	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% AZUFRE (S)	0,045	0,000		0,017	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% COBRE (Cu)	0,400	0,000		0,219	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% CROMO (Cr)	0,300	0,000		0,086	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% NIQUEL (Ni)	0,300	0,000		0,084	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% MOLIBDENO (Mo)	0,060	0,000		0,015	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% ALUMINIO (Al)	0,010	0,000		0,003	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% COBALTO (Co)	0,010	0,000		0,010	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% TITANIO (Ti)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% NIOBIO (Nb)	0,010	0,000		0,004	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% VANADIO (V)	0,010	0,000		0,002	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% WOLFRAMIO (W)	0,010	0,000		0,010	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% BORO (B)	0,010	0,000		0,003	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% ESTAÑO (Sn)	0,060	0,000		0,000	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% ZINC (Zn)	0,010	0,000		0,002	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% ARSENICO (As)	0,020	0,000		0,013	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% BISMUTO (Bi)	0,010	0,000		0,002	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% CALCIO (Ca)	0,010	0,000		0,000	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% CELIO (Ce)	0,010	0,000		0,003	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% ZIRCONIO (Zr)	0,100	0,000		0,002	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% LANTANO (La)	0,010	0,000		0,003	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% HIERRO (Fe)	99,990	0,000		98,100	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% CARBON EQUIVALENTE (CE)	0,550	0,000		0,427	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
MECANICO							
07.04.2014	AREA NOMINAL	254,47	254,47		254,470	mm2	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	CARGA FLUENCIA		1000		11.430,000	kgf	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR

Observación:

Acería del Ecuador C.A. cuenta con el certificado de conformidad con sello de calidad del Instituto Ecuatoriano de Normalización bajo la especificación NTE INEN 2167, para VARILLAS DE ACERO CON RESALTES, LAMINADAS EN CALIENTE, SOLDABLES, TERMOTRATADAS, PARA HORMIGON ARMADO. REQUISITOS E INSPECCION.

Además, ADELCA cuenta con la certificación de su sistema de gestión bajo los estándares ISO 9001:2008, OHSAS 18001:2007 e ISO 14001:2004.

PLANILLA:
ESTACION:

ACERIA DEL ECUADOR C.A.

Firma: _____

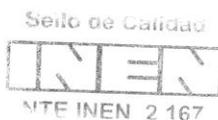
VANESSA VALLADARES
JEFE CALIDAD LAMINADOS

LABORATORIO DE CALIDAD LAMINADOS

LUGAR/FECHA DE EMISION: ALOAG 15.07.2014
NOMBRE DEL CLIENTE: DIAECEC S.A.
DIRECCION DEL CLIENTE: AV MARISCAL SUCRE N61-124 Y FLAVIO
LOTE DE INSPECCION: 030000011623
NRO DE COLADA: 402994
NRO DE PAQUETE 486

PRODUCTO: 74 VARILLA LAM CORRUG AS42 18X12
NRO ENTREGA VENTA:

Fecha	Características de Inspeccion	Max	Min	Teorico	Resultado de analisis	UN	Norma
07.04.2014	FLUENCIA NOMINAL	55,00	42,00		44,917	kg/mm2	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	CARGA RESISTENCIA		1000		15.230.000	kgf	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	RESISTENCIA NOMINAL		56,00		59,850	kg/mm2	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	LONGITUD INICIAL	200	200		200,000	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	% ALARGAMIENTO MINIMO		14,00		19,500	%	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	RELACIÓN RESISTENCIA/FLUENCIA		1,25		1,332		NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	AGRIETAMIENTO AL DOBLAR				Conforme		NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
FISICO							
07.04.2014	ESPACIAMIENTO RESALTES TRANSVERSALES	12,60			12,500	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	ALTURA RESALTES TRANSVERSALES		0,88		0,987	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	ANCHO BASE RESALTES LONGITUDINALES	7,00	0,10		1,740	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	LONGITUD 12m	12,050	11,950		12,020	m	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	DEFECTOS SUPERFICIALES				Conforme		NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
MASA							
07.04.2014	MASA/LONGITUD	2,117	1,878	1,998	1,915	kg/m	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	TOLERANCIA EN MASA	6,00	-6,00		-4,125	%	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR



Observación:

Acería del Ecuador C.A. cuenta con el certificado de conformidad con sello de calidad del Instituto Ecuatoriano de Normalización bajo la especificación NTE INEN 2167, para VARILLAS DE ACERO CON RESALTES, LAMINADAS EN CALIENTE, SOLDABLES, TERMOTRATADAS, PARA HORMIGON ARMADO. REQUISITOS E INSPECCION. Además, ADELCA cuenta con la certificación de su sistema de gestión bajo los estándares ISO 9001:2008, OHSAS 18001:2007 e ISO 14001:2004.

PLANILLA:
ESTACION:

Firma: _____

VANESSA VALLADARES
JEFE CALIDAD LAMINADOS

LABORATORIO DE CALIDAD LAMINADOS

LUGAR/FECHA DE EMISION: ALOAG 15.07.2014
NOMBRE DEL CLIENTE: DIACELEC S.A.
DIRECCION DEL CLIENTE: AV MARISCAL SUCRE N61-124 Y FLAVIO
LOTE DE INSPECCION: 030000011620
NRO DE COLADA: 402811
NRO DE PAQUETE: 257

PRODUCTO: 71 VARILLA LAM CORRUG AS42 16X12
NRO ENTREGA VENTA:

Fecha	Características de Inspección	Max	Min	Teorico	Resultado de analisis	UN	Norma
QUIMICO							
07.04.2014	% CARBON (C)	0,300	0,260		0,265	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% SILICIO (Si)	0,300	0,100		0,263	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% MANGANESO (Mn)	1,200	1,050		1,077	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% FOSFORO (P)	0,035	0,000		0,028	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% AZUFRE (S)	0,045	0,000		0,020	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% COBRE (Cu)	0,400	0,000		0,204	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% CROMO (Cr)	0,300	0,000		0,113	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% NIQUEL (Ni)	1,000	0,000		0,080	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% MOLIBDENO (Mo)	0,060	0,000		0,014	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% ALUMINIO (Al)	0,010	0,000		0,003	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% COBALTO (Co)	0,010	0,000		0,009	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% TITANIO (Ti)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% NIOBIO (Nb)	0,010	0,000		0,004	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% VANADIO (V)	0,010	0,000		0,003	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% WOLFRAMIO (W)	0,010	0,000		0,010	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% BORO (B)	0,010	0,000		0,003	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% ESTAÑO (Sn)	0,060	0,000		0,000	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% ZINC (Zn)	0,010	0,000		0,002	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% ARSENICO (As)	0,010	0,000		0,015	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% BISMUTO (Bi)	0,010	0,000		0,002	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% CALCIO (Ca)	0,010	0,000		0,000	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% CELIO (Ce)	0,010	0,000		0,003	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% ZIRCONIO (Zr)	0,010	0,000		0,002	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% LANTANO (La)	0,010	0,000		0,003	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% HIERRO (Fe)	99,990	0,000		97,860	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
07.04.2014	% CARBON EQUIVALENTE (CE)	0,550	0,000		0,464	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
MECANICO							
07.04.2014	AREA NOMINAL	201,06	201,06		201,062	mm2	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	CARGA FLUENCIA		1000		9.783,000	kgf	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR

Observación:

Acería del Ecuador C.A. cuenta con el certificado de conformidad con sello de calidad del Instituto Ecuatoriano de Normalización bajo la especificación NTE INEN 2167, para VARILLAS DE ACERO CON RESALTES, LAMINADAS EN CALIENTE, SOLDABLES, TERMOTRATADAS, PARA HORMIGON ARMADO. REQUISITOS E INSPECCION. Además, ADELCA cuenta con la certificación de su sistema de gestión bajo los estándares ISO 9001:2008, OHSAS 18001:2007 e ISO 14001:2004.

PLANILLA:
ESTACION:

Firma: 
VANESSA VALLADARES
JEFE CALIDAD LAMINADOS

LABORATORIO DE CALIDAD LAMINADOS

LUGAR/FECHA DE EMISION: ALOAG 15.07.2014
NOMBRE DEL CLIENTE: DIACELEC S.A.
DIRECCION DEL CLIENTE: AV MARISCAL SUCRE N61-124 Y FLAVIO
LOTE DE INSPECCION: 030000011620
NRO DE COLADA: 402811
NRO DE PAQUETE: 257

PRODUCTO: 71 VARILLA LAM CORRUG AS42 16X12
NRO ENTREGA VENTA:

Fecha	Características de Inspeccion	Max	Min	Teorico	Resultado de analisis	UN	Norma
07.04.2014	FLUENCIA NOMINAL	55,00	42,00		48,657	kg/mm2	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	CARGA RESISTENCIA		1000		12.948,000	kgf	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	RESISTENCIA NOMINAL		56,00		64,398	kg/mm2	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	LONGITUD INICIAL	200	200		200,000	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	% ALARGAMIENTO MINIMO		14,00		16,900	%	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	RELACION RESISTENCIA/FLUENCIA		1,25		1,324		NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	AGRIETAMIENTO AL DOBLAR				Conforme		NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
FISICO							
07.04.2014	ESPACIAMIENTO RESALTES TRANSVERSALES	11,20			11,000	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	ALTURA RESALTES TRANSVERSALES		0,72		0,927	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	ANCHO BASE RESALTES LONGITUDINALES	6,20	0,10		2,190	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	LONGITUD 12m	12,050	11,950		12,020	m	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	DEFECTOS SUPERFICIALES				Conforme		NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
MASA							
07.04.2014	MASA/LONGITUD	1,673	1,484	1,578	1,510	kg/m	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
07.04.2014	TOLERANCIA EN MASA	6,00	-6,00		-4,360	%	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR



Observación:

Acería del Ecuador C.A. cuenta con el certificado de conformidad con sello de calidad del Instituto Ecuatoriano de Normalización bajo la especificación NTE INEN 2167, para VARILLAS DE ACERO CON RESALTES, LAMINADAS EN CALIENTE, SOLDABLES, TERMOTRATADAS, PARA HORMIGON ARMADO, REQUISITOS E INSPECCION.

Además, ADELCA cuenta con la certificación de su sistema de gestión bajo los estándares ISO 9001:2008, OHSAS 18001:2007 e ISO 14001:2004.

PLANILLA:
ESTACION:

Firma:

ACERIA DEL ECUADOR C.A.
LABORATORIO DE CALIDAD

VANESSA VALLADARES
JEFE CALIDAD LAMINADOS

LABORATORIO DE CALIDAD LAMINADOS

LUGAR/FECHA DE EMISION: ALOAG 15.07.2014
NOMBRE DEL CLIENTE: DIACELEC S.A.
DIRECCION DEL CLIENTE: AV MARISCAL SUCRE N61-124 Y FLAVIO
LOTE DE INSPECCION: 030000012691
NRO DE COLADA: 404121
NRO DE PAQUETE 1841

PRODUCTO: 67 VARILLA LAM CORRUG AS42 14X12
NRO ENTREGA VENTA:

Fecha	Características de Inspeccion	Max	Min	Teorico	Resultado de analisis	UN	Norma
QUIMICO							
12.05.2014	% CARBON (C)	0,300	0,260		0,274	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% SILICIO (Si)	0,300	0,100		0,256	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% MANGANESO (Mn)	1,200	1,050		1,071	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% FOSFORO (P)	0,035	0,000		0,023	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% AZUFRE (S)	0,045	0,000		0,039	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% COBRE (Cu)	0,400	0,000		0,306	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% CROMO (Cr)	0,300	0,000		0,106	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% NIQUEL (Ni)	1,000	0,000		0,075	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% MOLIBDENO (Mo)	0,060	0,000		0,010	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% ALUMINIO (Al)	0,010	0,000		0,007	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% COBALTO (Co)	0,010	0,000		0,003	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% TITANIO (Ti)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% NIOBIO (Nb)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% VANADIO (V)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% WOLFRAMIO (W)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% BORO (B)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% ESTAÑO (Sn)	0,060	0,000		0,018	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% ZINC (Zn)	0,010	0,000		0,005	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% ARSENICO (As)	0,010	0,000		0,013	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% BISMUTO (Bi)	0,010	0,000		0,004	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% CALCIO (Ca)	0,010	0,000		0,000	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% CELIO (Ce)	0,010	0,000		0,003	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% ZIRCONIO (Zr)	0,010	0,000		0,002	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% LANTANO (La)	0,010	0,000		0,001	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% HIERRO (Fe)	99,990	0,000		97,770	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
12.05.2014	% CARBON EQUIVALENTE (CE)	0,550	0,000		0,467	%	ANALISIS ESPECTROGRAFICO IACC06
MECANICO							
12.05.2014	AREA NOMINAL	153,94	153,94		153,938	mm2	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
12.05.2014	CARGA FLUENCIA		1000		7.264,000	kgf	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR

Observación:

Acería del Ecuador C.A. cuenta con el certificado de conformidad con sello de calidad del Instituto Ecuatoriano de Normalización bajo la especificación NTE INEN 2167, para VARILLAS DE ACERO CON RESALTES, LAMINADAS EN CALIENTE, SOLDABLES, TERMOTRATADAS, PARA HORMIGON ARMADO. REQUISITOS E INSPECCION.

Además, ADELCA cuenta con la certificación de su sistema de gestión bajo los estándares ISO 9001:2008, OHSAS 18001:2007 e ISO 14001:2004.

PLANILLA:

ESTACION:

ACERIA DEL ECUADOR C.A.

Firma:



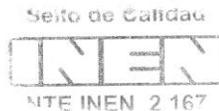
VANESSA VALLADARES
JEFE CALIDAD LAMINADOS

LABORATORIO DE CALIDAD LAMINADOS

LUGAR/FECHA DE EMISION: ALOAG 15.07.2014
NOMBRE DEL CLIENTE: DIACELEC S.A.
DIRECCION DEL CLIENTE: AV MARISCAL SUCRE N61-124 Y FLAVIO
LOTE DE INSPECCION: 030000012691
NRO DE COLADA: 404121
NRO DE PAQUETE 1841

PRODUCTO: 67 VARILLA LAM CORRUG AS42 14X12
NRO ENTREGA VENTA:

Fecha	Características de Inspeccion	Max	Min	Teorico	Resultado de analisis	UN	Norma
12.05.2014	FLUENCIA NOMINAL	55,00	42,00		47,188	kg/mm2	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
12.05.2014	CARGA RESISTENCIA		1000		9.646,000	kgf	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
12.05.2014	RESISTENCIA NOMINAL		56,00		62,661	kg/mm2	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
12.05.2014	LONGITUD INICIAL	200	200		200,000	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
12.05.2014	% ALARGAMIENTO MINIMO		14,00		17,550	%	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
12.05.2014	RELACIÓN RESISTENCIA/FLUENCIA		1,25		1,328		NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
12.05.2014	AGRIETAMIENTO AL DOBLAR				Conforme		NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
FISICO							
12.05.2014	ESPACIAMIENTO RESALTES TRANSVERSALES	9,80			9,629	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
12.05.2014	ALTURA RESALTES TRANSVERSALES		0,67		0,820	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
12.05.2014	ANCHO BASE RESALTES LONGITUDINALES	5,50	0,10		1,555	mm	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
12.05.2014	LONGITUD 12m	12,050	11,950		12,020	m	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
12.05.2014	DEFECTOS SUPERFICIALES				Conforme		NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
MASA							
12.05.2014	MASA/LONGITUD	1,281	1,136	1,208	1,171	kg/m	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR
12.05.2014	TOLERANCIA EN MASA	6,00	-6,00		-3,122	%	NTE INEN 2167 VARILLA LAMINADA TERMOTR



Observación:

Acería del Ecuador C.A. cuenta con el certificado de conformidad con sello de calidad del Instituto Ecuatoriano de Normalización bajo la especificación NTE INEN 2167, para VARILLAS DE ACERO CON RESALTES, LAMINADAS EN CALIENTE, SOLDABLES, TERMOTRATADAS, PARA HORMIGON ARMADO. REQUISITOS E INSPECCION.

Además, ADELCA cuenta con la certificación de su sistema de gestión bajo los estándares ISO 9001:2008, OHSAS 18001:2007 e ISO 14001:2004.

PLANILLA:
ESTACION:

Firma:



VANESSA VALLADARES
JEFE CALIDAD LAMINADOS