

ESTUDIO PATOLOGICO A LA PLATAFORMA DEL SATELITE INTERNACIONAL
DEL AEROPUERTO ALFONSO BONILLA ARAGÓN DE LA CIUDAD DE
PALMIRA



ING. SAHIDA MARÍA BERNAL GUACANEME
ARQ. LUZ ADRIANA MORENO ALZATE

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS ABIERTA Y A DISTANCIA (VUAD)
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
BOGOTA D.C
2017

ESTUDIO PATOLOGICO DE LA PLATAFORMA DEL SATELITE
INTERNACIONAL DEL AEROPUERTO ALFONSO BONILLA ARAGÓN DE LA
CIUDAD DE PALMIRA

ING. SAHIDA MARÍA BERNAL GUACANEME
ARQ. LUZ ADRIANA MORENO ALZATE

ASESOR. ING. CARLOS ANDRES GARCIA PAEZ

TRABAJO PROFESIONAL INTEGRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS ABIERTA Y A DISTANCIA (VUAD)
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
BOGOTA D.C
2017

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	7
JUSTIFICACIÓN	9
OBJETIVOS	10
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECIFICOS	10
ALCANCES Y LIMITACIONES	12
METODOLOGÍA.....	13
1. HISTORIA CLÍNICA.....	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PACIENTE.....	14
1.2. DATOS GENERALES DEL PACIENTE.....	16
1.3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE	18
1.4. ESTADO GENERAL	18
ARQUITECTURA	23
1.5. APLICACIÓN PATOLÓGICA	25
1.6. RESEÑA HISTÓRICA DEL AEROPUERTO	25
1.7. MARCO LEGAL.....	28
1.8. ESTUDIO DE SUELOS.....	28
1.8 ASPECTOS SÍSMICOS	40
1.9 EVALUACIÓN DE PLACAS DE PAVIMENTO DE LA PLATAFORMA.....	42
2. DIAGNÓSTICO.....	44
2.1. JUNTAS	44
2.2. GRIETAS	49
2.3. DETERIOROS SUPERFICIALES.....	56
2.4. OTROS DETERIOROS.....	64
2.5. MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA EN CAMPO CON ESCLERÓMETRO.....	68
2.6. MEDICIÓN DE LA CARBONATACIÓN	75
2.7. ENSAYO (NDT) ESCANNER.....	77
3. INTERVENCIÓN	82
3.1. REPARACIÓN EN ESPESOR PARCIAL	82



3.2. RECONSTRUCCIÓN TOTAL DE LA PLATAFORMA.....	86
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
BIBLIOGRAFÍA.....	97

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Precipitaciones en Aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón.....	19
Tabla 2 Tabla climática anual.....	23
Tabla 3 Perforaciones Mecánicas a Percusión - profundidad.....	32
Tabla 4 Perforaciones Mecánicas a Percusión – nivel freático.....	33
Tabla 5 Plasticidad. Límites de Consistencia	36
Tabla 6 Grado de Expansión	39
Tabla 7 Coeficiente de Permeabilidad	40
Tabla 8 Parámetros sísmicos de diseño.....	41
Tabla 9 Resultados ensayo de esclerómetro.....	74
Tabla 10 Resultados ensayo de esclerómetro corregido por frente de carbonatación	76

LISTA DE FIGURAS

Figura. 1	Plataforma de estudio	12
Figura. 2	Render de la ampliación al aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón.....	15
Figura. 3	Localización del aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón.....	16
Figura. 4	Curva de intensidad, duración y frecuencia	20
Figura. 5	Designación de drenajes.....	20
Figura. 6	Drenaje transversal de la plataforma.....	21
Figura. 7	Diagrama de temperatura	22
Figura. 8	Diagrama de clima.....	22
Figura. 9	Aerofotografía del área del aeropuerto 1970.....	27
Figura. 10	Modelo 3D del Relleno Aluvial del Valle del Río Cauca.....	29
Figura. 11	Columna Estratigráfica Pozo Vp-Ea-3	30
Figura. 12	Consistencia/Compacidad. N (golpes/pie)	37
Figura. 13	Factor de Seguridad. Análisis de Licuación	38
Figura. 14	Espectro sísmico de diseño.....	42
Figura. 15	Realización de ensayo de placa con carga estática.....	43
Figura. 16	Resultado de ensayo de placa con carga estática.....	43
Figura. 17	Deficiencia del sellado de las juntas de la plataforma.....	45
Figura. 18	Localización de placas que tienen deficiencia en el sellado de las juntas	46
Figura. 19	Desportillamiento de las juntas	47
Figura. 20	Localización de placas que tienen desportillamiento en las juntas	48
Figura. 21	Grietas de esquina	49
Figura. 22	Localización de placas que presentan grietas de esquina	50
Figura. 23	Grietas longitudinales en plataforma.....	51
Figura. 24	Localización de placas que presentan grietas longitudinales	53
Figura. 25	Placas que presentan grietas Transversales	54
Figura. 26	Localización de placas que presentan grietas transversales	55
Figura. 27	Placas que presentan descascaramientos.....	56
Figura. 28	Localización de placas que presentan descascaramiento.....	57
Figura. 29	Desintegración de la matriz de concreto en placa 17.....	58
Figura. 30	Localización de placas que presentan desintegración.....	60
Figura. 31	Bache	61
Figura. 32	Localización de placas que presentan baches	62
Figura. 33	Pulimiento	63
Figura. 34	Localización de placas con pulimiento.....	64
Figura. 35	Fisuración en placa de plataforma.....	65
Figura. 36	Localización de placas con fisuración por retracción.....	66
Figura. 37	Porcentaje de lesiones por áreas	67

Figura. 38 Porcentaje de lesiones por número de losas	67
Figura. 39 Arq. Luz Adriana Moreno realizando ensayo de esclerómetro del paciente	68
Figura. 40 Localización de placas a las que se les realizó el ensayo de esclerómetro	69
Figura. 41 Prueba con fenolftaleína	75
Figura. 42 Ing. Sahida Bernal realizando ensayo de escanner del paciente	77
Figura. 43 Localización de placas a las que se les realizó el ensayo de escanner	78
Figura. 43 Resultado ensayo de escanner placa 118	79
Figura. 45 Resultado ensayo de escanner junta de placa 21	80
Figura. 46 Resultado ensayo de escanner junta de placa 103	81
Figura. 47 Vista en corte de la reparación	83
Figura. 48 Sello de juntas	84
Figura. 47 Sección de pavimento	92



INTRODUCCIÓN

Los aeropuertos son terminales terrestres en donde se inician y terminan los vuelos, permiten el despegue y aterrizaje de aeronaves, embarque y desembarque de pasajeros, equipajes y mercancía. En estas terminales las aeronaves se reabastecen de combustible, se le realiza los mantenimientos respectivos y pueden estacionar aquellas que no están prestando servicio. Estos terminales están conformados por dos partes, el lado aire incluye la pista para despegue y aterrizaje, las pistas de carreteo, la plataforma y los hangares, mientras que el lado tierra presta servicios directamente a los pasajeros: Terminal de pasajeros, zonas comerciales, aduanas, servicios y zonas de parqueaderos.

La pista de aterrizaje y despegue son las áreas más importantes, ya que permite que los aviones que se encuentran en tierra alcancen la velocidad necesaria para lograr la sustentación en el aire y para el caso de los aviones que se encuentran volando tener el espacio justo para llegar a tierra. La pista de carreteo o calle de rodaje, permite la conexión de los hangares y el terminal aéreo con la pista de aterrizaje y despegue, generalmente se encuentran pavimentadas en asfalto o concreto. La plataforma está destinada para el embarque y desembarque de pasajeros y mercancías, también para abastecer de combustible, realizar mantenimientos menores y limpieza en los aviones, finalmente los hangares son utilizados para guardar los aviones.

Colombia cuenta con treinta y tres aeropuertos que prestan servicio internacional y nacional, a nivel de servicio regional regular se tienen treinta y un aeropuertos. El aeropuerto internacional Alfonso Bonilla Aragón ubicado en la ciudad de Palmira es el tercer aeropuerto en importancia del país, por su infraestructura, por las operaciones internacionales, líneas aéreas de carga y por su localización estratégica que le permite ser un aeropuerto alternativo al aeropuerto El Dorado de la ciudad de Bogotá. El aeropuerto está conformado por una pista de aterrizaje de 3000 m, plataforma de parqueo de aeronaves, calles de rodaje y un edificio terminal. En la actualidad se adelanta una modernización y ampliación de toda la



infraestructura. La plataforma actual del aeropuerto no está incluida dentro de este proceso a pesar que las losas de concreto presentan una serie de lesiones de tipo patológico: Grietas, fisuras, desportillamiento entre placas, abrasión etc.

Estas placas de concreto que conforman la plataforma fueron construidas hace más de cuarenta años, resulta por tanto interesante realizar este estudio patológico para determinar las causas y el origen de las lesiones presentes y comparar el proceso constructivo y consideraciones normativas que se tuvieron al momento de construirlo con las especificaciones actuales.



JUSTIFICACIÓN

A nivel social el desarrollo de este estudio contribuirá a que se eliminen o disminuyan los posibles riesgos que suponen las lesiones presentes en la plataforma asociados a la operación del aeropuerto.

De igual manera, la comparación de procesos constructivos, normativa y especificaciones técnicas existentes en el momento de la construcción del aeropuerto y las actuales para este mismo proceso, generan un documento técnico inexistente e importante para la intervención que se adelanta actualmente del aeropuerto.

Económicamente este estudio ayudará a la intervención oportuna de las lesiones que presentan los elementos de concreto, para evitar la presencia de deterioros mayores que generen costos excesivos o adicionales en la realización de procesos errados o tardíos.

La información existente sobre la construcción del aeropuerto es limitada y se desconocen la mayoría de los detalles y procesos técnicos usados en su construcción, este estudio proporciona a partir de inspecciones, ensayos y estudios dicha información, lo que al momento de una intervención evitará la ejecución de obras adicionales que desembocaran en demoliciones y generación de escombros.



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio patológico a la plataforma del satélite internacional del Aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón, para determinar su estado actual y realizar un comparativo de los procesos constructivos y normativa usada para la construcción de la plataforma y cómo se realizaría hoy.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Historia Clínica del paciente.

- Realizar registro fotográfico, inspección visual e identificación de intervenciones o reparaciones.
- Solicitar documentación del predio que permita determinar el cumplimiento de las normas y lineamientos del ordenamiento territorial: Escritura pública, Certificado de Tradición y libertad, uso del suelo, boletín de nomenclatura.
- Consultar en curaduría o secretaria de planeación si existe planos, estudios o memorias de cálculo del aeropuerto.

Diagnóstico.

- Elaborar fichas para identificación y seguimiento de lesiones.
- Identificar las lesiones presentes en el paciente, con la ayuda de un registro fotográfico, clasificación de lesiones y seguimiento a las mismas.
- Realizar estudio de suelos.
- Realizar ensayo de resistencia superficial del concreto con esclerómetro.
- Realizar ensayo de detección de refuerzo utilizando Ferroskan.



Intervención

- Realizar propuestas de intervención de las placas existentes.
- Hacer presupuesto de cada intervención propuesta.
- Elaborar el cronograma de cada intervención.



ALCANCES Y LIMITACIONES

De acuerdo a las observaciones realizadas a la plataforma del satélite internacional del aeropuerto ABA, se definió como área de trabajo la placa que se indica con color rojo a continuación.



Figura. 1 Plataforma de estudio

Se limita el estudio a la información histórica existente en el archivo del aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón, Planeación municipal de Palmira, la biblioteca nacional y el archivo general de la nación.



METODOLOGÍA

El presente estudio se realiza de acuerdo a las siguientes fases de investigación, ejecución en campo, diagnóstico y comparativo.

FASE 1: INVESTIGACIÓN.

Se realiza la recopilación de la mayor cantidad de información relacionada con el aeropuerto, su estructura de plataforma existente y de la ampliación del aeropuerto, tales como estudios previos, planos, fotografías, exploraciones etc.

FASE 2: EJECUCIÓN EN CAMPO.

Se llevan a cabo las mediciones y delimitación de las losas en estudio, se analiza su estado actual, se identifican y localizan lesiones patológicas y se procede a realizar los ensayos de seguimiento a testigos, resistencia a la compresión por medio de esclerómetro, scanner de acero y frente de carbonatación.

FASE 3: DIAGNÓSTICO.

Una vez terminada la ejecución en campo, se procede a realizar un análisis de resultados, a clasificar la información obtenida y a procesarla con el fin de obtener un diagnóstico preciso y fidedigno del origen de las lesiones presentes.

FASE 4: INTERVENCIÓN

Teniendo las etapas de investigación y diagnostico terminadas, se procede a analizar la información y realizar dos propuestas de intervención con presupuesto y cronograma.



1. HISTORIA CLÍNICA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PACIENTE

El aeropuerto internacional Alfonso Bonilla Aragón fue inaugurado el 24 de julio de 1971. Contaba en su momento con una pista de aterrizaje de 3.000 metros, plataforma de parqueo de aeronaves, calles de rodaje y un edificio terminal con satélites para la atención de pasajeros nacionales e internacionales. Un salón grande para el movimiento de pasajeros y visitantes y un counter de atención a pasajeros, restaurantes y comercios. A los inicios de su construcción se pensó que estaba sobredimensionado, pero el incremento en el número de pasajeros y viajes fue notable.

El predio tiene un área de 402 hectáreas de las cuales 170 son utilizadas por la terminal aérea, teniendo más de un 57% de su área para ser utilizada en posibles expansiones. El aeropuerto en la actualidad cuenta con un edificio terminal con dos satélites nacional e internacional, la plataforma nacional tiene un área de 43.472 m², la plataforma internacional un área de 45.509m², 14.516m² de plataforma regional y 9.574 m² en plataforma de aviación general, hacia el norte de la terminal se ubican la plataforma de descongestión con un área de 15.040 m² y la plataforma de carga con 22.520 m², para un total de 150.631 m² de plataformas, de las cuales se van a estudiar 7317.91 m² de la plataforma del satélite internacional.

La pista de 3.000 metros de largo por 45 metros de ancho tiene una calle de rodaje paralela del mismo largo. La operación comercial es realizada por las aerolíneas Avianca, LAN, Copa, Viva Colombia, Satena y ADA en el campo nacional; mientras que en el aspecto internacional vuelan Avianca, LAN, Copa, American Airlines, KLM, Tame e Iberia.

En la actualidad se adelanta una modernización y ampliación en el aeropuerto, conformada por tres obras principales: remodelación del edificio actual, nuevos



accesos viales y mejoras en espacio público en una primera parte. Una segunda parte con la construcción de la terminal internacional; y la tercera que tiene que ver con las obras de certificación Organización Internacional de Aviación Civil OACI.



Figura. 2 Render de la ampliación al aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón¹

La plataforma existente del aeropuerto no está incluida dentro de este proceso constructivo a pesar que las losas de concreto presentan una serie de lesiones de tipo patológico: Grietas, fisuras, desportillamiento entre placas, salpicaduras de concreto, abrasión y desgaste entre otros que van a ser objeto del presente estudio.

Este aeropuerto es el tercero más importante del país después del Aeropuerto El Dorado de Bogotá y el Olaya Herrera de Medellín, su localización estratégica le permite servir de alternativo a los viajes que llegan a la capital del país.

¹ Fuente: <http://www.aerocali.com.co/> Zona aeronáutica, consultado el 2 de mayo del año 2016.



1.2. DATOS GENERALES DEL PACIENTE

NOMBRE: Aeropuerto Internacional Alfonso Bonilla Aragón (ABA).

LOCALIZACIÓN: El aeropuerto ABA está localizado en Palmaseca, área rural del municipio de Palmira, Valle del Cauca. Las áreas más cercanas al aeropuerto están cubiertas por vegetación de media altura y por cultivos de caña de azúcar. La zona franca de Palmaseca se encuentra localizada al costado norte de la pista, y a una distancia mayor se encuentra el corregimiento La Herradura, el estadio Deportivo Cali, el Centro Internacional de Agricultura Tropical y algunas industrias.

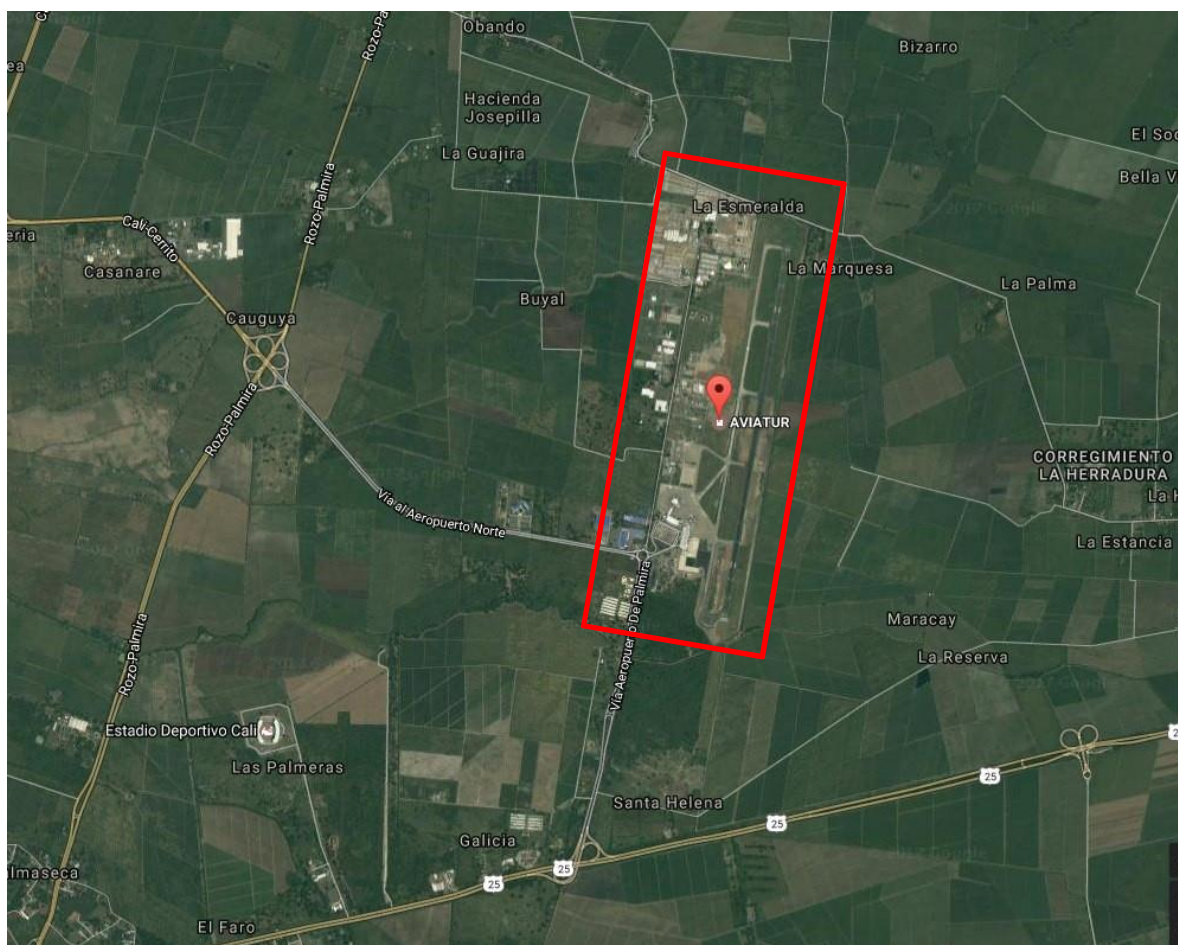


Figura. 3 Localización del aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón²

² Fuente: [GoogleEarth](https://www.google.com/earth/) Zona aeronáutica, consultado el 3 de mayo del año 2016.



USO: Terminal Aérea de movilidad de pasajeros y carga.

USO DEL ENTORNO: Cultivos de caña de azúcar, en general zona rural.

FECHA DE CONSTRUCCIÓN: 1971

SISTEMA CONSTRUCTIVO: Losas en concreto con un espesor aproximado de 0,35m

USO ACTUAL Y PREVISTO: El aeropuerto sigue teniendo el uso para el cual fue previsto como terminal en tierra donde se inician y concluyen los viajes de transporte aéreo. Las funciones de los aeropuertos son varias, entre ellas el aterrizaje y despegue de aeronaves, embarque y desembarque de pasajeros, equipajes y mercancías, reabastecimiento de combustible y mantenimiento de aeronaves, así como lugar de estacionamiento para aquellas que no están en servicio. Los aeropuertos sirven para aviación militar, aviación comercial y aviación general.

IMPORTANCIA: Es el tercer aeropuerto más importante del país para el aterrizaje y despegue de aeronaves, embarque y desembarque de pasajeros, equipajes y mercancías.

NORMATIVA ACTUAL QUE LO RIGE: Reglamento Aeronáutico de Colombia RAC 14. - Autoridad Federal de Aviación (FAA).

TIPO DE CIMENTACIÓN: Sub-base de 0,40 m de espesor y el terreno natural.

ÁREA DE LA EDIFICACIÓN: 43.472 m². Área de estudio 7317.91m².

NÚMERO DE PISOS: N/A.



1.3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE

Para la realización del presente estudio se obtuvo la siguiente información preliminar, la cual se presenta en el **Anexo 1**:

- Solicitud de Nomenclatura.
- Solicitud de uso del suelo.
- Planimetría.
- Copia del impuesto predial unificado.

1.4. ESTADO GENERAL

INTERVENCIONES Y OBRAS DENTRO DEL AEROPUERTO

Dentro del proceso de modernización del Aeropuerto se realizó un estudio de drenaje, para determinar el manejo de agua de escorrentía, el cual es de especial cuidado teniendo en cuenta los procesos de aterrizaje, despegue y carreteo de los aviones.

La FAA máxima autoridad dentro de los procesos de diseño y construcción de aeropuertos civiles recomienda que los sistemas de drenaje se dimensionen teniendo en cuenta aquellas tormentas cuya aparición se produzca como media una vez cada diez años, es decir, tomando como periodo de retorno ese tiempo. La construcción de redes de drenaje para precipitaciones de mayor periodo de retorno daría lugar a infraestructuras excesivamente costosas.

Las precipitaciones máximas diarias ocurridas entre los años 1972-2012 en el Aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón se muestran en la siguiente tabla:

Año	Precipitación máxima en 24h (mm)	Año	Precipitación máxima en 24h (mm)
1972	195,5	1986	148,2
1973	122,3	1987	140,5
1974	163,8	1988	226,3
1975	160,9	1989	108,7



1976	219,6	1990	167,6
1977	163,1	1991	139,9
1978	256,7	1992	145,7
1979	177,2	1993	148,9
1980	136,7	1994	188,6
1981	190,5	1995	112,1
1982	182,2	1996	135,1
1983	129,7	1997	196,1
1984	124,8	1998	181,0
1985	136,0	1999	224,8
2000	163,0	2007	127,6
2001	116,3	2008	203,6
2002	140,4	2009	124,2
2003	184,3	2010	381,2
2004	135,6	2011	172,2
2005	139,2	2012	132,9
2006	183,6		

Tabla 1 Precipitaciones en Aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón³

Sin embargo al documento una vez realizado el proceso completo del estudio pluviométrico se determinó para esta área unas curvas de intensidad, duración y frecuencia, que demandan la construcción de una red de drenaje para un periodo de retorno de 10 años, lo cual no es posible económicamente ejecutar por parte del operador del aeropuerto, para el diseño de ese sistema de drenaje optaron por una intensidad específica de precipitación para un periodo de retorno de 2 años, para lo cual se espera que no se produzcan lluvias con una intensidad media por más de 10 minutos, las cuales tienen una probabilidad de ocurrencia del 50%.

³ Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

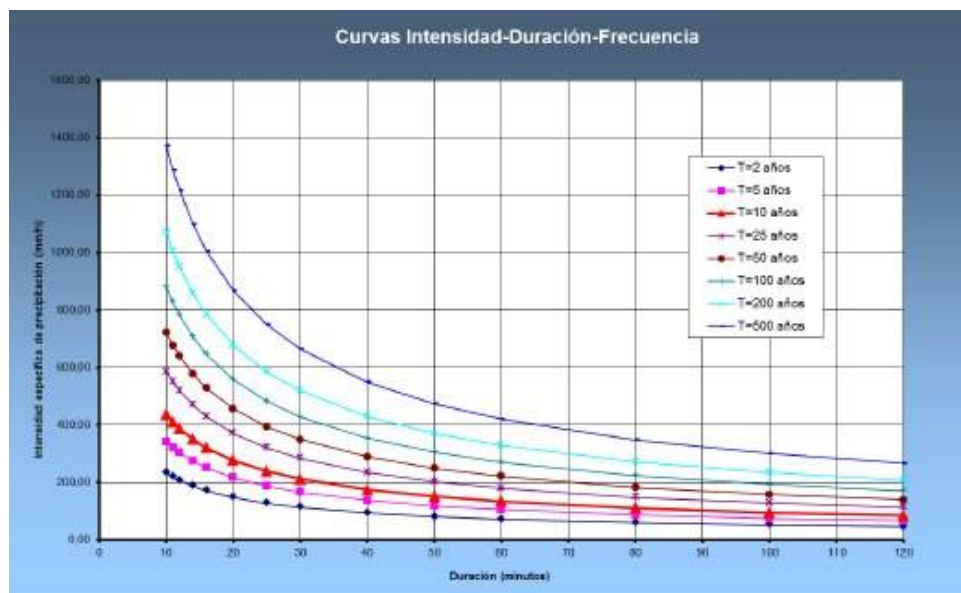


Figura. 4 Curva de intensidad, duración y frecuencia.

Este mismo proceso incluyó el estudio hidrológico de las cuencas exteriores del aeropuerto para determinar los caudales para el dimensionamiento de las canaletas. A continuación se muestra la designación de cuencas.

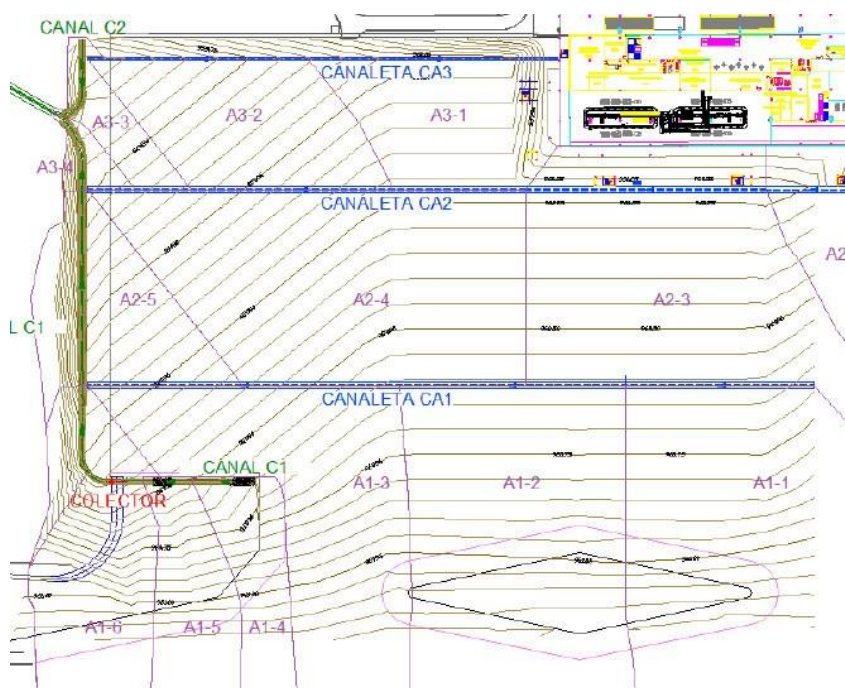


Figura. 5 Designación de drenajes



La información suministrada por la empresa INECO (Responsable del estudio) es importante para el desarrollo de este análisis, porque brinda un parámetro de comparación del manejo de las aguas lluvias que se van a dar en la nueva plataforma respecto a las cunetas o cárcamos que existen en el momento, los cuales tienen una sección rectangular de 0.35m^2 , que se encuentra por debajo de las áreas definidas en el nuevo diseño que son en promedio de $0,50\text{m}^2$ para las secciones tipo 1 y tipo 2 y de $1,47\text{m}^2$ para el tipo 3.

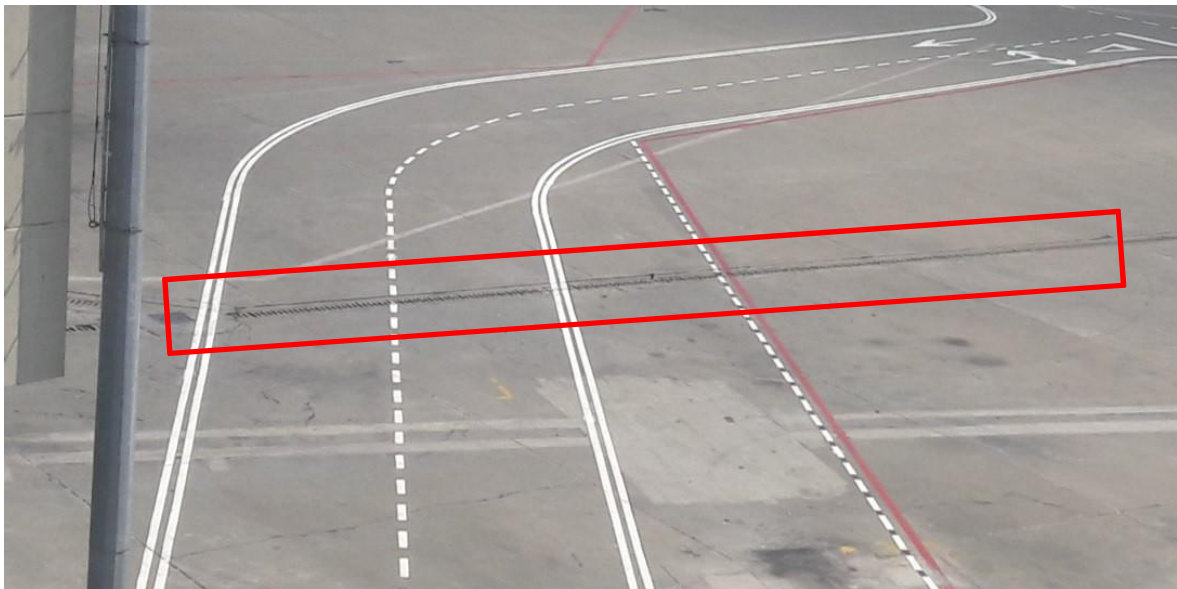


Figura. 6 Drenaje transversal de la plataforma

CONDICIONES CLIMÁTICAS

La temperatura media anual en Palmira se encuentra a 23.8°C , la humedad relativa promedio es de 13,55%, el clima es tropical, en invierno hay menos lluvia que en verano. La precipitación es en promedio de 1045 mm.



DIAGRAMA DE TEMPERATURA: El mes más caluroso del año con un promedio de 24.3 °C es marzo. El mes más frío del año es de 23.4 °C en el medio de noviembre.

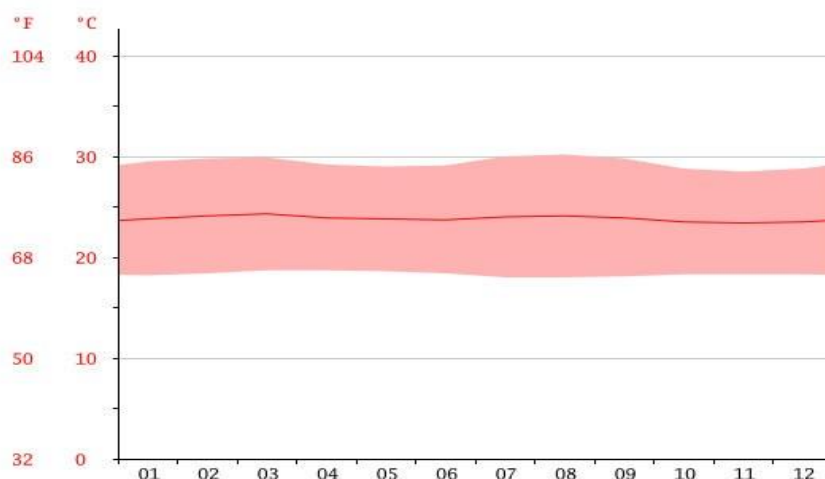


Figura. 7 Diagrama de temperatura⁴

CLIMOGRAMA: El mes más seco es julio, con 34 mm, y el de mayor precipitación es abril con 143 mm.

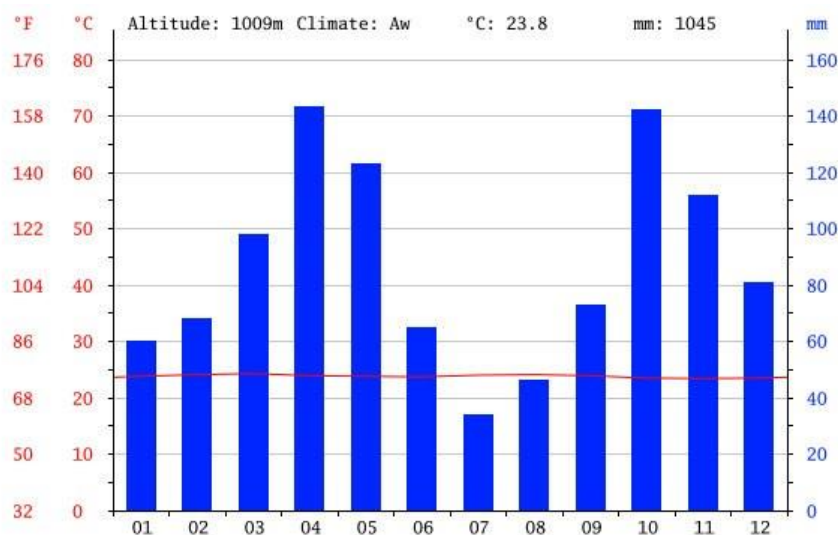


Figura. 8 Diagrama de clima⁵

⁴Fuente: www.climatedate.org consultado el 3 de Mayo de 2016.



TABLA CLIMÁTICA: La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 109 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en un 0.9 °C.

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	60	68	98	143	123	65	34	46	73	142	112	81
°C	23.8	24.1	24.3	23.9	23.8	23.7	24.0	24.1	23.9	23.5	23.4	23.5
°C (min)	18.2	18.4	18.7	18.7	18.6	18.4	18.0	18.0	18.1	18.3	18.3	18.3
°C (max)	29.5	29.8	29.9	29.2	29.0	29.1	30.0	30.2	29.8	28.8	28.5	28.8
°F	74.8	75.4	75.7	75.0	74.8	74.7	75.2	75.4	75.0	74.3	74.1	74.3
°F (min)	64.8	65.1	65.7	65.7	65.5	65.1	64.4	64.4	64.6	64.9	64.9	64.9
°F (max)	85.1	85.6	85.8	84.6	84.2	84.4	86.0	86.4	85.6	83.8	83.3	83.8

Tabla 2 Tabla climática anual⁶

El viento presenta una velocidad de 5 km/hora. Su topografía se destaca por ser predominantemente plana, en tiempo seco se encuentra el nivel freático a 3m.

SISTEMAS DE COBERTURA VEGETALES. El aeropuerto se encuentra localizado en el Valle geográfico del Rio Cauca, en donde es usual encontrar coberturas vegetales de caña de azúcar, pastos, sorgos, Soya, Maíz, Frutales, Hortalizas y Bosque de Guadua.

ARQUITECTURA

El Aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón tiene una tipología arquitectónica de 1 nave, con sistema estructural de columnas y losas, con cubierta en concreto de forma triangular, tiene 3 pisos, maneja escaleras en los extremos, lo que permite tener una planta libre con doble altura, que sumada a la altura de la cubierta da paso a una imponente sala de espera general.

⁵ Fuente: www.climatedate.org consultado el 3 de Mayo de 2016.

⁶ Fuente: www.climatedate.org consultado el 3 de Mayo de 2016.



En el **Anexo 2** se encuentra el registro fotográfico de la plataforma en estudio con sus 152 paños.

ESTRUCTURA

La estructura del aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón es un sistema de columnas, losas y cubierta en concreto todo a la vista, con un sistema de puentes que lo conectan con los satélites de muelle nacional e internacional con el mismo sistema. El área de estudio cuenta con una estructura de losas de concreto de 0.35x3.0x4.0m.

Clasificación de la estructura:

Por diseño y Construcción A.10.2.2.1 — Calidad del diseño y la construcción de la estructura original — Esta calificación se define en términos de la mejor tecnología existente en la época en que se construyó la edificación. Al respecto se puede utilizar información tal como: registros de interventoría la construcción y ensayos realizados especialmente para ello. Dentro de la calificación debe tenerse en cuenta el potencial de mal comportamiento de la edificación debido a distribución irregular de la masa o la rigidez, ausencia de diafragmas, anclajes, amarres y otros elementos necesarios para garantizar su buen comportamiento de ella ante las distintas solicitaciones. La calidad del diseño y la construcción de la estructura original deben calificarse como buena, regular o mala. – Calificación: BUENA.

Por estado de la estructura A.10.2.2.2 — Estado de la estructura — Debe hacerse una calificación del estado actual de la estructura de la edificación, basada en aspectos tales como: sismos que la puedan haber afectado, fisuración por cambios de temperatura, corrosión de las armaduras, asentamientos diferenciales, reformas, deflexiones excesivas, estado de elementos de unión y otros aspectos que permitan determinar su estado actual. El estado de la estructura existente debe calificarse como bueno, regular o malo. – Calificación: REGULAR.



1.5. APLICACIÓN PATOLÓGICA

PEDIÁTRICA

GERIÁTRICA (X)

FORENSE

PREVENTIVA (X)

1.6. RESEÑA HISTÓRICA DEL AEROPUERTO

Desde la década de los años 30 hasta nuestros días, el Valle del Cauca ha contado con tres aeropuertos, sin incluir las pistas privadas de Jamundí y “el Limonar”. Durante el primer año de la presidencia de Enrique Olaya Herrera, se iniciaron las gestiones para adquirir los terrenos destinados a una base-escuela de aviación militar, en Cali. Estas gestiones se llevaron a cabo con un conocido hacendado de la región, Abraham Domínguez. Se negociaron 400 fanegadas de la propiedad “El Guabito” ubicada al norte la ciudad.

El 21 de septiembre de 1933 se dio inicio a vuelos comerciales y militares en la base de “El Guabito”. Ese día, aeronaves internacionales de Panagra y nacionales de Scadta unían a Cali con las principales ciudades colombianas y a Colombia con otros países. El uso alterno de la pista de “El Guabito” no duró mucho tiempo, debido a que los vuelos mixtos de aeronaves comerciales y aeronaves de aprendizaje no eran aconsejables dentro de una base militar. Años después se produciría la separación de esos vuelos al tiempo que Avianca, nombre sustituto de la pionera Scadta, adquiriera los terrenos de la antigua hacienda “Guales”, sobre la carretera Cali-Candelaria, situada a 18 kilómetros al oriente de la capital vallecaucana.

En 1943 comienza a operar un nuevo aeropuerto, bautizado con el nombre de Calipuerto. Este aeropuerto daba a Colombia la imagen de un país “desordenado y folclórico”. La sala de recibo de los viajeros era estrecha, incomoda e inadecuada para el creciente movimiento de llegada y salida de gentes de distintas nacionalidades.

Por la década de 1950 surgieron rumores encaminados hacia la necesidad que tenía Cali de construir un moderno y funcional terminal aéreo. Estos rumores llevaron a que la sociedad propietaria de “Calipuerto” iniciara los trabajos de



ampliación de sus instalaciones y pista. Estos trabajos hicieron posible que “Calipuerto” prolongara durante veintiocho años más su vida útil.

En 1954 se propuso la construcción para Cali de un nuevo aeropuerto de magnitud internacional. La localización técnica inicio ese mismo año y, un año después, se efectuaron estudios preliminares auspiciados por la ECA. La gestación del hoy Aeropuerto Internacional “Alfonso Bonilla Aragón” contó con un proceso largo y difícil. Tanto es así, que para obtener el informe favorable de la Misión de Transporte del Banco Mundial, que fue la que recomendó la construcción del aeropuerto de Cali, tuvieron que transcurrir siete años.

En el mes de noviembre de 1962 estaba abierta la licitación para financiación y diseño de los aeropuertos de Cali y Barranquilla, cuyos préstamos debían ofrecer un plazo mínimo de siete años. Al mismo tiempo se elevaron las propuestas para los terminales aéreos de las capitales del Valle y del Atlántico. Poco después la Junta Técnica del ministerio de Obras Publicas descartó las dos solicitudes. La Unidad de Acción Vallecaucana, a pesar del rechazo, continuó en la lucha con ejemplar perseverancia. A ellos se les unió la clase política vallecaucana tanto en los órdenes, departamental como nacional. Se continúa adelantando las diligencias pertinentes ante los organismos competentes, se insiste en la factibilidad de la obra, la planeación de la misma, su necesidad y mil razones más. Todo con tal de conseguir el deseado fin, la aprobación del aeropuerto internacional de Cali.

Se presentaron dos proyectos arquitectónicos para el nuevo terminal aéreo. Uno de ellos, presentado por Ernesto Sarria y su grupo. Dicho proyecto recibió el premio nacional de ingeniería, premio que adjudica todos los años la Sociedad Colombiana de Ingenieros. Así mismo, fue llevado ante la Comisión del Grupo Internacional en Washington por Diego Calle, ministro de Hacienda de la época.

A finales de 1967, Bernardo Garcés Córdoba y Juan Berón del ministerio de obras públicas y de la agencia general de la ECA respectivamente, se unirán para resolver con la mayor brevedad posible el inconveniente que se vislumbraba para los Juegos Panamericanos de Cali. Es mismo año se firmaría el primer contrato que fue adjudicado a la firma Conciviles S.A. para la construcción de las sub- bases, por un valor de \$11'700.000=

En 1968, se firmaría en Cali, con la misma Conciviles S.A., el contrato para la pavimentación de la pista de aterrizaje, las calles de rodaje y las plataformas del aeropuerto.



La firma Camacho & Guerrero compañía, entrega los planos y respectivos estudios, se fija la fecha del 5 de agosto de 1969 para el cierre de la licitación referente a las estructuras del edificio terminal del nuevo aeropuerto. A partir de este momento la responsabilidad de la obra recae sobre las firmas AIC y AIA, con la interventoría de Planes Ltda.



Figura. 9 Aerofotografía del área del aeropuerto 1970

Tras los problemas de orden económico acaecidos entre 1970 y 1971, la Unidad de Acción Vallecaucana logra que el gobierno central destine partidas por \$36'000.000=. En razón al compromiso que había adquirido la ciudad de Cali en Winnipeg, realizar los Juegos Panamericanos, se efectúa la inauguración de la primera etapa del aeropuerto. Este acto solemne tuvo lugar el 24 de julio de 1971. Al acto asistió el Presidente de la República y los altos dignatarios de los gobiernos seccional, regional y nacional.



En el año 2000, el consorcio Aerocali S.A. cuyos integrantes eran Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea – AENA y Dragados de España, y la entidad financiera Corficolombiana, fue adjudicatario de la concesión del aeropuerto de Cali (Colombia) para los próximos 20 años, tras ganar la licitación pública internacional de esta terminal.⁷

1.7. MARCO LEGAL

- Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC).
- FAA Advisory. AC150/5320 - 6G
- Normativa OACI, Anexo 14.
- Especificaciones técnicas del Instituto Nacional de Vías (INVIAS).
- Normativa de Aena Aeropuertos EXA-40, edición 2013, Manual Normativo de Señalización en Área de Movimiento.
- Normativa UNE EN 124 Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos.
- AASTHO T 222 1993
- ACI 224.1R-93 Causas, Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de Hormigón

1.8. ESTUDIO DE SUELOS

GEOLOGÍA

En el presente capítulo se describe la información geológica superficial y estructural, con base en la revisión de los documentos históricos existentes y los resultados de investigaciones realizados en general para el departamento del Valle del Cauca.

⁷ Fuente: <http://www.aerocali.com.co/historia/> consultado el 3 de Mayo de 2016.



GEOMORFOLOGÍA

Para el análisis, con énfasis geomorfológico, se utilizaron las imágenes satelitales Landsat y Radar, estudiadas mediante la aplicación informática Global Mapper; igualmente y para la ubicación de los dos ensayos sísmicos, se empleó un GPS, marca Garmin, modelo Oregon-550, con el cual se adquirieron las pistas y localización de los puntos de muestreo.

La zona del proyecto se ubica en el sector central de la amplia llanura aluvial del río Cauca que se extiende entre los piedemontes de las cordilleras Occidental y Central, correspondiente al relleno de una espesa secuencia de suelos sedimentarios, transportados, constituida por intercalaciones de capas de arcilla, limo, arena y grava, cuyo espesor se considera en ≈ 500 m, (figura 1.1).

La morfología superficial del área, corresponde al de relieve plano, sobre el cual se destacan numerosas áreas lagunales y pantanosas sobre las que se depositaron, durante los últimos tiempos geológicos materiales volcánicos, principalmente cenizas lanzadas desde los numerosos focos volcánicos localizados a lo largo de la cima de la cordillera Central, favoreciendo, de esta manera, la acumulación en áreas de pandeo o depresiones (basins) de suelos orgánicos, los cuales alcanzan, en algunos sitios, espesores considerables.

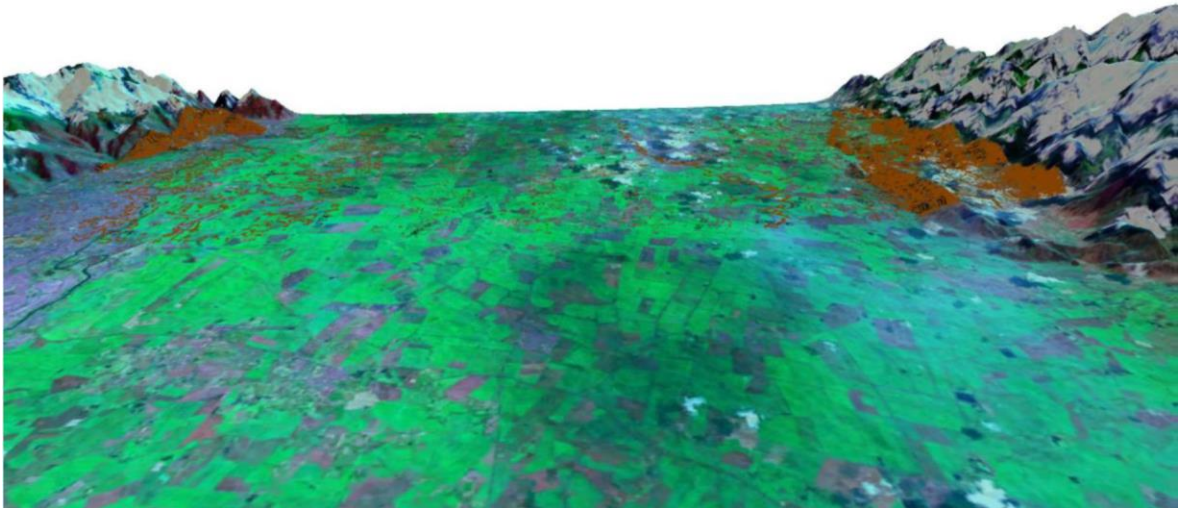


Figura. 10 Modelo 3D del Relleno Aluvial del Valle del Río Cauca



A su vez, éstos materiales volcánicos, de textura fina (posiblemente CH-MH), recubrieron espesos depósitos aluviales, compuestos principalmente por intercalaciones de capas de limo inorgánico, arena y grava que se prolongan hasta profundidades del orden de 500 m.

Se define por tanto que el proyecto se localiza sobre suelos de textura fina, blandos, normalmente consolidados, entre los que se intercalan capas lenticulares de material orgánico, depositado en antiguas zonas de pantanos o depresiones (basins).

ESTRATIGRAFÍA GEOLÓGICA

Estratigráficamente el área de influencia incluye depósitos geológicamente jóvenes hasta muy jóvenes, con edades que oscilan entre el Plio-Pleistoceno y reciente, los cuales pueden agruparse en los cuatro horizontes, indicados en la columna estratigráfica del pozo de estudio Vp-EA-3, construido por la CVC (1971), en la corregimiento de Palmaseca, municipio de Palmira.

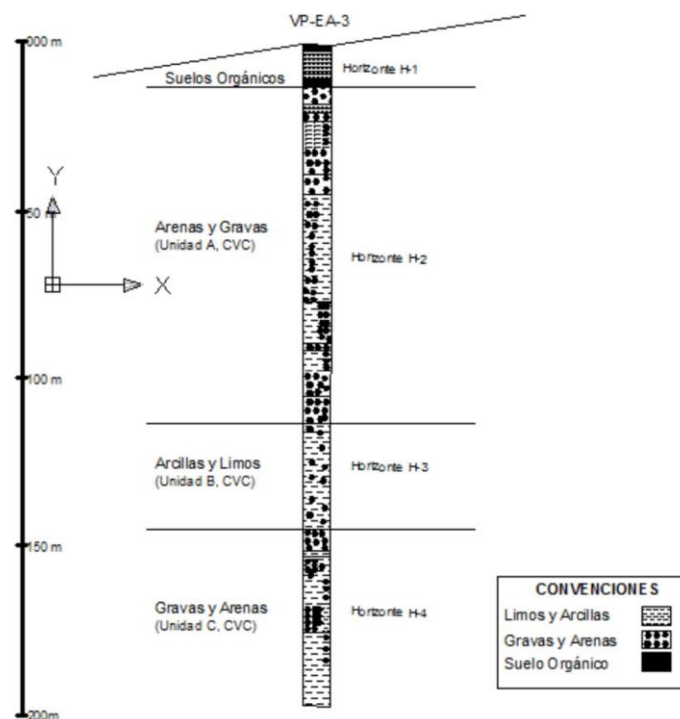


Figura. 11 Columna Estratigráfica Pozo Vp-Ea-3



CORRELACIÓN GEOLÓGICA – GEOFÍSICA

Con base en la interpretación fotogeológica, columna estratigráfica existente y resultados de los ensayos de refracción sísmica, se extrapola, en forma general, que la estratigrafía del subsuelo investigado corresponde a suelos heterogéneos de disposición errática cuya consistencia y/o densidad aumenta con la profundidad. De esta forma se propone la siguiente estratigrafía geológica simplificada.

CAPA 1

De espesor irregular, hasta 7.50 m de profundidad, está constituida por rellenos muy blandos y, posiblemente, suelo orgánico, caracterizados por velocidades de la onda cortante muy bajas ($V_s < 180$ m/s). Al menos una parte de este estrato se localiza del nivel freático.

CAPA 2

Con espesor irregular entre 7.50 y 16.50 m, está constituida por suelos duros, caracterizados por velocidades de la onda cortante de magnitud media ($V_s \approx 235$ m/s).

CAPA 3

Posterior a 16.50 m, está constituida por suelos duros a muy densos, caracterizados por velocidades de la onda cortante (V_s) mayores a 350 m/s. Se presume se encuentra por debajo del nivel freático.

PLATAFORMA

Se adelantaron once (11) sondeos exploratorios, como se presenta en la siguiente tabla, que alcanzaron una profundidad mínima de investigación de 10.0 m y máxima de 15.0 m, encontrándose el rechazo a este nivel. Se realizarán con un equipo mecánico a percusión, efectuando ensayos de penetración estándar (SPT) a incrementos de profundidad de 1.0 m en los primeros 5 m, y a 1.5 m en la profundidad restante, extrayendo muestras de tipo alteradas e inalteradas, con cuchara partida estándar y tubo de pared delgada Shelby, respectivamente. Se complementó el muestreo, realizando quince (15) apiques exploratorios hasta una profundidad mínima de 1.5 m, en distribución tres bolillo en la franja de la plataforma, con el propósito de obtener muestras inalteradas para ensayos de resistencia (C.B.R) de la subrasante, que se relacionan con el ensayo in situ del penetrómetro dinámico de cono (PDC). Para determinar la conductividad hidráulica de la subrasante se realizaron seis (6) pruebas de percolación en sitio.



Perforación (No)	Profundidad (m)
P8	13.5
P10	17
P11	16
P12	14
P13	10
P14	15
P16	10
P17	12
P18	10
P20	10
P21	10

Tabla 3 Perforaciones Mecánicas a Percusión - profundidad.

NIVEL FREÁTICO

Para la localización del nivel freático el inspector registra en el diario de perforación para cada una de las exploraciones acometidas, la profundidad inicial y final a la que se detecta la lámina freática, verificando que este logre estabilizarse. Resulta relevante tomar en consideración que la auscultación del subsuelo fue realizada en temporada seca (enero-febrero), hecho que propone un pronóstico de ascenso en el nivel freático en temporada de lluvias, en al menos 50 cm a 80 cm. A continuación, se relaciona la profundidad de detección de la capa freática en el área de la plataforma.



Perforación (No)	Nivel Freático (m)
P8	3.5
P10	3.0
P11	3.0
P12	3.0
P13	4.0
P14	3.5
P16	3.0
P17	3.0
P18	3.0
P20	3.0
P21	3.0

Tabla 4 Perforaciones Mecánicas a Percusión – nivel freático.

ENSAYOS DE LABORATORIO

- Para caracterizar el material de subsuelo obtenido en las exploraciones, se desarrolló el siguiente programa de ensayos de laboratorio, de conformidad a las normas ASTM:
- Humedad Natural. ASTM D 2216. Se ejecutaron 84 en el área de plataforma.
- Límite plástico e índice de plasticidad. ASTM D 4318. Se realizaron 84 en el área de plataforma.
- Límite líquido ASTM D 4318. Se adelantaron 84 en el área de plataforma.
- Análisis Granulométrico por tamizado. ASTM D 422. Se realizaron 57 en el área de plataforma.
- Compresión Inconfinada. ASTM D 2166. Se dispuso la ejecución de 2 ensayos en el área de plataforma.
- Consolidación Unidimensional. ASTM D 2435. Se acometió un ensayo en el área de plataforma.



- Relación de Soporte de California (C.B.R). ASTM D 1883. Se ejecutaron 12 en el área de plataforma y 3 sobre la vía de acceso SEI, para un total de 15 ensayos.
- Clasificación Unificada de Suelos (USCS). ASTM D 2487. Se hizo la clasificación de cada muestra sometida a los ensayos de límites de consistencia y análisis granulométrico de las muestras procesadas que fueron en total de 180.

En el **Anexo 3** se presentan los ensayos de laboratorio realizados.

ANÁLISIS GEOTÉCNICO

El análisis geotécnico establece las características y parámetros geotécnicos de cada uno de los estratos características de los suelos identificados con base en los hallazgos de las investigaciones y ensayos directos e indirectos practicados complementados con los resultados del plan de ensayos de laboratorio. Se describe la estratigrafía característica del subsuelo, parámetros característicos de los materiales tales como consistencia o densidad, resistencia, plasticidad, humedad natural y permeabilidad. De igual forma se evalúan los fenómenos de licuación para suelos granulares saturados, expansión para arcillas de alta plasticidad e inestabilidad para suelos dispersivos, según la caracterización aplicable.

ESTRATIGRAFÍA

Conforme los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio para cada muestra extraída, referenciada y procesada, se define la descripción definitiva de los materiales en los registros de exploración del subsuelo, donde queda consignada sus características cualitativas y clasificación de conformidad al SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) para cada uno de los estratos hallados.

ESTRATO A

Definido entre 0 y 6.0 m, aproximadamente, presenta capas alternadas y erráticas de mezclas de suelos inorgánicos, principalmente limo arenosos (ML), limos arcillosos (ML-CL) y arcillas limosas (CL-ML) de baja plasticidad, así como arenas



limo arcillosas (SM-SC) con colores desde el marrón hasta el gris con trazas amarillas y verdosas.

ESTRATO B

Entre 6.0 m y 10.0 m, aproximadamente, se identifican capas principalmente de limo arenosos inorgánicos de baja plasticidad (ML, ML-CL) y arenas limo arcillosas (SM-SC) de color marrón y gris.

ESTRATO C

A partir de 10.0 m y hasta 17.0 m que fue la profundidad máxima investigada (rechazo), subyacen capas de arenas limosas (SM-SC), gravas limo arcillosas (GM-GC) y limos arenosos (ML, ML-CL) de color habano y gris.

CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO

La caracterización geotécnica se realiza con base en la información obtenida en los trabajos de campo, más específicamente en los ensayos de penetración (SPT) y los resultados de los ensayos de laboratorio. De esta manera se establecen los rangos de variación de las magnitudes de los principales parámetros del suelo tales como la humedad natural, humedad de equilibrio, límite líquido, límite plástico, resistencia al corte no drenado y N (golpes/pie) entre otros.

PLASTICIDAD

La humedad natural (W_n) se encuentra cercana al límite plástico (L.P), lo que denota un estado de saturación de los materiales, efecto de un nivel freático entre 2.5 m y 3.5 m. El límite líquido (L.L) oscila entre 31% y 49%, mientras que la humedad natural (W_n) varía entre 17% y 28%, lo que define un potencial de expansión bajo, por lo que se descarta la ocurrencia de cambios volumétricos en la masa de suelo por cambio de humedad.

CONSISTENCIA / COMPACIDAD

La consistencia, para suelos cohesivos, y/o compacidad, para suelos granulares, aumenta con la profundidad conforme las magnitudes del ensayo de penetración estándar N (SPT). Entre 0 y 6.0 m de profundidad aproximadamente se presentan consistencias que varían de blanda a media con resistencias al corte (S_u) entre



0.1 kg/cm² y 0.3 kg/cm². De igual forma se presentan estratos arenosos con compacidades entre muy suelta a media con ángulos de fricción (ϕ) entre 23° y 27°.

De 6.0 m hasta 10.0 m la consistencia oscilo en el rango de media a muy compacta con resistencias al corte (S_u) entre 0.4 kg/cm² y 0.8 kg/cm². Los horizontes arenosos mostraron compacidades entre media a densa con ángulos de fricción (ϕ) entre 28° y 34°. Luego de 10.0 m y hasta la profundidad máxima explorada de 17.0 m la consistencia es dura para resistencias al corte (S_u) mayores a 1.0 0.4 kg/cm² y compacidad muy densa con ángulos de fricción (ϕ) mayores a 40°. A continuación se presenta la variación del parámetro N (golpes/pie) con la profundidad, del que por correlación se estima la resistencia al corte (S_u) y el ángulo de fricción interna (ϕ), para suelos de comportamiento cohesivo y mixturas con comportamiento granular, respectivamente.

Prof (m)	W _n	W _e	IP	LL	LP
0.5-1.0	19.5	25.0	21.1	45.6	24.5
1.5-2.0	17.2	20.9	13.7	33.4	19.7
3.0-3.5	21.5	20.8	11.4	36.6	25.2
4.5-5.0	20.7	19.5	9.8	33.8	24.0
6.0-6.5	16.8	18.6	8.1	31.8	23.7
7.5-8.0	19.1	19.7	9.5	34.2	24.7
9.0-9.5	17.3	20.2	10.1	35.3	25.1
10.5-11.0	9.7	19.3	8.0	33.5	25.5
12.0-12.5	14.0	22.6	14.8	40.4	25.6
13.5-14.0	12.8	26.3	22.1	48.3	26.2
14.5-15.0	20.9	17.4	6.1	29.3	23.2

Tabla 5 Plasticidad. Límites de Consistencia.

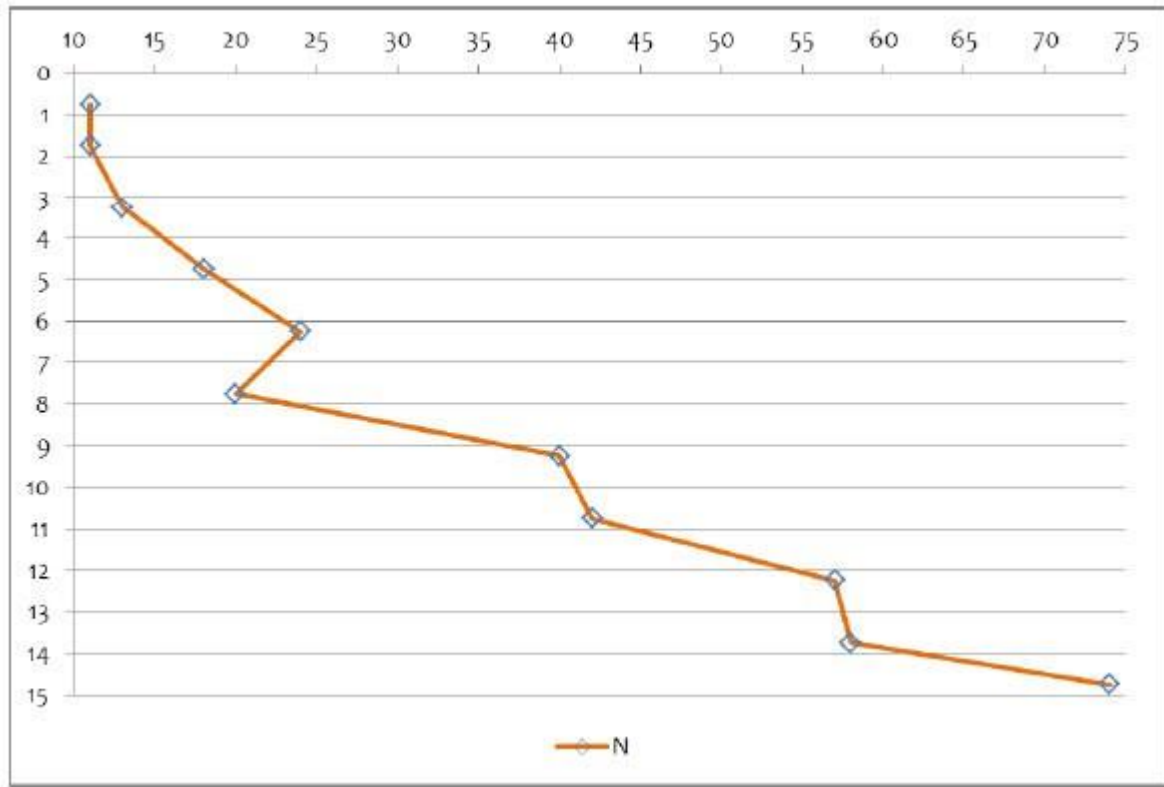


Figura. 12 Consistencia/Compacidad. N (golpes/pie).

ANÁLISIS DE LICUACIÓN

La licuación debido a cargas sísmicas es un fenómeno generalmente asociado a depósitos de suelos granulares sueltos saturados (bajo el nivel del agua subterránea). La evaluación del potencial de licuación se llevó a cabo usando la información de los SPT y el procedimiento analítico de la norma NSR-10. Para el análisis se utilizó un sismo de diseño de magnitud $M_w = 7.5$, con una aceleración máxima de 0.25 G, conforme las zonas de amenaza sísmica (Capítulo A.2. NSR-10).

El análisis consideró la evaluación del máximo esfuerzo cortante que cada capa de suelos granulares puede resistir de las aceleraciones horizontales producidas por el sismo de diseño. Este valor depende de la profundidad de la capa, densidad del material granular, contenido de finos y magnitud del sismo. También se evaluó



el esfuerzo cortante promedio esperado en cada capa de suelos granulares inducido por el sismo de diseño. Este valor depende de la profundidad de la capa y la máxima aceleración del terreno.

El factor de seguridad (FS) contra licuación se define como la relación entre el máximo esfuerzo cortante que cada capa de suelo granular puede resistir, y el esfuerzo cortante promedio que se espera produzca el sismo de diseño. Un factor de seguridad $FS = 1.0$.

El análisis de licuación para los estratos granulares saturados potencialmente licuables, identificados como arenas limosas y arenas arcillosas (SM, SM-SC) y limos arenosos (ML, ML-CL), dispuestos de forma errática en el las áreas y profundidades investigadas, concluye que se presenta una condición de licuación ante la presencia del sismo de diseño para aceleraciones de 0.25 G, estimándose factores de seguridad menores a 1.0.

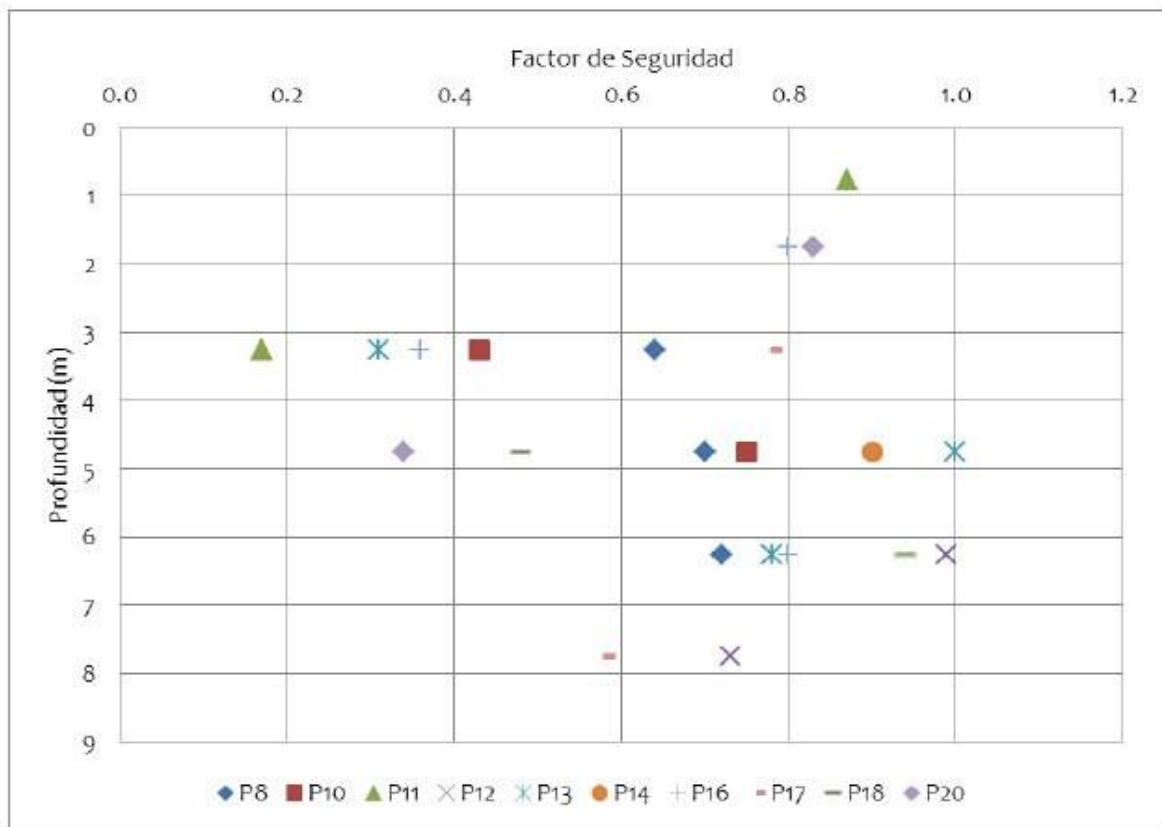


Figura. 13 Factor de Seguridad. Análisis de Licuación.



POTENCIAL DE EXPANSIÓN

Las causas principales de la expansión o contracción que generan cambios volumétricos en la masa de suelo están asociados a la anegación localizada, ascensión capilar del agua del nivel freático, periodos concentrados de alta precipitación con drenajes naturales deficientes, presencia de vegetación alta adyacente, contenido de arcilla, entre otros. Para este caso particular la no presencia de arcillas de alta plasticidad (CH), condiciones controladas de construcción y manejo de drenajes, así como el traslado de especies nativas de árboles de gran envergadura al momento de inicio del proyecto definen un escenario donde el potencial de expansión es muy bajo. Sin embargo se realizó un cálculo indirecto, por correlación, con el índice plástico en la expresión propuesto por Seed, Woodward y Lundgren.

$$S = 0.00216 * (IP) ^ 2.44$$

Dónde:

S (%): Porcentaje de Expansión.

IP (%): Índice de Plasticidad.

De esta forma se corrobora el bajo potencial de expansión de los materiales superficiales, hasta 3.0 m, con expansiones no mayores a 4%.

Prof. (m)	IP	S (%)
0.5-1.0	21.1	3.7
1.5-2.0	13.7	1.3
3.0-3.5	11.4	0.8

Tabla 6 Grado de Expansión.

El fenómeno de ascenso capilar del nivel freático, podría tener consecuencias sobre las condiciones y estabilidad y durabilidad de las capas de la estructura de pavimento en la zona de plataforma.



PERMEABILIDAD

Para establecer el grado de permeabilidad se realizaron ensayos de percolación in situ, sobre el material superficial detectado hasta 2.0 m de profundidad, que corresponde a una arcilla limosa de baja plasticidad (CL-ML). A continuación se presenta el cálculo para la rata de permeabilidad (k).

Percolación	t ₁	t ₂	Δt (s)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	D (m)	k (m/s)
1	9:20	12:50	7200	0.08	0.33	0.2	9.8E-06
2	9:10	12:10	10800	0.19	0.36	0.2	4.9E-08
3	9:12	12:12	10800	0.09	0.17	0.2	4.9E-08
4	9:20	12:20	10800	0.27	0.84	0.2	8.8E-08
5	9:10	10:40	4800	0.53	0.83	0.2	7.8E-08
6	9:00	12:00	10800	0.13	0.44	0.2	9.4E-08

Tabla 7 Coeficiente de Permeabilidad

Los resultados presentan una variación de la rata de permeabilidad (k) entre 9.8E-06 (m/s) y 9.4E-08 (m/s), magnitudes que establecen un grado de permeabilidad de categoría lenta.

1.8 ASPECTOS SÍSMICOS

Basados en la sismicidad del área del proyecto y de acuerdo al estudio de amenaza sísmica realizado para preparar las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10), se recomienda que el diseño estructural de las subestructuras y superestructuras se lleve a cabo con base en los siguiente parámetros:

- Zona de Amenaza Sísmica: Alta
- Tipo de Perfil de Suelo: E
- Coeficiente de Aceleración Pico Efectiva (A_a): 0.25
- Coeficiente de Velocidad Pico Efectiva (A_v): 0.20



- Coeficiente de Amplificación para Zonas de Periodos Cortos (Fa): 1.45, para perfil de suelo E con Aa igual 0.25.
- Coeficiente de Amplificación para Zonas de Periodos Intermedios (Fv): 3.2, para perfil de suelo E con Aa igual a 0.25.

NSR-10 A.2.6.1: Coeficiente de amortiguamiento:	5%
---	----

Como Definir los Parametros de Aa y Av por:	Ciudad
---	--------

NSR-10 A.2.3.: TABLA A.2.3-1 Valores de Aa, Av y Nivel de Amenaza Sísmica Según la Region (Figura A.2.3-1)	5
--	---

NSR-10 APÉNDICE A-4 VALORES DE Aa, Av, Ae Y Ad Y DEFINICIÓN DE LA ZONA DE AMENAZA SÍSMICA DE LOS MUNICIPIOS COLOMBIANOS	Palmira
---	---------

NSR-10 A.2.5.1 - GRUPOS DE USO	IV - Edificaciones Indispensables
--------------------------------	-----------------------------------

NSR-10 A.2.4.4 : TABLA A.2.4-1 - Clasificación del Perfil de Suelo	E
--	----------

Region No.	5
Nivel de Amenaza Sísmica	Alta
Coef. de Aceleración Horizontal Pico Efectiva, para Diseño (Aa)	0,25
Coef. de Velocidad Horizontal Pico Efectiva, para Diseño (Av)	0,20
Coef. de Sitio para Zonas de Periodos Cortos del Espectro (Fa)	1,45
Coef. de Sitio para Zonas de Periodos Intermedios del Espectro (Fv)	3,20
Coeficiente de Importancia (I)	1,50

PERIODOS DE VIBRACION (En segundos)		
Periodo Inicial	$T_o = 0.1 \cdot (Av \cdot Fv) / (Aa \cdot Fa)$	0,18
Periodo Corto	$T_c = 0.48 \cdot (Av \cdot Fv) / (Aa \cdot Fa)$	0,85
Periodo Largo	$T_L = 2.40 \cdot Fv$	7,68

ESPECTRO ELASTICO DE DISEÑO (Sa)		
$Sa = 2,5 \cdot Aa \cdot Fa \cdot I \cdot (0,4 + 0,6 \cdot T / T_o)$		Para $T < T_o$
$Sa = 2,5 \cdot Aa \cdot Fa \cdot I$		Para $T_o < T < T_c$
$Sa = 1,2 \cdot Av \cdot Fv \cdot I / T$		Para $T_c < T < T_L$
$Sa = 1,2 \cdot Av \cdot Fv \cdot T_L \cdot I / T^2$		Para $T > T_L$

T	Sa - Palmira(IV - Edificaciones Indispensables - E)
0,00	0,544
0,09	0,952
0,18	1,359
0,51	1,359
0,85	1,359
1,53	0,753
2,21	0,520
2,90	0,398
3,58	0,322
4,26	0,270
4,95	0,233
5,63	0,205
6,31	0,183
7,00	0,165
7,68	0,150
8,36	0,127
9,05	0,108
9,73	0,094
10,41	0,082

Tx,y por analisis modal		
Sa Para T en dirección X		
To	0,11	1,359
Tc		
TL		
Sa Para T en dirección Y		
To	0,41	1,359
Tc		
TL		

Tabla 8 Parámetros sísmicos de diseño

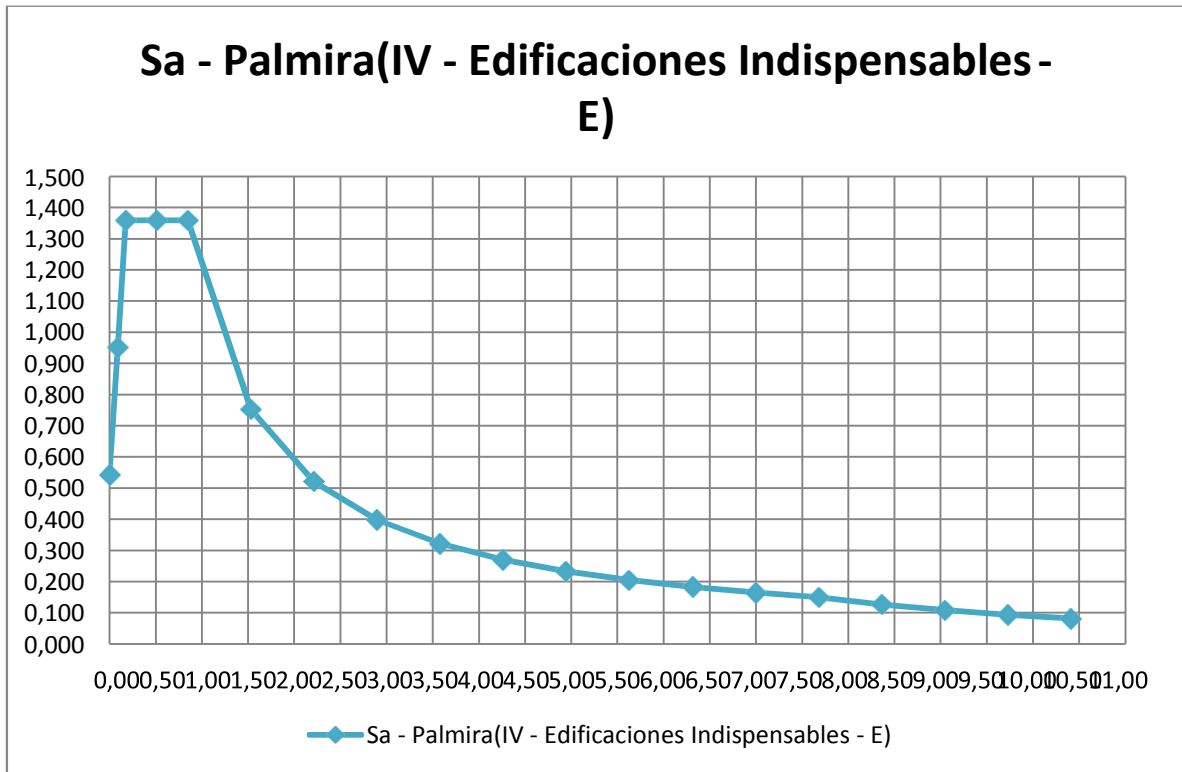


Figura. 14 Espectro sísmico de diseño

1.9 EVALUACIÓN DE PLACAS DE PAVIMENTO DE LA PLATAFORMA

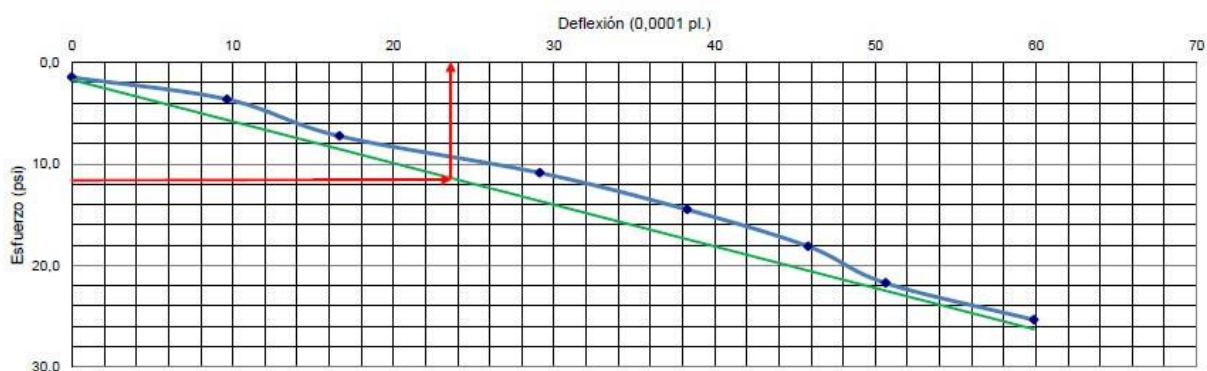
El ensayo de placa con carga estática no repetida, sobre suelos de sub-rasante y componentes de pavimentos, bien sea en condición compacta o en estado natural suministra los datos para emplear en la evaluación y diseño de los pavimentos, de los tipos rígido y flexible, para carreteras y aeropistas. El ensayo se efectuó siguiendo las recomendaciones del pliego de condiciones y de acuerdo a las especificaciones de la norma I.N.V. E – 168.

Los dos ensayos se ejecutaron el día viernes 06 de Noviembre de 2016.



Figura. 15 Realización de ensayo de placa con carga estática

Los resultados de este ensayo son usados para la evaluación y diagnóstico del paciente, los resultados se encuentran en el **Anexo 3**.



DEFLEXION (0,0001 pl.)	23,6
MODULO DE REACCION Ku (lb/pl ²)/pl.	424
MODULO DE REACCION CORREGIDO DEFLEX. PLACA Ku (lb/pl ²)/pl.	341
MODULO DE REACCION CORREGIDO DEFLEX. PLACA Ku (MPa)/m	93

Figura. 16 Resultado de ensayo de placa con carga estática



2. DIAGNÓSTICO

Para el diagnóstico de las 152 losas de concreto simple que conforman la plataforma en estudio, se toma como referente los conceptos y recomendaciones del Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos del consejo de directores de carreteras de Iberoamérica y el Manual para la Inspección visual de pavimentos Rígidos del Ministerio de transporte y el Instituto nacional de vías (INVIAS).

2.1. JUNTAS

DEFICIENCIA DEL SELLADO (DST - DSL)

Desprendimiento o rompimiento del sello de las juntas longitudinales o transversales, que permite la entrada de materiales incompresibles e infiltración de agua superficial.

Se considera como deterioro del sello cualquiera de los siguientes defectos: extrusión del sello, endurecimiento, pérdida de adherencia entre el sello y la losa, pérdida parcial o total del sello e incrustación de materiales ajenos y crecimiento de vegetación. Este deterioro se presenta en pavimentos de placas de concreto simple y en placas de concreto reforzado.

Nivel de Severidad: Teniendo en cuenta la longitud de la junta que se encuentra con un sellado deficiente, se clasifica de la siguiente forma:

- Alto: Longitud con deficiencia de sellado mayor al 25% de la longitud de la junta, entrada de agua y/o material incompresible, el cambio y resellado debe ser inmediato.



Figura. 17 Deficiencia del sellado de las juntas de la plataforma

Posibles Causas: Las principales causas del deterioro de los sellos de las juntas, son:

- Endurecimiento del sello: producto de mala calidad, envejecimiento.
- Pérdida de adherencia entre el sello y la placa: producto de mala calidad, sellado mal colocado, caja mal diseñada, paredes sucias en el momento de aplicar el sello.
- Pérdida de sello: producto de mala calidad, procedimiento de colocación deficiente, movimiento relativo excesivo entre losas aledañas, poca consistencia del material de sello.
- Extrusión del material del sello: exceso de sello, producto de mala calidad, procedimiento de colocación deficiente, incremento severo de temperatura que provoca el movimiento de las losas y el ablandamiento del material, puesta en servicio de la vía antes del fraguado del sello.
- Incrustación de material incompresible: ocasionada por la cercanía de bermas no pavimentadas o la caída de materiales de vehículos que transitan por la vía.



- Crecimiento de la vegetación: humedad en la junta.

Evolución probable: El deterioro más probable de ocurrir debido a la evolución de la falla de sello es el desportillamiento y el bombeo.

En la inspección se encontró que todas las placas tienen deterioro y daños en el sellado de las juntas, como se muestra a continuación:



Figura. 18 Localización de placas que tienen deficiencia en el sellado de las juntas

DESPORTILLAMIENTO DE JUNTAS (DPT, DPL)

Desintegración de las aristas de una junta (longitudinal, transversal), con pérdida de trozos, que puede afectar hasta 0,15 m (15 cm) a lado y lado de la junta. Este tipo de deterioro se presenta en todos los tipos de pavimento rígido con juntas.



Niveles de Severidad: Se definen combinando el estado de los bloques que se forman por el fracturamiento en contacto con la junta y sus dimensiones, se clasifican de la siguiente forma:

- **Media:** Las fracturas se extienden a lo largo de la junta en más de 0,08 m (80 mm) a cada lado de la misma, dando origen a piezas o trozos relativamente sueltos, que pueden ser removidos; algunos o todos los trozos pueden faltar, pero su profundidad es menor de 0,025 m (25 mm).



Figura. 19 Desportillamiento de las juntas

Medición del deterioro: Se toma la longitud en metros de la junta afectada por placa y se reporta la severidad del daño.

Posibles Causas: Las principales causas del desportillamiento de las juntas, son:

- Debilitamiento de los bordes de la junta debido a defectos constructivos.
- Desintegración del concreto, por mala calidad del material.



- Presencia de material incompresible en la junta, el cual al expandirse genera concentración de esfuerzos y la posterior falla ante el paso de vehículos.
- Mal procedimiento de corte de la junta.
- Aplicación de cargas antes de conseguir la resistencia mínima recomendada del concreto.

Evolución probable: La evolución más probable del desportillamiento de las juntas es la entrada de agua a la base generando bombeo.

En la inspección se encontró que 52 losas sufren de esta lesión, su localización se muestra a continuación:



Figura. 20 Localización de placas que tienen desportillamiento en las juntas



2.2. GRIETAS

GRIETAS DE ESQUINA (GE)

Este tipo de deterioro genera un bloque de forma triangular en la losa; se presenta generalmente al interceptar las juntas transversal y longitudinal, describiendo un ángulo mayor que 45° , con respecto a la dirección del tránsito. La longitud de los lados del triángulo sobre la junta de la losa varía entre 0,3 m y la mitad del ancho de la losa. Este tipo de daño se presenta en placas de concreto simple y en placas de concreto reforzado.

Niveles de Severidad: Teniendo en cuenta el ancho de la grieta, las severidades están dadas como sigue:

- Alta: Aberturas mayores a 0,01 m (10 mm). Se presenta escalonamiento y el bloque de la esquina está dividido en varias partes.



Figura. 21 Grietas de esquina

Medición del deterioro: Se debe medir la longitud de la grieta en metros y el ancho de su abertura, reportando la cantidad de grietas de esquina presentes en cada losa para cada nivel de severidad.



Posibles Causas: Las principales causas de la formación de grietas de esquina son:

- Asentamiento de la base y/o la subrasante.
- Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base.
- Sobrecarga en las esquinas.
- Deficiente transmisión de cargas entre las losas adyacentes.

Evolución probable: Se pueden generar o incrementar los escalonamientos y producir fracturas múltiples en las losas.

Este tipo de lesión se encontró en 6 placas su localización se muestra a continuación:



Figura. 22 Localización de placas que presentan grietas de esquina



GRIETAS LONGITUDINALES (GL)

Grietas predominantemente paralelas al eje de la calzada o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa, pero la intersección se produce a una distancia (L) mucho mayor que la mitad de la longitud de la losa. Este tipo de daño se presenta en todos los tipos de pavimento rígido.

Niveles de Severidad: Teniendo en cuenta la abertura de la grieta, los niveles de severidad de las grietas longitudinales se clasifican en:

- Alta: > Aberturas mayores a 0,01m (10 mm). Se presenta escalonamiento mucho mayor a 0,015 m (15 mm).



Figura. 23 Grietas longitudinales en plataforma



Medición del Deterioro: Se debe medir la longitud de la grieta en metros, reportando la cantidad de grietas longitudinales presentes en cada losa para cada nivel de severidad. Si existen grietas selladas también deben ser medidas, estas siempre serán reportadas y tendrán algún nivel de severidad.

Posibles Causas: Las principales causas de las grietas longitudinales son:

- Asentamiento de la base o la subrasante.
- Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base.
- Losa de ancho excesivo.
- Falta de transmisión de cargas
- Carencia de una junta longitudinal.
- Contracción del concreto

Evolución probable: Los deterioros con mayor probabilidad de ocurrencia como consecuencia de la evolución de las grietas longitudinales, son:

- Fracturas múltiples en las losas.
- Escalonamiento

Este tipo de lesión se encontró en 9 placas su localización se muestra a continuación:



Figura. 24 Localización de placas que presentan grietas longitudinales

GRIETAS TRANSVERSALES (GT)

Grietas que se presentan perpendiculares al eje de circulación de la vía. Pueden extenderse desde la junta transversal hasta la junta longitudinal, siempre que la intersección con la junta transversal esté a una distancia del borde (T) mayor que la mitad del ancho de la losa y la intersección con la junta longitudinal se encuentra a una distancia inferior que la mitad del largo de la losa (L). Este tipo de daño se presenta en todos los tipos de pavimento rígido.

Niveles de Severidad: Teniendo en cuenta la abertura de la grieta, los niveles de severidad de las grietas longitudinales se clasifican en:

- Media: Abertura entre 0,003 m y 0,01 m (3 – 10 mm).



Figura. 25 Placas que presentan grietas Transversales

Medición del Deterioro: Se debe medir la longitud de la grieta en metros, reportando la cantidad de grietas transversales presentes en cada losa para cada nivel de severidad. Si existen grietas selladas también deben ser medidas, estas siempre serán reportadas y tendrán algún nivel de severidad.

Posibles Causas: Las principales causas de las grietas transversales, son:

- Asentamiento de la base o la subrasante.
- Losas de longitud excesiva.
- Junta de contracción aserrada o formada tardíamente.
- Espesor de la losa insuficiente para soportar las solicitaciones.
- Gradiente térmico que origina alabeos.
- Problemas de drenaje.
- Cargas excesivas



Evolución probable: El daño con mayor probabilidad de aparición, como consecuencia de la evolución de las grietas transversales son las grietas en bloque, también puede haber escalonamiento por la entrada de agua.

Este tipo de lesión se encontró en 4 placas su localización se muestra a continuación:



Figura. 26 Localización de placas que presentan grietas transversales

El levantamiento de este tipo de lesiones se encuentra en el **Anexo 4**.



2.3. DETERIOROS SUPERFICIALES

DESCASCARAMIENTO (DE)

Descascaramiento es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de concreto existiendo pérdida de material superficial y se clasifican de la siguiente forma:

- Media: Pérdida de material superficial a una profundidad de entre 0,005 m y 0.015 m (5 – 15 mm).

Medición del deterioro: Se mide el área de cada descascaramiento por placa identificando la severidad de la falla.



Figura. 27 Placas que presentan descascaramientos

Posibles Causas: Los descascaramientos generalmente son consecuencia de un exceso de acabado del concreto fresco colocado, produciendo la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del concreto resulte muy débil frente a la retracción.



Las fisuras capilares pueden evolucionar en muchos casos por efecto del tránsito, dando origen al descascaramiento de la superficie, posibilitando un levantamiento de material superficial que progresa tanto en profundidad como en área. También pueden observarse manifestaciones de descascaramiento en pavimentos con refuerzo, cuando las armaduras se colocan muy próximas a la superficie.

Evolución probable: El descascaramiento puede incrementar su grado de severidad hasta generar desintegración.

Este tipo de lesión se encontró en 36 placas su localización se muestra a continuación:



Figura. 28 Localización de placas que presentan descascaramiento



DESINTEGRACIÓN (DI)

Consiste en pérdida constante de agregado grueso en la superficie, debido a la progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino desprendido de matriz arena-cemento del concreto, provocando una superficie con pequeñas cavidades.

Niveles de Severidad: Se definen de acuerdo al área en la cual ha existido pérdida de material superficial, se clasifican de la siguiente forma:

Alta: Peladuras generalizadas, se extienden en la superficie dando lugar a una superficie rugosa, con desprendimiento de agregado grueso formando cavidades o pequeños baches superficiales.



Figura. 29 Desintegración de la matriz de concreto en placa 17

Medición del deterioro: Se mide el área por severidad del daño para cada losa.

Posibles Causas: Es causado por el efecto abrasivo del tránsito sobre concretos de calidad pobre, ya sea por el empleo de dosificaciones inadecuadas (bajo contenido de cemento, exceso de agua, agregados de inapropiada granulometría),



o bien por deficiencias durante su ejecución (segregación de la mezcla, insuficiente densificación, curado defectuoso), otras posibles causas:

- Material inapropiado en el interior del hormigón tal como terrones de arcilla ó cal viva.
- Mortero poco homogéneo.
- Deficiente calidad de los materiales.
- Agregados expansivos o de baja durabilidad.
- Reparaciones hechas sin seguir recomendaciones técnicas.

Evolución probable: La desintegración de la superficie del pavimento puede incrementar su grado de severidad hasta generar baches.

Este tipo de lesión se encontró en 31 placas su localización se muestra a continuación:



Desintegración de la losa de concreto y la remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares que incluso puede dejar expuesto el material de base.

- Media: Profundidad de afectación entre 25 mm y 50 mm.

60



Figura. 31 Bache

Posibles Causas: Los baches se producen por conjunción de varias causas:

- Fundaciones y capas inferiores inestables.
- Espesores del pavimento estructuralmente insuficientes.
- Retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas.
- Acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento.

Este tipo de lesión se encontró en 1 placa, su localización se muestra a continuación:



Figura. 32 Localización de placas que presentan baches

PULIMENTO (PU)

Carencia o pérdida de la textura superficial necesaria para que exista una fricción adecuada entre el pavimento y los neumáticos.

Niveles de Severidad: No se definen niveles de severidad. El grado de pulimento de la superficie debe ser alto para ser informado.

Medición del deterioro: Se debe reportar el área afectada en cada placa o el número de placas afectadas.



Figura. 33 Pulimiento

Posibles Causas: Esta deficiencia es causada principalmente por el tránsito, que produce el desgaste superficial de los agregados, especialmente cuando la mezcla de concreto y/o agregados es de calidad deficiente y favorece la exposición de los mismos. La reducción de la fricción o resistencia al deslizamiento, puede alcanzar niveles de riesgo para la seguridad del tránsito. El pulimento de los agregados puede ser considerado cuando un examen visual revela que la rugosidad sobre la superficie es muy reducida y se presenta una superficie suave al tacto.

Evolución probable: El pulimento de la superficie del pavimento puede generar cabezas duras.

Este tipo de lesión se encontró en todas las placas, su localización se muestra a continuación:



Figura. 34 Localización de placas con pulimiento

2.4. OTROS DETERIOROS

FISURACIÓN POR RETRACCIÓN O TIPO MALLA (FR)

Fisuras limitadas sólo a la superficie del pavimento. Frecuentemente, las grietas de mayores dimensiones se orientan en sentido longitudinal y se encuentran interconectadas por grietas más finas distribuidas en forma aleatoria.

Niveles de Severidad: La severidad de las fisuras de aparición temprana, se evalúa teniendo en cuenta la presencia de descascaramientos en los bordes de las fisuras, los niveles de severidad definidos, son:

- Media: Fisuramiento con descascaramiento que afecta menos del 10% de la superficie deteriorada.



Medición del deterioro: Determinar el área afectada en metros cuadrados y la severidad.



Figura. 35 Fisuración en placa de plataforma

Posibles Causas: Se debe principalmente a:

- Curado inapropiado del concreto.
- Exceso de amasado superficial y/o adición de agua durante el alisado de la superficie.
- Malla de refuerzo muy cerca de la superficie.
- Acción del clima o de productos químicos.

Evolución probable: La evolución más probable de las fisuras por retracción, es el descascaramiento.

Este tipo de lesión se encontró en 9 placas, su localización se muestra a continuación:



Figura. 36 Localización de placas con fisuración por retracción

A continuación se presenta la influencia de las lesiones de origen patológico encontradas durante el estudio con referencia al área:

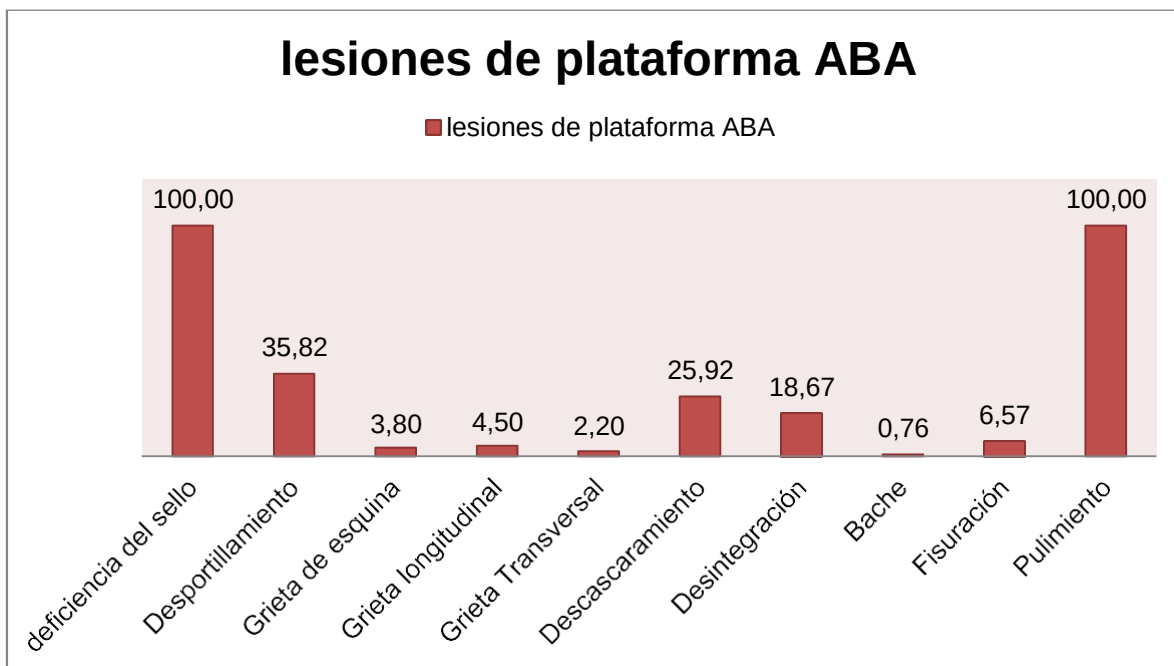


Figura. 37 Porcentaje de lesiones por áreas

A continuación se presenta la influencia de las lesiones de origen patológico encontradas durante el estudio con referencia al número de losas:

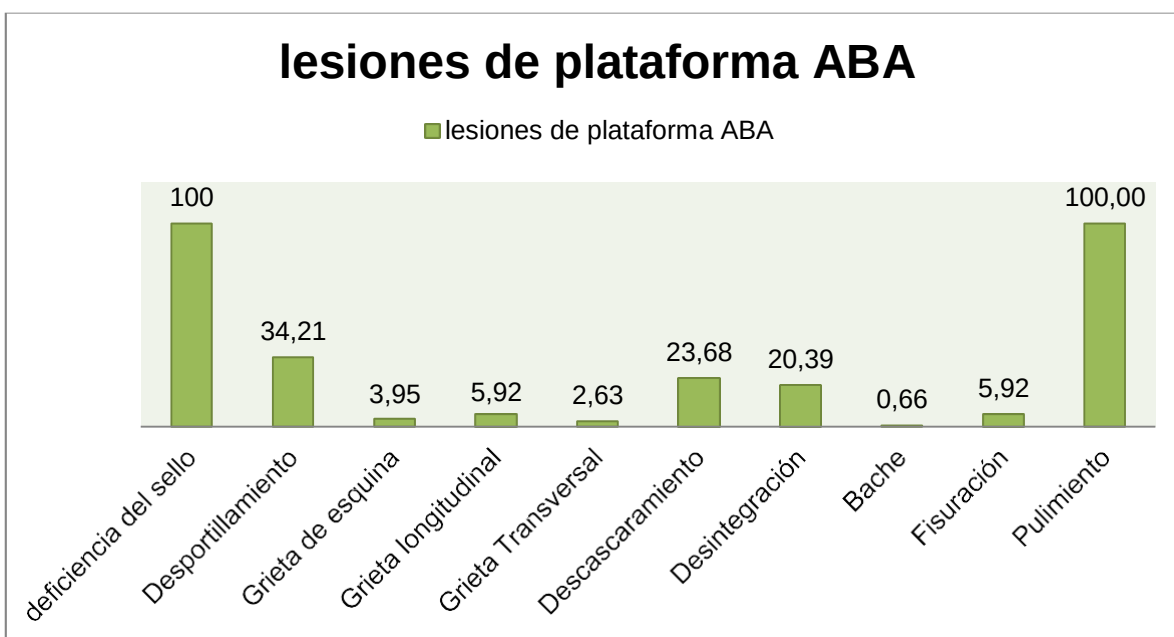


Figura. 38 Porcentaje de lesiones por número de losas



2.5. MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA EN CAMPO CON ESCLERÓMETRO

Es un ensayo no destructivo del concreto, que se realiza siguiendo los parámetros de la norma ASTM-C 805, permite obtener la resistencia aproximada del concreto a la compresión, que proporciona un valor adimensional que relaciona la dureza superficial del concreto con su resistencia de modo experimental.

Debido a que la superficie presenta pulimiento, los resultados del ensayo de resistencia con esclerómetro presentan grandes variaciones, ya que la matriz de cemento de la placa se ha perdido dejando los agregados expuestos.



Figura. 39 Arq. Luz Adriana Moreno realizando ensayo de esclerómetro del paciente



Se realiza este ensayo en 20 placas de la plataforma del aeropuerto tomando quince lecturas por placa para un total de 300 lecturas, todas realizadas en un ángulo de -90° y con un esclerómetro tipo N.



Figura. 40 Localización de placas a las que se les realizó el ensayo de esclerómetro

A continuación se presenta la tabla resumen de resultados, los registros de este ensayo se encuentran en el **Anexo 4**.



Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 2	32,04	326,75	Desviacion (s)	1,50	
			Lim. Inferior	36,90	
			Lim. Superior	39,90	
			X	X	38
			38	X	38
			37	X	X
			38	X	X
			38	38	38
			X	X	X
Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 12	31,02	316,32	Desviacion (s)	1,63	
			Lim. Inferior	35,70	
			Lim. Superior	38,97	
			38	38	X
			36	36	36
			36	36	36
			X	38	38
			36	X	36
			X	X	X
Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 21	35,90	366,03	Desviacion (s)	2,51	
			Lim. Inferior	39,49	
			Lim. Superior	44,51	
			44	44	44
			44	40	44
			42	40	44
			44	40	44
			X	40	40
			X	X	X
Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 27	33,63	342,92	Desviacion (s)	1,66	
			Lim. Inferior	38,54	
			Lim. Superior	41,86	
			X	X	40
			39	40	40
			39	40	X
			39	40	40
			40	40	40
			X	X	X



Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 32	31,61	322,34	Desviacion (s)	1,26	
			Lim. Inferior	36,54	
			Lim. Superior	39,06	
			37	37	37
			37	X	38
			37	37	X
			X	37	X
			38	38	38
			X	X	X
Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 39	31,51	321,36	Desviacion (s)	1,53	
			Lim. Inferior	36,20	
			Lim. Superior	39,27	
			38	X	X
			X	37	X
			38	X	X
			37	37	37
			37	37	X
			X	X	X
Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 46	33,84	345,08	Desviacion (s)	0,92	
			Lim. Inferior	38,95	
			Lim. Superior	40,78	
			X	40	40
			40	40	40
			40	40	40
			40	40	40
			X	40	X
			X	X	X
Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 61	32,15	327,83	Desviacion (s)	1,24	
			Lim. Inferior	37,36	
			Lim. Superior	39,84	
			X	X	38
			X	X	X
			38	X	38
			38	X	X
			38	X	38
			X	X	X



Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 68	32,41	330,48	Desviacion (s)	0,74	
			Lim. Inferior	37,79	
			Lim. Superior	39,28	
			38	39	38
			38	X	38
			38	39	39
			39	38	X
			38	38	38
			X	X	X
Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 70	32,99	336,45	Desviacion (s)	0,77	
			Lim. Inferior	38,43	
			Lim. Superior	39,97	
			X	X	39
			X	X	X
			X	X	39
			39	39	39
			39	X	X
			X	X	X
Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 78	32,75	333,99	Desviacion (s)	1,28	
			Lim. Inferior	37,65	
			Lim. Superior	40,21	
			X	38	38
			38	40	40
			38	38	40
			40	38	38
			38	40	38
			X	X	X
Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 88	32,15	327,83	Desviacion (s)	1,24	
			Lim. Inferior	37,36	
			Lim. Superior	39,84	
			X	X	38
			X	X	X
			38	X	38
			38	X	X
			38	X	38
			X	X	X



Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 89	33,99	346,65	Desviacion (s)	1,76	
			Lim. Inferior	37,57	
			Lim. Superior	41,09	
			41	41	X
			38	40	41
			40	41	41
			X	41	40
			38	X	X
			X	X	X
Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 100	32,08	327,16	Desviacion (s)	1,35	
			Lim. Inferior	36,99	
			Lim. Superior	39,68	
			37	38	39
			37	38	38
			38	38	39
			X	39	37
			X	38	37
			X	X	X
Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 103	34,69	353,71	Desviacion (s)	0,49	
			Lim. Inferior	40,18	
			Lim. Superior	41,15	
			41	41	41
			41	X	X
			41	41	41
			X	41	41
			41	X	X
			X	X	X
Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 108	34,45	351,24	Desviacion (s)	1,28	
			Lim. Inferior	39,65	
			Lim. Superior	42,21	
			40	40	42
			40	40	40
			40	X	42
			40	42	42
			40	40	42
			X	X	X



Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 110	33,84	345,08	Desviacion (s)	0,70	
			Lim. Inferior	39,36	
			Lim. Superior	40,77	
			40	40	40
			40	40	X
			40	40	X
			40	X	40
			X	40	40
			X	X	X
Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 125	32,15	327,83	Desviacion (s)	0,46	
			Lim. Inferior	37,48	
			Lim. Superior	38,39	
			38	38	X
			X	38	38
			38	38	38
			38	38	38
			38	38	X
			X	X	X
Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 142	32,46	330,96	Desviacion (s)	1,39	
			Lim. Inferior	37,68	
			Lim. Superior	40,45	
			38	X	38
			38	38	38
			38	38	X
			40	38	X
			X	40	38
			X	X	X
Elemento	MPa	kg/cm ²	ANÁLISIS		
PLACA 147	34,26	349,40	Desviacion (s)	10,21	
			Lim. Inferior	27,66	
			Lim. Superior	48,08	
			41	40	40
			41	40	40
			40	41	41
			40	41	X
			40	41	41
			X	X	X

Tabla 9 Resultados ensayo de esclerómetro



2.6. MEDICIÓN DE LA CARBONATACIÓN

Es un fenómeno natural que se presenta en las estructuras de concreto cuando se disminuye el PH, este fenómeno se da cuando el dióxido de carbono reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el dióxido de calcio con alto PH a carbonato de calcio, que tiene un PH más neutro, este proceso en un concreto sin acero de refuerzo es un proceso que genera poca afectación, pero si se trata de concreto reforzado, este proceso químico avanza lentamente desde la superficie expuesta del concreto hasta el acero de refuerzo causando la corrosión.

El ensayo de carbonatación en el concreto es necesario para determinar el valor real de la resistencia a la compresión, porque el valor del frente de carbonatación se utiliza para corregir el valor de resistencia aparente que se obtiene con el esclerómetro.



Figura. 41 Prueba con fenolftaleína



Este ensayo se realiza en las mismas placas en las que se realizó el ensayo de esclerómetro con el objetivo de corregir los valores obtenidos de resistencia aparente.

A continuación se presentan los resultados corregidos entre resistencia aparente y resistencia real.

ELEMENTO	RESISTENCIA APARENTE		RESISTENCIA REAL	
	MPa	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²
PLACA 2	32,04	326,75	26,60	271,20
PLACA 12	31,02	316,32	25,75	262,55
PLACA 21	35,90	366,03	29,79	303,81
PLACA 27	33,63	342,92	27,91	284,63
PLACA 32	31,61	322,34	26,24	267,54
PLACA 39	31,51	321,36	26,16	266,73
PLACA 46	33,84	345,08	28,09	286,42
PLACA 61	32,15	327,83	26,68	272,10
PLACA 68	32,41	330,48	26,90	274,30
PLACA 70	32,99	336,45	27,39	279,26
PLACA 78	32,75	333,99	27,19	277,21
PLACA 88	32,15	327,83	26,68	272,10
PLACA 89	33,99	346,65	28,22	287,72
PLACA 100	32,08	327,16	26,63	271,55
PLACA 103	34,69	353,71	28,79	293,58
PLACA 108	34,45	351,24	28,59	291,53
PLACA 110	33,84	345,08	28,09	286,42
PLACA 125	32,15	327,83	26,68	272,10
PLACA 142	32,46	330,96	26,94	274,70
PLACA 147	34,26	349,40	28,44	290,00

Tabla 10 Resultados ensayo de esclerómetro corregido por frente de carbonatación



2.7. ENSAYO (NDT) ESCANNER

Con este ensayo se busca determinar la presencia de acero de refuerzo en las placas de concreto de la plataforma del aeropuerto y determinar el patrón de distribución del refuerzo: Diámetro, recubrimientos y presencia de corrosión.



Figura. 42 Ing. Sahida Bernal realizando ensayo de escanner del paciente

Se realiza este ensayo en los bordes de las placas, cerca de las juntas para determinar la existencia de barras de transferencia y en la mitad de la losa para determinar si cuentan con algún tipo de refuerzo.

El ensayo se realiza en las áreas que se indican a continuación:



Figura. 43 Localización de placas a las que se les realizó el ensayo de escanner

Durante la realización del ensayo se evidenció que las placas no cuentan con refuerzo ni varillas de transferencia, ya que sólo el 2% de las lecturas tomadas evidenciaban existencia de acero en algunas placas. Y las placas que tienen refuerzo son las que han sido intervenidas en reparaciones o se localizan de manera adyacente a placas nuevas, construidas en los últimos años.

Sin embargo el refuerzo encontrado no cuenta con un patrón de distribución definido, ni con los mismos recubrimientos ni diámetros de varillas, al parecer la disposición del acero localizado en este ensayo ha sido hecha sin ningún estudio, diseño o parámetro técnico aplicable. A continuación se presentan algunos de los resultados obtenidos, los resultados totales se encuentran en el **Anexo 4**.



PROCEQ - PROFOMETER 5 (V2.3.1, 57.9143)

Rebar Locator

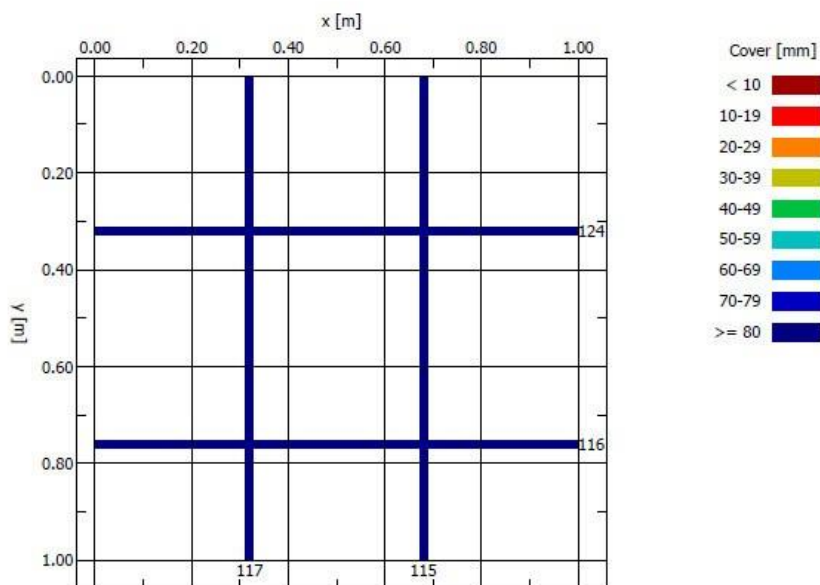
Title: 200012

Date: 14-Mar-2017

Name:

1/1

Remarks:



Set parameters

Bar diameter D = 16 mm
X grid width dX = 10 mm
Y grid width dY = 10 mm

Statistic

Number of measured bars N = 2 2
Average measured cover m = 116.0 120.0 mm
Standard deviation sa = 1.4 5.7 mm
Maximum of measured covers Max = 117 124 mm
Minimum of measured covers Min = 115 116 mm
Span R = 2 8 mm

Measured covers

x [m]	Cover [mm]	y [m]	Cover [mm]
0.32	117	0.32	124
0.68	115	0.76	116

Figura. 44 Resultado ensayo de escanner placa 118

En este resultado se evidencia la existencia de 4 barras de #4 aproximadamente a 0.30m de separación vertical y 0.40m horizontal con un recubrimiento de 0.0116cm.



PROCEQ - PROFOMETER 5 (V2.3.1, 57.9143)

Rebar Locator

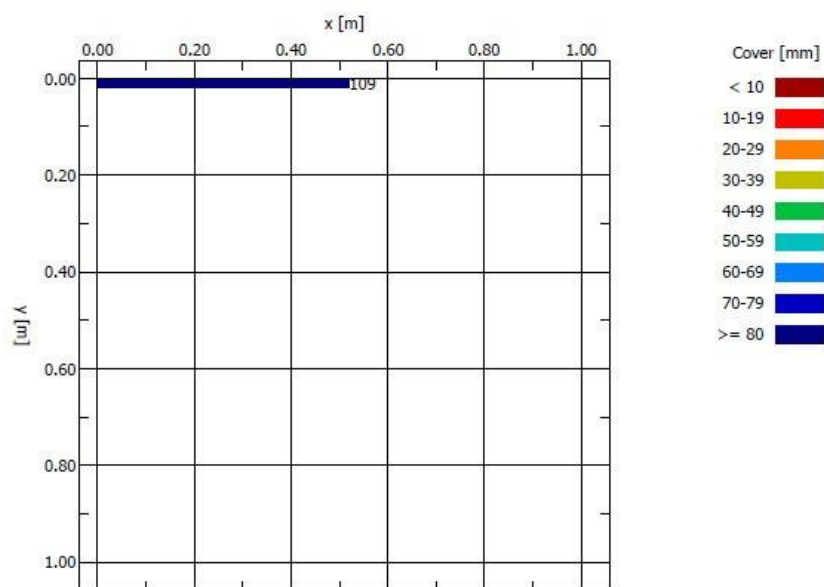
Title: 200009

Date: 14-Mar-2017

Name:

1/1

Remarks:



Set parameters

Bar diameter D = 16 mm
X grid width dx = 10 mm
Y grid width dy = 10 mm

Statistic

	x	y
Number of measured bars	N =	1
Average measured cover	m =	109.0 mm
Standard deviation	sa =	- mm
Maximum of measured covers	Max =	109 mm
Minimum of measured covers	Min =	109 mm
Span	R =	0 mm

Measured covers

y [m]	Cover [mm]
0.01	109

Figura. 45 Resultado ensayo de escanner junta de placa 21

A lo largo de una junta de 4.00m sólo se localizó una varilla #3 aproximadamente con un recubrimiento de 0.0109cm.



PROCEQ - PROFOMETER 5 (V2.3.1, 57.9143)

Rebar Locator

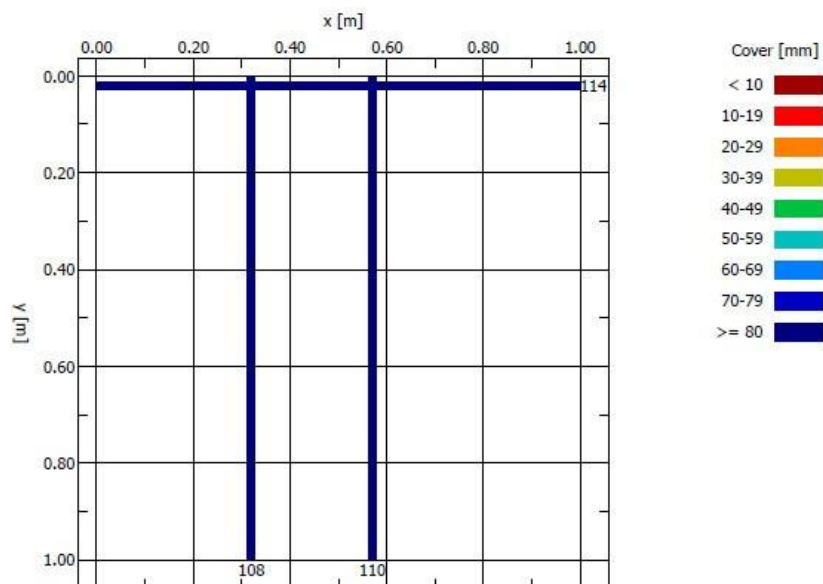
Title: 200008

Date: 14-Mar-2017

Name:

1/1

Remarks:



Set parameters

Bar diameter D = 16 mm
X grid width dX = 10 mm
Y grid width dY = 10 mm

Statistic

Number of measured bars N = 2 1
Average measured cover m = 109.0 114.0 mm
Standard deviation sa = 1.4 - mm
Maximum of measured covers Max = 110 114 mm
Minimum of measured covers Min = 108 114 mm
Span R = 2 0 mm

Measured covers

x [m]	Cover [mm]	y [m]	Cover [mm]
0.32	108	0.02	114
0.57	110		

Figura. 46 Resultado ensayo de escaner junta de placa 103

A lo largo de una junta de 3.50m sólo se localizó dos varillas #3 aproximadamente con un recubrimiento de 0.0114cm y una separación entre barras de 0.32m.



3. INTERVENCIÓN

De acuerdo al diagnóstico se realizan dos propuestas de intervención apropiadas para recuperar la vida útil de la plataforma y evitar la evolución de los daños y lesiones encontradas.

3.1. REPARACIÓN EN ESPESOR PARCIAL

Cuando los niveles de deterioro son bajos se recomienda optar por una reparación a profundidad parcial, este tipo de reparación comprende la remoción y reemplazo de algunas zonas de la losa, puede emplearse siempre y cuando el daño solo sea superficial.

La ejecución de reparaciones en profundidad parcial se aplica en los siguientes casos:

- Desportillamientos de los labios de las juntas.
- Descascaramiento superficial.
- Fisuras en las esquinas de las losas.
- Bacheo
- Grietas transversales y longitudinales.

Definir los límites de reparación: los límites de la reparación deben ser extendidos 3 pulgadas (75mm) más allá del área deteriorada, esto se realiza con el fin de asegurar la remoción de todo el concreto defectuoso y permite brindar mayor integridad a la reparación (ver imagen), la delimitación de la demolición se debe mantener en áreas cuadradas o rectangulares para evitar formas irregulares que puedan causar nuevas fisuras o grietas.



Si se tienen reparaciones con espaciamientos de menos de 60 cm entre ellas, se recomienda realizar una única reparación, esto hace más sencillo el proceso de reparación y disminuye los costos del proyecto.

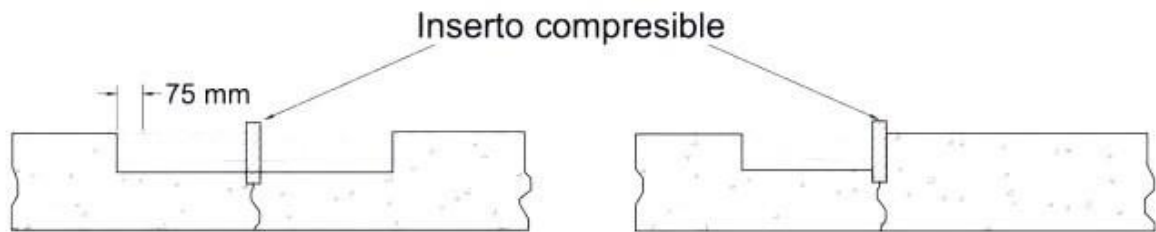


Figura. 47 Vista en corte de la reparación

Colocación del material de reparación: El material de reparación debe ser seleccionado tomando en cuenta los requerimientos de puesta al servicio, espesor de la reparación, exigencias del proyecto, entre otras.

Con el fin de generar una reparación monolítica se recomienda el uso de un adhesivo epóxico tipo EPOTOC 1:1 para la unión entre el mortero de reparación y el concreto existente, utilizar EPOTOC L en caso de tener un tiempo prolongado de instalación del mortero.

Los morteros de rápida reacción son utilizados cuando se requiere una puesta al servicio rápida, este tipo de materiales pueden ser transitados desde las 4 horas posteriores a su instalación. En estos casos se recomienda el uso del mortero EUCOFAST “Mortero de fragüe acelerado para parcheo y reparación”.

En caso que no se requiera una puesta al servicio rápida, es posible el uso de morteros de reparación de fraguado normal los cuales permiten puestas al servicio desde las 24 horas posterior a su colocación. Los morteros recomendados en estos proyectos son EUCOCRETE 100 “Material de reparación de alto desempeño” o CONCRETE TOP SUPREME “Mortero acrílico mono componente para reparación de placas de concreto.”



Después de la instalación del mortero se debe proceder a dar el acabado superficial, escoger el método más apropiado para aproximarse al terminado del concreto adyacente.

Curado: Para asegurar una reparación con la resistencia y durabilidad especificada, es necesario curar adecuadamente el mortero instalado, se recomienda el uso de una membrana de curado tipo CURASEAL PF. Para evitar la pérdida rápida de humedad durante el proceso de colocación se debe hacer uso de un retardante de evaporación tipo EUCOBAR como complemento, antes del proceso de curado.

Sello de juntas: Resulta indispensable el sello de las juntas del pavimento luego de los procesos de reparación, esto evitará la entrada de humedad o de partículas que no permitan la contracción y expansión adecuada del concreto ocasionando nuevos daños en el pavimento. Las juntas deben ser cortadas e igualadas a las juntas existentes, conservando el factor de forma ancho: profundidad de 1:1 o máximo 2:1 para juntas mayores a 6 mm.

Es importante que las paredes de las juntas estén limpias para lograr un buen comportamiento del material de sello, por esto luego de realizado el corte de la junta se debe limpiar al interior de esta con un compresor asegurándose que no queden partículas ni material suelto dentro de la junta y aplicar sellante vulkem116.

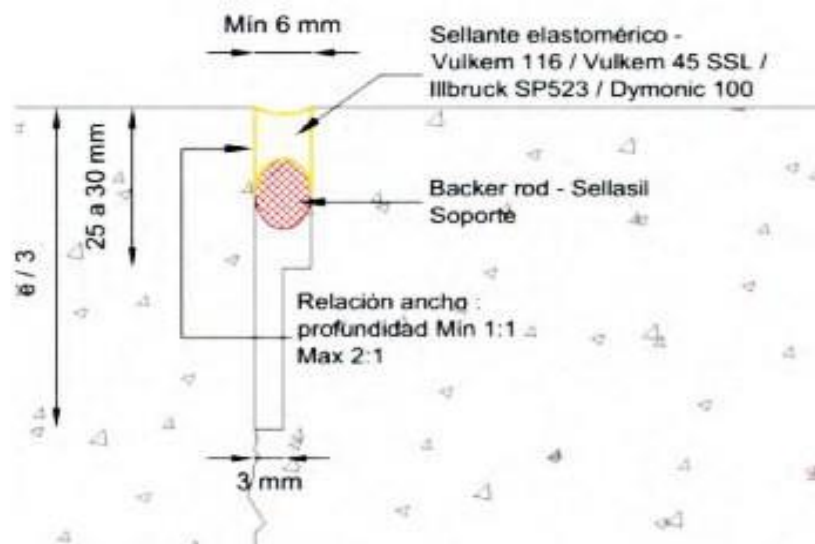


Figura. 48 Sello de juntas



Las especificaciones técnicas de esta propuesta de intervención se encuentran en el **Anexo 5**.

PRESUPUESTO DE OBRA						
PRESUPUESTO TIPO		FACTOR DE INCREMENTO POR DISTANCIA				VALOR TOTAL POR CAPITULO
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL	
1,0	PRELIMINARES					\$ 14.167.648,00
1.1.1	Localización y Replanteo	M2	7.318,00	\$ 1.936,00	\$ 14.167.648,00	
1.1.2	Limpieza de superficie	M2	356,00	\$ 4.869,00	\$ 1.733.364,00	
1.1.3	Escarificación mecánica	M2	342,00	\$ 108.963,00	\$ 37.265.346,00	
2,0	DETERIOROS					\$ 88.702.785,00
2.1.1	Suministro y aplicación de adhesivo EPOTOC	M2	213	\$ 135.673,00	\$ 28.898.349,00	
2.1.2	Suministro y aplicación de mortero CONCRETE TOP SUPREME	M2	213	\$ 90.828,00	\$ 19.346.364,00	
2.1.3	Suministro e instalación de membrana CURASEAL PF	M2	213	\$ 86.049,00	\$ 18.328.437,00	
2.1.4	Retardante EUCOBAR	M2	213	\$ 103.895,00	\$ 22.129.635,00	
3,0	TRATAMIENTO DE JUNTAS					311.221.391,00
3.1.1	Corte de juntas de cada losa 2 cm	ML	4.589,00	\$ 39.587,00	\$ 181.664.743,00	
3.1.2	Limpieza con compresor	ML	4.589,00	\$ 3.650,00	\$ 16.749.850,00	
3.1.3	Sellante de juntas Vulkem 116	ML	4.589,00	\$ 24.582,00	\$ 112.806.798,00	
4,0	RELLENO DE FISURAS					89.955.376,00
4.1.1	Suministro e instalación de boquillas	UN	641,00	\$ 8.800,00	\$ 5.640.800,00	
4.1.2	Suministro y aplicación de Sikaflex A1	ML	2.564,00	\$ 30.904,00	\$ 79.237.856,00	
4.2.1	Limpieza	ML	2.564,00	\$ 1.980,00	\$ 5.076.720,00	
5,0	ASEO GENERAL					511.425,00
5.1.1	Aseo	MES	0,30	\$ 1.704.750,00	\$ 511.425,00	
VALOR COSTOS DIRECTOS (Incluye Factor de Incremento)						\$ 504.558.625,00
A	ADMINISTRACION		5,00%			\$ 25.227.931,00
I	IMPREVISTOS		5,00%			\$ 25.227.931,00
U	UTILIDAD		5,00%			\$ 25.227.931,00
VALOR TOTAL OBRA						\$ 580.242.418,00



 UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	C R O N O G R A M A																			
	ESTUDIO PATOLOGICO A LA PLATAFORMA DEL AEROPUERTO ALFONSO BONILLA ARAGON PALMIRA – VALLE DEL CAUCA																			
	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Localización y Replanteo																				
Limpieza de superficie																				
Escarificación mecánica																				
Suministro y aplicación de adhesivo EPOTOC																				
Suministro y aplicación de mortero CONCRETE TOP SUPREME																				
Suministro e instalación de membrana CURASEAL PF																				
Retardante EUCOBAR																				
Corte de juntas de cada losa 2 cm																				
Limpieza con compresor																				
Sellante de juntas Vulkem 116																				
Suministro e instalación de boquillas																				
Suministro y aplicación de Sikaflex A1																				
Limpieza																				
ASEO																				

3.2. RECONSTRUCCIÓN TOTAL DE LA PLATAFORMA

Debido a que la plataforma presenta un deterioro considerable debido a más de cuarenta años de servicio, una opción viable es desmontar las placas existentes que como se evidencio con el ensayo de escanner no cuenta con refuerzo ni barras de transferencia y reconstruir la plataforma de acuerdo a los procedimientos, calidad y normas técnicas vigentes y especializadas para pavimento de una pista de un aeropuerto.

A continuación se describen los procesos a tener en cuenta para esta intervención.

a) Localización topográfica.

Implantación de las cotas y límites de la plataforma a construir, cumpliendo con el estipulado en los planos aprobados para construcción.



b) Demoliciones y desmontajes.

Se harán previo y/o en simultáneo a los trabajos de movimiento de tierras y construcción de pavimentos las siguientes demoliciones y/o desmontajes, con medios humanos y equipos en número a definir posteriormente y en función de las cantidades de cada una de las actividades a ejecutar, para permitir el desarrollo de las actividades necesarias para los trabajos de movimiento de tierras y pavimentos, dichas actividades se enumeran a continuación:

- Demolición de losas de concreto antiguas y existentes.
- Demolición de pavimento de aglomerado asfáltico existente.
- Corte de arbustos y raíces.
- Demolición de andenes y sardineles existentes.
- Desmontaje de vallados compuestos por malla eslabonada de hasta 2 m de altura.
- Desmontaje de báculos de hasta 12 m de altura del alumbrado exterior.
- Desmontaje de tuberías de abastecimiento de agua.
- Demolición de banco de tubos.
- Demolición de colector.
- Desmontaje de luz elevada del sistema de alumbrado aeronáutico de superficie.

c) Reposición de servicios afectados.

Vial perimetral: se dará continuidad al vial de servicio de la plataforma desde las inmediaciones del puesto de estacionamiento, hasta el vial perimetral existente en el lado oeste de la calle de rodaje. El ancho del vial pasará de 4,50 m en la unión con la plataforma hasta los 2 m en la unión con el existente. Se dispondrán 25 cm de material granular procedente de machaqueo.

Vallado perimetral: se repondrá el vallado desmontado bordeando la plataforma hasta el punto de unión entre el vial perimetral existente y el proyectado. El banco de tubos de los circuitos del alumbrado aeronáutico de superficie partirá desde la



subestación internacional, situada en la esquina suroeste de la ampliación del edificio terminal.

La alimentación eléctrica se realizará mediante un banco de tubos que partirá desde la subestación internacional, situada en la esquina suroeste de la ampliación del edificio terminal.

d) Planeación.

Los trabajos de ejecución de la Plataforma se iniciaran en el PK 0.00 hacia el Norte y Oeste.

e) Desmonte de tierra vegetal.

Descapote y desmonte de tierra vegetal con medios mecánicos, incluyendo el cargue y transporte de los materiales sobrantes a botadero aprobado por AEROCALI.

f) Desmonte de tierras hasta nivel de subrasante.

Se hará una excavación hasta la cota superior de las pilas de grava con desmonte de tierras por medios mecánicos con transporte a botadero, teniendo en cuenta el tipo de pavimento a construir.

g) Compactación.

Compactación de la subrasante con equipos propios para esta actividad de acuerdo con los niveles previstos para el tipo de pavimento.

Ensayo CBR de la Subrasante:

Ensayo para la determinación del índice de resistencia de los suelos de la subrasante denominado CBR (California Bearing Ratio). En el ensayo, un pistón circular penetrar una muestra de suelo a una velocidad constante. El CBR se expresa como la relación porcentual entre el esfuerzo requerido para que el pistón penetre 2.54 o 5.08mm (0.1 o 0.2”) dentro de la muestra de ensayo, cumpliendo con la normas de ensayo INV E-141 o E-142. Para la subrasante de la Plataforma se requiere $CBR \geq 3$.

h) Capa de roca muerta en área de pavimento MR 50.

Se colocara una capa de roca muerta en dos fases hasta llegar a un espesor total de 40 centímetros. El espesor de la primera capa será de 15 centímetros. Esta



primera capa se compactara con equipos apropiados hasta lograr una compactación de 95 % del Ensayo de Proctor Modificado.

- i) Columnas de grava.

Ejecución de Columnas de Grava a nivel de la primera capa de roca muerta.

- j) Geotextil NT 4000.

Colocación del Geotextil NT 4000 No Tejido.

- k) Segunda capa de roca muerta en pavimento MR 50.

Colocación y compactación de la segunda capa de roca muerta con $e=25$ cm, la cual debe compactarse al 95% del P.M.

Ensayo de Carga: Ejecución de Ensayo de Carga con Placa Módulo y Ensayo CBR, cumpliendo con los valores de diseño. Esta prueba de carga aplica para toda la pista de prueba. Para el resto de la plataforma aplicara donde lo requiera AEROCALI.

- l) Sub base granular en pavimento MR 50.

Colocación de la capa de Sub-base Granular con un espesor total de $e=30$ cm. Se ubicará en dos capas de $e=15$ cm, compactadas con equipos como mínimo 8 Ton. En esta capa de Sub-base se buscara la pendiente de 0.4% con apoyo topográfico.

Ensayo de Carga: Toma de Densidades, Ensayo de Carga con Placa de Módulo y CBR, cumpliendo con los valores de diseño.

- m) Riego de Imprimación.

Aplicación de riego de imprimación de acuerdo con las especificaciones del material y diseño.

- n) Capa MDC 19

Colocación y compactación de la primera capa de MDC-19 con $e=5$ cm. Colocación y compactación de la segunda capa de MDC-19 con $e=5$ cm hasta llegar al espesor de $e=10$ cm.

Ensayo Marshall, caracterización y densidades.



o) Colocación de Concreto MR 50.

- Chequeo topográfico de niveles de la capa MDC-19.
- Montaje del encofrado tipo formaleta metálica, debidamente aprobada y en condiciones de utilización.
- Chequeo topográfico de la formaleta metálica.
- Demarcación y ubicación de las canastillas de los pasadores/dovelas longitudinales.
- Demarcación y ubicación de las canastillas de los pasadores/dovelas laterales.
- Chequeo topográfico de los niveles, formaleta metálica y canastillas/pasadores.
- Montaje de elementos de protección a la intemperie tales como, barreras para protección de viento y barreras/carpas para protección de lluvia.
- A la llegada del vehículo mixer se procederá a verificar hora de llegada.
- Si el vehículo está dentro de las dos horas entre la salida de planta y llegada a la obra se recibe.
- Si el vehículo está por fuera de las dos horas se devuelve.
- Se procederá a la toma de muestra de asentamiento.
- El asentamiento estará en un rango de 4" +/- 1".
- Si el asentamiento está por debajo de 3" la empresa concretera adicionara aditivo para llevarlo a 4" para darle manejabilidad.
- Si el asentamiento está por encima de 5", el conductor del mixer podrá tomar dos asentamientos para verificar el asentamiento.
- Si el asentamiento sigue por encima de 5" el vehículo se devuelve.
- Si el asentamiento está dentro del rango se recibe el vehículo.
- Se procederá a dejar registro de temperatura de llegada, la cual no podrá ser mayor a 36 °C.
- Vaciado de concreto MR 50 con mezcla de acuerdo con el diseño y debidamente aprobada. Colocación por descarga directa y/o bomba.
- Se procederá a vibrar el concreto para la exclusión de burbujas de aire y el rodillo se pasara por toda la zona de fundición inmediatamente se haya realizado la vibración del concreto.
- Se deberá verificar la colocación de los pasadores de carga en las zonas previamente marcadas de acuerdo al avance de la fundición.



- Inmediatamente se pasa el rodillo, se procederá a la aplicación de sikafilm en una cantidad de 1 litro por m². Para evitar la pérdida inmediata de humedad y facilitar el deslizamiento de la flota o madona para darle uniformidad al concreto.
- Una vez de darle uniformidad al concreto, se verificara los niveles utilizando codal e hilo por parte de la topografía, longitudinal, transversal y diagonalmente. Si estos chequeos exceden los límites admisibles de máximo 3 mm, se procederá a pasar nuevamente el rodillo y la flota para garantizar la uniformidad en el acabado final del concreto.
- Se realiza el micro texturizado con el yute en el mismo sentido de la fundición.
- Colocación y aplicación de Anti-sol, en una cantidad de 200 gr/m² en toda la zona de fundición que esté lista.
- Instalación de cortavientos y carpa para evitar la exposición directa al sol.
- Cuando el concreto haya adquirido cierta dureza la cual se verifica pasando una puntilla sobre el concreto, el cual si al rayar sale polvo, se procederá al inicio del corte al tercio central de la losa.
- Se efectuara el chequeo final de topografía tomando cotas cada metro en sentido longitudinal y transversal de la losa y se consignara registro en los documentos pertinentes.
- Se colocara un cordón de arena perimetralmente y se inundara la losa con agua.
- Las losas se mantendrán permanentemente inundadas con agua por lo menos siete días cubriendo las losas con geotextil no tejido humedecido totalmente.
- La longitud de fundición no superara los 30 metros por cada tramo de fundición, ocasionalmente y por modulación se podrá fundir hasta 35 metros lineales, esto avalado por los controles registrados en campo.
- Se retirara la formaleta 24 horas después de fundición y se aplicara antisol a los hombros de las losas para evitar posibles fisuras.
- Segundo corte de junta cumpliendo con los diseños con doble disco de corte diamantado. Este se realizara a una edad del concreto entre 14 y 28 días.
- Relleno de la parte inferior de la junta con cordón de polietileno de célula cerrada no adherente al concreto ni al sellante y compatible con el sellante, de acuerdo con el detalle de diseño.



- Sellado de junta con Polisulfuro bicomponente o silicona resistente a combustibles, de acuerdo con el detalle de diseño.

p) Pavimentos

El cálculo de pavimentos se ha realizado de acuerdo con la AC 150/5320-6E de la FAA en el caso de pavimentos para aeronaves y de acuerdo con la norma AASHTO 1993 para el vial.

A continuación se muestra la sección de pavimento:

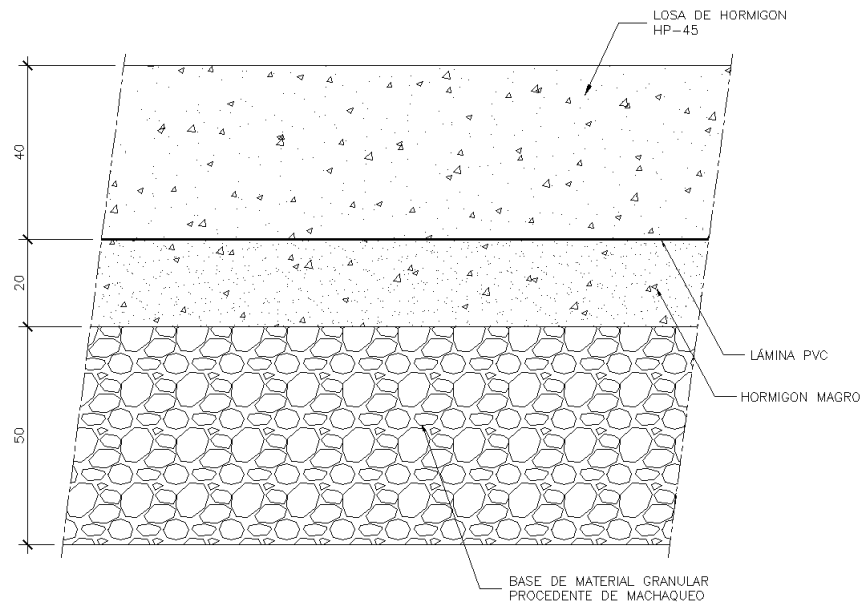


Figura. 49 Sección de pavimento

Las especificaciones técnicas de esta propuesta de intervención se encuentran en el **Anexo 5**.

Estudio patológico de la plataforma del satélite internacional del aeropuerto Alfonso
Bonilla Aragón de la ciudad de Palmira



PRESUPUESTO DE OBRA						
PRESUPUESTO TIPO		FACTOR DE INCREMENTO POR DISTANCIA				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL	VALOR TOTAL POR CAPITULO
1,0	PRELIMINARES					\$ 14.167.648,00
1.1.1	Localización y Replanteo Topográfico en vía urbana	M2	7.318,00	\$ 1.936,00	\$ 14.167.648,00	
2,0	DEMOLICIÓN Y DESMONTE					\$ 733.885.301.306,00
2,1	DEMOLICIÓN					
2.1.1	*Demolición pisos de concreto (incluye cargue). No incluye transporte y disposición final de sobrantes. Rendimiento estimado para espesores	M3	16.065.937	\$ 40.588,00	\$ 652.084.259.074,00	
2.1.2	Transporte de materiales medidos en banco producto de excavaciones de cortes, canales y prestamos (distancia de 1 km a 5 km)	M3	19.279.125	\$ 4.230,00	\$ 81.550.697.227,00	
2.1.3	Demolición de andenes y sardineles existentes.	ML	2.564	\$ 30.521,00	\$ 78.255.844,00	
2.1.4	Demolición de banco de tubos y colectores.	UN	58	\$ 70.852,00	\$ 4.109.416,00	
2,2	DESMONTE					
2.2.1	Desmontaje de vallados compuestos por malla eslabonada de hasta 2 m de altura.	ML	5.321	\$ 7.510,00	\$ 39.960.710,00	
2.2.2	Desmontaje de báculos de hasta 12 m de altura del alumbrado exterior.	UN	245	\$ 159.877,00	\$ 39.169.865,00	
2.2.3	Desmontaje de tuberías de abastecimiento de	ML	765	\$ 45.698,00	\$ 34.958.970,00	
2.2.4	Desmontaje de luz elevada del sistema de alumbrado aeronáutico de superficie.	ML	987	\$ 54.600,00	\$ 53.890.200,00	
3,0	ESTRUCTURA PAVIMENTO					1.763.012.934,00
3,1	*Losa de concreto MR=50 (Suministro, Formateado, Colocación y Acabado. No Incluye	M3	1.463,60	\$ 1.074.128,00	\$ 1.572.093.741,00	
3,2	*Acero de refuerzo de 60000 PSI. Incluye suministro, figurado y fijación (Incluye transporte)	KG	2.789,00	\$ 4.837,00	\$ 13.490.393,00	
3,3	*Construcción sardinel en concreto 21 MPa 0.40x0.15 m	ML	2.564,00	\$ 69.200,00	\$ 177.428.800,00	
4,0	MOVIMIENTO DE TIERRAS					8.890.246.424,00
4,1	EXCAVACIONES					
4.1.1	Excavación mecánica de la explanación sin	M3	512,80	\$ 1.074.128,00	\$ 550.812.838,00	
4.1.2	Conformación de la calzada existente	ML	2.564,00	\$ 69.200,00	\$ 177.428.800,00	
4,2	RELLENOS					
4.2.1	Columna de grava	M3	2.339,00	\$ 97.150,00	\$ 227.233.850,00	
4.2.2	Geotextil NT4000	ML	69.228,00	\$ 69.200,00	\$ 4.790.577.600,00	
4.2.3	Suministro, extendida y compactación de material seleccionado para Subbase Granular Clase C (incluye acarreo libre de 5km)	M3	2.927,20	\$ 1.074.130,00	\$ 3.144.193.336,00	
5,0	SEÑALIZACIÓN					42.309.486,00
5,1	*Flechas direccionales tipo A y B según norma	M2	68,00	\$ 41.938,00	\$ 2.851.784,00	
5,2	*Línea tipo I-6 de 0.40 x 4.00 m según norma	M2	78,00	\$ 21.075,00	\$ 1.643.850,00	
5,3	*Suministro e instalación señal vial reglamentaria, diámetro 60 cm.	UN	76,00	\$ 269.748,00	\$ 20.500.848,00	
5,4	Suministro e instalación señal vial preventiva, tamaño 60*60 cm.	UN	59,00	\$ 269.748,00	\$ 15.915.132,00	
5,5	*Demarcación horizontal de la calzada línea tipo I-1 continua y discontinua de 12 cm. según norma	ML	784,00	\$ 1.783,00	\$ 1.397.872,00	
6,0	ASEO GENERAL					937.612,50
6,1	Aseo	MES	0,50	\$ 1.875.225,00	\$ 937.612,50	
VALOR COSTOS DIRECTOS (Incluye Factor de Incremento)						\$ 744.595.975.410,50
A	ADMINISTRACION		5,00%			\$ 37.229.798.771,00
I	IMPREVISTOS		5,00%			\$ 37.229.798.771,00
U	UTILIDAD		5,00%			\$ 37.229.798.771,00
VALOR TOTAL OBRA						\$ 856.285.371.723,50

Estudio patológico de la plataforma del satélite internacional del aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón de la ciudad de Palmira



 UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	C R O N O G R A M A ESTUDIO PATOLOGICO A LA PLATAFORMA DEL AEROPUERTO ALFONSO BONILLA ARAGON PALMIRA – VALLE DEL CAUCA																			
	MESES																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Localización y Replanteo Topográfico en vía urbana	■																			
Demolición pisos de concreto (incluye cargue). No incluye transporte y disposición final de sobrantes. Rendimiento estimado para espesores de 0.40m.					■															
Transporte de materiales medidos en banco producto de excavaciones de cortes, canales y prestamos (distancia de 1 km a 5 km)		■	■	■	■															
Demolición de andenes y sardineles existentes.	■	■	■																	
Demolición de banco de tubos y colectores.		■	■	■																
Desmontaje de vallados compuestos por malla eslabonada de hasta 2 m de altura.	■	■	■																	
Desmontaje de báculos de hasta 12 m de altura del alumbrado exterior.	■	■																		
Desmontaje de tuberías de abastecimiento de agua.	■	■																		
Desmontaje de luz elevada del sistema de alumbrado aeronáutico de superficie.	■	■																		
Losa de concreto MR=50 (Suministro, Formateado, Colocación y Acabado. No Incluye Acero, Curado, Acero de refuerzo de 60000 PSI. Incluye suministro, figurado y fijación (Incluye transporte)						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Construcción sardinel en concreto 21 MPa 0.40x0.15 m						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Excavación mecánica de la explanación sin clasificar	■	■	■	■	■															
Conformación de la calzada existente			■	■	■															
Columna de grava			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Geotextil NT4000				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Suministro, extendida y compactación de material seleccionado para Subbase Granular Clase C (incluye acarreo libre de 5km)					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Flechas direccionales tipo A y B según norma INVIAS															■	■	■	■	■	■
Linca tipo I-6 de 0.40 x 4.00 m según norma INVIAS															■	■	■	■	■	■
Suministro e instalación señal vial reglamentaria, diámetro 60 cm. según norma INVIAS																	■	■	■	■
Suministro e instalación señal vial preventiva, tamaño 60*60 cm. según norma INVIAS																	■	■	■	■
Demarcación horizontal de la calzada linca tipo I-1 continua y discontinua de 12 cm. según norma INVIAS																		■	■	■
ASEO																			■	■



4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados de los ensayos no destructivos realizados en la plataforma del aeropuerto, denotan un deterioro normal a una construcción de más de cuarenta años que está expuesta constantemente a grande cargas y fuerzas de fricción por la operación de las aeronaves, se evidencia que las losas no cuentan con reforzamiento, ni barras de transferencia de cargas, lo cual concuerda con el tipo de lesiones encontradas.

La resistencia a la compresión de las placas de concreto simple que conforman la plataforma es variable, debido a que su medición se realizó por medio del ensayo de esclerómetro en superficies con pulimiento y agregados expuestos, razón por la cual los resultados obtenidos presentan resistencias diferentes.

Teniendo en cuenta el grado de severidad de las lesiones presentes en las losas de la plataforma del muelle internacional, se plantean dos alternativas que tienen diferente enfoque, la primera propuesta se concentra en la realización de una intervención superficial de las losas de concreto y la otra en la construcción de una nueva plataforma. Se propone optar por la intervención de espesor parcial, debido a que al tratarse de una terminal aérea que depende en gran medida de recursos del estado para su intervención y mantenimiento, el proceso de obtención de una partida presupuestal cercana a los ochocientos cincuenta y seis mil millones de pesos requiere de un alto compromiso político.

La intervención de espesor parcial mejorara las condiciones de resistencia del concreto, porque permite la reparación de los desportillamientos, descascaramientos superficiales, fisuras y bacheos presentes en las placas, lo cual reduce la posibilidad de filtración de agua de escorrentía superficial al interior del elemento, garantizando estabilidad a nivel de la base y la sub base de la estructura.

Los productos propuestos son de buena calidad, durables, que al ser instalados siguiendo los parámetros establecidos en las fichas técnicas, van a proporcionar excelentes resultados. Sin embargo, es importante aclarar teniendo en cuenta que



la plataforma fue construida hace más de 40 años, con los lineamientos técnicos, maquinaria y cargas de la época y que en la actualidad de manera especial las cargas dinámicas que van soportar son mayores, esta solución es una medida de mediano plazo, que va a permitir la operación de la plataforma unos años más.

La inversión para ejecutar esta alternativa se encuentra alrededor de los quinientos ochenta millones de pesos y se necesita un plazo aproximado de 5 meses, lo cual beneficia la dinámica del aeropuerto, porque sería menor el tiempo en el cual se puede impactar de manera negativa al aeropuerto.

La segunda propuesta ofrece una solución completa a los diferentes problemas que está presentando la plataforma, incluye un mejoramiento de la subrasante, un manejo de aguas subterráneas y de escorrentía, disminuyéndose de esta manera los riesgos de desestabilización de la subbase, la base y la presencia de agua de escorrentía en las losas que pueden ocasionar el fenómeno de hidroplaneo. Contempla también las cargas de diseño actuales, como lo son el tipo de aeronaves que pueden aterrizar o despegar del ABA, como aeropuerto alternativo a El Dorado de la capital de la República, por tanto debe considerarse como la intervención más apropiada a largo plazo y para futuras ampliaciones y procesos de modernización del aeropuerto ABA.



BIBLIOGRAFÍA

ACI 224.1R-93 Causas, Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de Hormigón.

Botero P. Fundación Terrapreta Rodríguez J.V. Universidad Nacional de Colombia.
Rodríguez C.A. Universidad del Valle. Paisajes y territorio ancestral de Palmira.
Cap. 2

Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistente. (2010.) Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistente NSR 2010, Colombia.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, Universidad Nacional de Colombia (2007) Informe final Convenio 063 de 2007 Perfil ambiental Urbano Municipio de Palmira, Colombia.

Marrugo M.C. (2014). "Evaluación de la metodología vizir como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles, Colombia. Recuperado de <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/12067/1/TG%20CEMM%20Codigo%206100153.pdf>

Pinilla V. J. (2007). Auscultación, calificación del estado superficial y evaluación económica de la carretera sector puente de la libertad – maltería desde el k0+000 hasta el k6+000, Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1982/1/julianandrespinillavalencia.2007.pdf>