



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: LM-IG-05-2020

### Revisión de las bases estabilizadas para los proyectos Limonal – Cañas y RN32 Limón, y del cemento utilizado

INFORME FINAL



Fuente: DocPlaeyer

Preparado por:  
Ing. Ana Lorena Monge S., M.Sc  
Coordinadora  
Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica  
Junio, 2020





**CONTENIDO**

- I. Introducción ..... 4
- II. Proyecto Limonal – Cañas ..... 4
  - II.1 Revisión de los materiales para la base estabilizada ..... 6
    - II.1.1 Agregados ..... 6
    - II.1.2 Material cementante ..... 6
  - II.2 Revisión del diseño de la base estabilizada ..... 7
- III. Proyecto RN32 Limón ..... 8
  - III.1 Revisión de los materiales para la base estabilizada ..... 9
    - III.1.1 Agregados ..... 9
    - III.1.2 Material cementante ..... 10
  - III.2 Revisión del diseño de la base estabilizada ..... 10
- IV. Diferencias entre los Reglamentos Técnicos de cemento RTCR 383 (derogado) y el RTCR 479 (vigente)..... 11
  - IV.1 Clasificación de los cementos ..... 11
  - IV.2 Requisitos físicos y mecánicos ..... 12
  - IV.3 Requisitos químicos ..... 13
- V. Comentarios finales..... 13
- VI. Referencias ..... 14



## Informe de la revisión de las bases estabilizadas para los proyectos Limal – Cañas y RN32 Limón, y del cemento utilizado

### I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra la revisión realizada por el Programa de Ingeniería Geotécnica a los documentos de los diseños de las bases estabilizadas utilizadas en los proyectos Limal – Cañas y RN32, y su cumplimiento con lo establecido por el Cartel de licitación. Además, se comentará acerca del cemento utilizado en la elaboración de las bases estabilizadas y su cumplimiento contra el Cartel y el Reglamento Técnico de Cemento RTCR 479.

Por lo tanto, se revisan los siguientes documentos:

- **Proyecto Limal – Cañas:** PIT-1-LPI-O-2016 “Contratación de la ampliación y rehabilitación de la RN No.1, Carretera Interamericana Norte, Sección Limal – Cañas” Ref.- 2020-04-09 CIN/943/913/DT. Este documento contiene el informe de resultados del diseño I18C-350-2020 de la empresa Ingeniería Gamboa.
- **Proyecto RN32 Limón:** Informe de Resultados: Diseño de Base Estabilizada con Cemento, Cliente: China Harbour Engineering Company de Costa Rica (CHEC), Proyecto: Ampliación y Rehabilitación de la Ruta Nacional N°32, N° 75-309-2019 (RC-50), Informe de Resultados: Durabilidad de Base Estabilizada con Cemento Diseño 75-309-2019, Cliente: China Harbour Engineering Company de Costa Rica (CHEC), Proyecto: Ampliación y Rehabilitación de la Ruta Nacional N°32, N° 75-310-2019 (RC-50)

Adicionalmente, se realiza una comparación entre los Reglamentos Técnicos de Cemento derogado y vigente para que se establezcan claramente las diferencias entre ellos.

A continuación, se muestran los comentarios al respecto de la revisión de los documentos considerados.

### II. Proyecto Limal – Cañas

El documento Ref.- 2020-04-09 CIN/943/913/DT, PIT-1-LPI-O-2016 “Contratación de la ampliación y rehabilitación de la RN No.1, Carretera Interamericana Norte, Sección Limal – Cañas”, contiene el informe de resultados I18C-350-2020 del diseño de la base estabilizada, elaborado por la empresa Ingeniería Gamboa.

Al revisar el Cartel PIT-01-LPI-O-2016 “Contratación de la ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, Sección Limal – Cañas”, se observa que las especificaciones para la base estabilizada es una modificación de lo indicado en el CR-2010, dada la necesidad del proyecto.

Para este caso específico, se establece que la base estabilizada es una BE-35 cuyos requisitos se resumen en la tabla 1.



**Tabla 1.** Especificación de la base estabilizada incluida en el cartel

Descripción	Ensayo	Requisito
Grado de compactación	AASHTO T310: Densímetro nuclear ASTM D1556: Cono de arena	95% de la densidad AASHTO T180
Resistencia a la compresión a 7 días	ASTM D1633: Resistencia a la compresión de especímenes moldeado de suelo – cemento	Diseño: 3.9 MPa (40 kg/cm <sup>2</sup> ) Mínimo: 3.4 MPa (35 kg/cm <sup>2</sup> ) Máximo: 5.4 MPa (55 kg/cm <sup>2</sup> )

Entre las especificaciones de los materiales que deben componer la base estabilizada, se encuentra el tipo de cemento y la granulometría de los agregados. El cartel indica que el cemento debe ser Portland modificado con puzolana con un contenido máximo de 20% por peso, y debe cumplir con lo indicado en el Reglamento Técnico de cemento RTCR 383.

Los agregados, según el cartel, deben cumplir las curvas dadas en la tabla 2 o bien como alternativa pueden cumplir con lo indicado en el CR-2010 que se muestra en la tabla 3.

**Tabla 2.** Requisitos de granulometría para base estabilizada

Tipo de granulometría	A	B
Tamiz	% pasando	% pasando
50.8 mm	100	-
38.1 mm	90 – 100	100
19.0 mm	60 – 90	85 – 100
9.5 mm	40 – 70 (± 5)	-
#4	35 – 55 (± 5)	40 – 70 (± 5)
#40	10 – 25 (± 4)	10 – 30 (± 4)
#200	3 – 8 (± 3)	4 – 12 (± 3)

**Tabla 3.** Granulometría para bases estabilizadas según el CR-2010

Tipo de granulometría	D	E
Tamiz	% pasando	% pasando
25.4 mm	100	-
19.0 mm	86 – 100 (± 6)	100
9.5 mm	51 – 82 (± 6)	62 – 90 (± 6)
4.75 mm (N° 4)	36 – 64 (± 6)	46 – 74 (± 6)
4.75 mm (N° 4)	-	-
4.75 mm (N° 4)	-	-
425 µm (N° 40)	12 – 26 (± 4)	12 – 26 (± 4)
75 µm (N° 200)	4 – 7 (± 3)	4 – 7 (± 3)

Aunado a los requisitos de las granulometrías, en el cartel se encuentran los requisitos de los agregados en cuanto a parámetros físicos de los mismos, lo cuales se describen en la tabla 4.

**Tabla 4.** Requisitos físicos para los materiales utilizados en bases estabilizadas

Parámetro	Ensayo	Requisito
Límite líquido	AASHTO T89	Máximo 40
Índice plástico	AASHTO T90	Máximo 8
Pérdida por abrasión	AASHTO T96	Máximo 50
Caras fracturadas	ASTM D5821	Mínimo 40



Todos estos requisitos son los analizados como parte de esta revisión y los restados comparativos se muestran en las siguientes subsecciones.

## II.1 Revisión de los materiales para la base estabilizada

A continuación, se presenta el análisis de los materiales que se utilizan en el diseño de mezcla de la base estabilizada para el proyecto Limonal – Cañas, tanto para agregados como del material cementante.

### II.1.1 Agregados

En el informe I18C-350-2020 elaborado por la empresa Ingeniería Gamboa se indica que, para el diseño de la base estabilizada, se utiliza un material que es producto de la combinación de dos agregados: un agregado grueso proveniente del Tajo San Miguel cuyo contenido propuesto es de 80%, y uno fino cuya fuente es el Tajo Rey de la Tierra, el cual cuenta con una proporción del 20%.

La granulometría producto de la combinación se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 5.** Granulometría empleada para el diseño de la base estabilizada

Tamiz	Granulometría
	% pasando
50.8 mm	100
38.1 mm	100
25.0 mm	87
19.0 mm	75
9.5 mm	50
#4	40
#40	15
#200	7

Al revisar esta granulometría del material utilizado contra lo establecido en el cartel (tabla 2), se observa que cumple con lo establecido. Adicionalmente, las propiedades físicas también cumplen con lo determinado en los requisitos del cartel. Los resultados para cada parámetro se muestran en la tabla 6.

**Tabla 6.** Resultados de ensayos físicos al material utilizado para la base estabilizada

Parámetro	Resultado
Límite líquido	NP
Índice plástico	NP
Pérdida por abrasión	30.9%
Caras fracturadas <sup>(1)</sup>	100/100%

(1): Una o más caras/Dos o más caras

### II.1.2 Material cementante

En el informe I18C-350-2020 se indica que el cemento utilizado para el diseño de la base estabilizada es un cemento tipo modificado mixto MM/C (C-P) – 21, cuyo nombre comercial es Cemento Multibase.

El cartel indica que el cemento utilizado debe cumplir con lo establecido con la norma AASHTO T240 o bien con el Reglamento Técnico de Cemento RTCR 383. Sin embargo, en Costa Rica, la regulación que establece los requisitos del cemento que se comercializa en Costa Rica es el RTCR 479, el cual

Informe LM-IG-03-2020	Mayo, 2020	Página 6 de 14
-----------------------	------------	----------------



sustituye al RTCR 383 a partir del final del año 2015. Las diferencias entre ambos reglamentos técnicos se comentarán más adelante.

La notación del tipo de cemento utilizado para la base estabilizada del proyecto obedece a las especificaciones que determina el RTCR 479, por lo que en este sentido se está cumpliendo con los requisitos establecidos nacionalmente. El cemento Multibase es del tipo modificado mixto con una sustitución del Clinker con caliza y puzolana de entre 36 a 55%, donde la mayor sustitución se hace con caliza, y en un menor porcentaje se realiza con puzolana.

El cartel establece que la sustitución con puzolana específicamente no debe ser superior al 20%. En este caso, no es posible determinar si esta cantidad de sustitución indicada en el cartel se logra cumplir, ya que no se cuenta con el porcentaje específico de caliza y puzolana utilizado en la formulación del cemento.

En cuanto al cumplimiento del cemento propuesto MM/C (C – P) – 21 con respecto la normativa nacional vigente RTCR 479, al revisar el certificado se observa que cumple con los requisitos establecidos.

Otro aspecto a considerar es que el cemento propuesto está formulado para alcanzar una resistencia a la compresión de al menos 21 MPa a los 28 días, en contraposición a lo que solicita el reglamento técnico de cemento RTCR 383, que indica que el cemento MP-RTCR debe alcanzar una resistencia a la compresión de 25 MPa.

Se considera aconsejable establecer el criterio de aceptación del cemento propuesto tipo MM/C (C – P) – 21, que puede basarse en lo establecido como requisitos del material en el cartel o si se prefiere evaluar su desempeño final en los resultados del diseño de la base estabilizada. Si se trata de la primera opción, se puede concluir que el cemento utilizado no hubiese cumplido con los requisitos del RCTR 383, si este estuviera vigente, lo que conlleva a comentar que se considera pertinente que el cartel haga referencia a normativa y reglamentación vigente.

## II.2 Revisión del diseño de la base estabilizada

Al revisar los porcentajes de trabajo de cemento propuestos para establecer la curva de resistencia contra el porcentaje de cemento óptimo, se consideran adecuados tanto la escogencia de los mismos (a saber 3, 5, 7, 9 y 11%) así como el análisis realizado para establecer el porcentaje y cantidad de cemento a utilizar en la mezcla de la base estabilizada.

Lo que no se tiene claro, es la determinación y revisión del valor de densidad respecto al próctor modificado AASHTO T180. En la tabla del anexo 1, se muestra un valor de densidad máxima y un porcentaje de humedad óptima para cada juego de pastillas de base estabilizada con el mismo porcentaje de cemento adicionado. Sin embargo, no se observan los resultados de laboratorio que conforman la base técnica de este dato. Cabe resaltar que se considera importante incluir esta información, ya que también se deben revisar los resultados de este ensayo, primordiales para establecer estas características de campo a revisar durante la colocación de las bases estabilizadas.

El documento del ACI 230.1R-09 “Report on Soil Cement” en la tabla 4-1 muestra cantidades de cemento típicas requeridas dado el tipo de material. Para bases estabilizadas con cemento donde se utilizan agregados como el que se está proponiendo para el diseño sugerido, que se pueden clasificar como GM, GC en el sistema SUCS o bien como A-1-b en el sistema ASSHTO, se tiene que el rango del contenido de cemento para el diseño es entre 5 a 8%, dando como resultado una cantidad de 6% como el valor típico de sustitución.



Como complemento, también se indica el rango de contenidos de cemento que se utilizan para determinar la durabilidad de la base estabilizada que, para el caso de los agregados propuestos para la base, estaría entre 4 a 8%.

Si se comparan estos valores típicos del ACI con los resultados del diseño de la base estabilizada propuesta por la empresa Ingeniería Gamboa, los porcentajes de estudio del diseño se encuentran más altos que lo que típicamente se utiliza, pues el rango de trabajo fue de 3 a 11%. Sin embargo, el valor resultante de 7% es un valor cercano al valor típico indicado en el documento del ACI.

Por lo tanto, se considera adecuada el diseño de la base estabilizada. Ahora bien, no es posible establecer si la base es adecuada en cuanto a durabilidad, ya que esta característica no fue evaluada como parte del diseño de la misma y no era una exigencia del cartel.

### III. Proyecto RN32 Limón

Se revisa el oficio N° O-10-266-2019 de O.J.M Consultores de Calidad y Laboratorios en el cual se presentan los informes de resultados para el diseño de la base estabilizada (N° 75-309-2019) y el ensayo de durabilidad (N° 75-310-2019). Para el caso del proyecto de la Ruta Nacional N°32 en la zona de Limón, las especificaciones del cartel indican que se debe cumplir con lo establecido en el CR-2010, sección 302.

Para este caso específico, se establece que la base estabilizada es una BE-25 cuyos parámetros de diseño se indican en la tabla 7.

**Tabla 7.** Parámetros de diseño de bases estabilizadas con cemento

Descripción	Requisito
Agregados	91 a 97%
Cemento	3 a 9%
Pérdida de masa (12 ciclos)	
A-1, A-2-4, A-2-5 & A-3 <sup>(1)</sup>	14%
A-2-6 & A-2-7 <sup>(1)</sup>	10%
Resistencia a la compresión a 7 días	Promedio: 3.0 MPa Mínimo: 2.1 MPa Máximo: 3.9 MPa

<sup>(1)</sup>Clasificación AASHTO

Entre las especificaciones de los materiales que deben componer la base estabilizada, se tiene que los agregados deben cumplir con lo indicado en la tabla 8 que se muestra a continuación y que corresponde a la subsección 703.21.

**Tabla 8.** Requisitos de granulometría para base estabilizada

Tipo de granulometría	Material virgen
Tamiz	% pasando
50 mm	100
4.75 mm (#4)	50 – 100 (± 6)
425 µm (#40)	20 – 70 (± 4)
75 µm (#200)	5 – 35 (± 3)

Aunado a los requisitos de las granulometrías, en el cartel se encuentran los requisitos de los agregados en cuanto a parámetros físicos de los mismos, lo cuales se describen en la tabla 9.



**Tabla 9.** Requisitos físicos para los materiales utilizados en bases estabilizadas

Parámetro	Ensayo	Requisito
Límite líquido	AASHTO T89	Máximo 40
Índice plástico	AASHTO T90	Máximo 8
Pérdida por abrasión	AASHTO T96	Máximo 50
Índice durabilidad gruesos	AASHTO T210	Mínimo 35
Índice durabilidad finos	AASHTO T210	Mínimo 35

Adicionalmente, se indica que el cemento hidráulico debe cumplir la norma ASSHTO M240, sin mencionar el Reglamento Técnico de Cemento vigente.

### III.1 Revisión de los materiales para la base estabilizada

A continuación, se presenta el análisis de los materiales que se utilizan en el diseño de mezcla de la base estabilizada para el proyecto RN32 Limón, tanto para agregados como del material cementante.

#### III.1.1 Agregados

En el informe N° 75-309-2019 elaborado por la empresa O.J.M Consultores de Calidad y Laboratorios se indica que, para el diseño de la base estabilizada, se utiliza un material que es producto de la combinación de dos agregados: un agregado grueso proveniente del Quebrador Chec Km:49 cuyo contenido propuesto es de 40%, y uno fino de la misma fuente, el cual cuenta con una proporción del 60%.

La granulometría producto de la combinación se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 10.** Granulometría empleada para el diseño de la base estabilizada

Tamiz	Granulometría
	% pasando
75 mm	100
50 mm	100
25.0 mm	92
19.0 mm	84
9.5 mm	69
#4	59
#40	23
#200	7

Al revisar esta granulometría del material utilizado contra lo establecido en el CR-2010 (tabla 8), se observa que cumple con lo establecido. Adicionalmente, las propiedades físicas también cumplen con lo determinado en los requisitos del cartel. Los resultados para cada parámetro se muestran en la tabla 11.

**Tabla 11.** Resultados de ensayos físicos al material utilizado para la base estabilizada

Parámetro	Resultado
Límite líquido	NP
Índice plástico	NP
Pérdida por abrasión	(1)
Índice durabilidad gruesos	96%
Índice durabilidad finos	80%

(1): No indicado.



Como puede observarse, el material combinado cumple con lo indicado con el CR-2010, con la salvedad de que no se ha podido indicar el cumplimiento al respecto de la abrasión por faltar el resultado del ensayo en el informe.

### **III.1.2 Material cementante**

En el informe N° 75-309-2019 se indica que el cemento utilizado para el diseño de la base estabilizada es un cemento tipo modificado mixto MP/C – 21, cuyo nombre comercial es Cemento Multibase. Curiosamente el cemento que se utiliza para el proyecto Limonal – Cañas también tiene el mismo nombre comercial, a pesar de que su composición es una distinta.

La notación del tipo de cemento utilizado para la base estabilizada del proyecto obedece a las especificaciones que determina el RTCR 479, por lo que en este sentido se está cumpliendo con los requisitos establecidos nacionalmente. Este cemento Multibase es del tipo modificado con puzolana con un contenido de sustitución de 36 a 55%.

En cuanto al cumplimiento del cemento propuesto MP/C – 21 con respecto a la normativa nacional vigente RTCR 479, al revisar el certificado se observa que cumple con los requisitos establecidos.

Otro aspecto a considerar es que el cemento propuesto está formulado para alcanzar una resistencia a la compresión de al menos 21 MPa a los 28 días, se considera aconsejable establecer el criterio de aceptación del cemento propuesto tipo MP/C – 21, que puede basarse en lo establecido como requisitos del material en el CR-2010 o si se prefiere evaluar su desempeño final en los resultados del diseño de la base estabilizada.

### **III.2 Revisión del diseño de la base estabilizada**

Al revisar los porcentajes de trabajo de cemento propuestos para establecer la curva de resistencia contra el porcentaje de cemento óptimo, se consideran adecuados tanto la escogencia de los mismos (a saber 2, 3, 4 y 5%) así como el análisis realizado para establecer el porcentaje y cantidad de cemento a utilizar en la mezcla de la base estabilizada.

El documento del ACI 230.1R-09 “Report on Soil Cement” en la tabla 4-1 muestra cantidades de cemento típicas requeridas dado el tipo de material. Para bases estabilizadas con cemento donde se utilizan agregados como el que se está proponiendo para el diseño sugerido, que se pueden clasificar como GM, GC en el sistema SUCS o bien como A-1-b en el sistema ASSHTO, se tiene que el rango del contenido de cemento para el diseño es entre 5 a 8%, dando como resultado una cantidad de 6% como el valor típico de sustitución.

Como complemento, también se indica el rango de contenidos de cemento que se utilizan para determinar la durabilidad de la base estabilizada que, para el caso de los agregados propuestos para la base, estaría entre 4 a 8%.

Si se comparan estos valores típicos del ACI con los resultados del diseño de la base estabilizada propuesta por la empresa Ingeniería Gamboa, los porcentajes de estudio del diseño son ligeramente menores que lo que típicamente se utiliza, pues el rango de trabajo fue de 2 a 5%. Sin embargo, el valor resultante de 3%, a pesar de tratarse de un valor cercano al valor típico para materiales más limpios según el ACI, observando el análisis de resultados realizado en el informe N° 75-309-2019 y por los resultados de la resistencia a la compresión de las pastillas ensayadas, el diseño de base estabilizada parece adecuado. Incluso, el porcentaje de cemento elegido del 3% genera resultados de resistencia a la compresión cercana a los 3.8 MPa, encontrándose casi al límite superior de resistencia estipulado por el CR-2010.



Al observar los resultados obtenidos en el informe N° 75-310-2019 elaborado por la empresa O.J.M Consultores de Calidad y Laboratorios, no es posible observar si realizaron el ensayo en pastillas con distintos contenidos de cemento o solamente con el contenido del 3% resultante del análisis del diseño de la base estabilizada. Suponiendo que la empresa O.J.M solamente ensayó pastillas de base estabilizadas con un 3% de cemento, el valor de pérdida de masa se encuentra también en el límite superior permitido del CR-2010.

En este caso se considera recomendable que el diseño de la base estabilizada también se basara en ensayar para pérdida de masa especímenes con distintos porcentajes de cemento y con ello determinar el porcentaje de cemento que proporcione una durabilidad tal que no se encuentre tan cercano al límite de especificación.

Por lo que se indica en el oficio N° O-10-266-2019, pareciera que lo comentado en el párrafo anterior si se realizó, solo que no se refleja en los informes de resultados adjuntos al mismo. Se considera recomendable que, si esta campaña de ensayos de base estabilizada se desarrolló, solicitar la información para revisar más apropiadamente los análisis y resultados.

#### **IV. Diferencias entre los Reglamentos Técnicos de cemento RTCR 383 (derogado) y el RTCR 479 (vigente)**

Antes de 2015 el Reglamento Técnico vigente que especificaba los requisitos del cemento que se comercializaba en Costa Rica era el RTCR 383 “Cementos hidráulicos. Especificaciones” el cual se generó desde el 2004. En este se establecían los tipos de cemento reglamentados en el mercado de Costa Rica con sus respectivos requisitos físicos y mecánicos en la tabla 1, y los requisitos químicos en la tabla 2 y 3, siendo esta última, motivo de polémica por la ambigüedad en el establecimiento de los requisitos límite de metales pesados como componentes del cemento.

Es por esta razón que se decide trabajar en un nuevo Reglamento Técnico para el cemento, a partir de las indicaciones de una norma de especificación de los mismos elaborada en el seno del comité técnico de cemento de INTECO. Es en este comité que se desarrolla la norma INTE C147, norma de requisitos para la mayor parte de los cementos hidráulicos. El Reglamento Técnico que surge a partir del desarrollo de esta normativa es el RTCR 479 “Materiales de construcción. Cemento hidráulico. Especificaciones” el cual se encuentra vigente desde el 4 de enero del 2016.

Existen claras diferencias entre los requisitos que se establecen en el reglamento derogado como en el reglamento vigente y estas se tratarán en las siguientes subsecciones.

##### **IV.1 Clasificación de los cementos**

En el Reglamento Técnico RTCR 383, existían 6 tipos de cemento, a saber:

- MP-RTCR: Modificado con puzolana
- UG-RTCR: Uso general
- MS-RTCR: Modificado con escoria
- Tipo 1-RTCR: Cemento tipo I
- Tipo 1-RTCR/AR: Cemento tipo I con alta resistencia temprana
- Tipo MP-RTCR/AR: Cemento con puzolana y alta resistencia temprana

Siendo el primero el especificado en el Cartel PIT-01-LPI-O-2016 “Contratación de la ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, Sección Limonal – Cañas”.



Para el Reglamento Técnico RTCR 479, al basarse en la norma técnica de especificación del cemento hidráulico INTE C147, los tipos de cemento igualmente son 6 pero se clasifican de la siguiente manera:

- Tipo I: Cemento Portland
- ME: Modificado con Escoria de alto horno
- MF: Modificado con Humo de sílice
- MP: Modificado con Puzolana, ceniza volante o esquisto
- MC: Modificado con Caliza
- MM: Modificado mixto (es decir modificado con la combinación de dos o más de los anteriores)

Sin embargo, su clasificación no solo se basa en la modificación con materiales, sino también por la cantidad de sustitución, generando una gran variedad de cementos, para lo cual la definición de su uso en un proyecto dependerá del diseño de un profesional responsable para lo cual deberá tomar en cuenta el tipo de obra a construir. La variedad de cementos a escoger, con su composición y tipología se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 12.** Tipos de cemento del RTCR 479 por su composición\*

Tipos	Denominación	Tipo/Grado de sustitución	Clinker	Escoria de Alto Horno	Humo de Sílice	Puzolanas	Caliza	Componentes minoritarios adicionales
Tipo I	Cemento Portland Ordinario (CPO)	Tipo I	95 - 100	-	-	-	-	0 - 5
Tipo MP	Cemento Hidráulico con; Puzolana, Ceniza volante, Esquisto	MP / A	80 - 94	-	-	06 - 20	-	0 - 5
		MP / B	65 - 79	-	-	21 - 35	-	0 - 5
		MP / C	45 - 64	-	-	36 - 55	-	0 - 5
		MP / D	20 - 44	-	-	56 - 80	-	0 - 5
Tipo MC	Cemento Hidráulico con Caliza	MC / A	80 - 94	-	-	-	06 - 20	0 - 5
		MC / B	65 - 79	-	-	-	21 - 35	0 - 5
		MC / C	45 - 64	-	-	-	36 - 55	0 - 5
Tipo MM	Cemento Hidráulico Modificado Mixto	MM / A	80 - 94	06 - 20				0 - 5
		MM / B	65 - 79	21 - 35				0 - 5
		MM / C	45 - 64	36 - 55				0 - 5
		MM / D	20 - 44	56 - 80				0 - 5
		MM / E	5 - 19	81 - 95				0 - 5
Tipo ME	Cemento Hidráulico con Escoria de Alto Horno	ME / A	80 - 94	06 - 20	-	-	-	0 - 5
		ME / B	65 - 79	21 - 35	-	-	-	0 - 5
		ME / C	45 - 64	36 - 55	-	-	-	0 - 5
		ME / D	20 - 44	56 - 80	-	-	-	0 - 5
		ME / E	5 - 19	81 - 95	-	-	-	0 - 5
Tipo MF	Cemento Hidráulico con Humo de Sílice	MF/A	90 - 94	-	06 - 10	-	-	0 - 5

(\*): Tomado de la tabla 4 de la norma INTE C147

El cemento utilizado para este proyecto Limonal – Cañas es el que se muestra encerado en un círculo rojo. El cemento del proyecto RN32 Limón, es el que se encuentra en un círculo color verde.

## IV.2 Requisitos físicos y mecánicos

Para cada tipo de cemento del Reglamento Técnico RTCR 383, se cuenta con los valores específicos de parámetros físicos y mecánicos. Sin embargo, para los cementos del Reglamento Técnico RTCR 479 que se basa en la norma INTE C147, los parámetros físicos no variarán por tipo de cemento y



los requisitos mecánicos serán establecidos por la necesidad del diseño de la obra del proyecto en específico, habiendo 5 grados de resistencia a elegir. Es decir, el requisito de resistencia se registrará más por el aspecto técnico que le imprima el profesional responsable del diseño, en lugar de ser dependiente del tipo de cemento.

Como se comentó en la sección II.1.2, el cemento especificado en el cartel del proyecto Limonal – Cañas, el cemento debía contar con una resistencia de 25 MPa a los 28 días, según lo establecido por el Reglamento Técnico RTCR 383, mientras que el cemento propuesto tipo MM/C (C-P) – 21 indica que su prestación de resistencia a los 28 días será como mínimo de 21 MPa.

Para el caso del cemento utilizado en el proyecto RN32 Limón, no es posible determinar el cumplimiento ya que no se especifica claramente cuál es el tipo de cemento a utilizar.

### IV.3 Requisitos químicos

En este aspecto, la mayor diferencia radica en que el cemento del Reglamento Técnico RTCR 479, no cuenta con requisitos de metales pesados a excepción del Cromo Hexavalente, en contraposición a lo indicado en el Reglamento Técnico RTCR 383, cuyos requisitos se encontraban en la tabla 3 del mismo y estaba constituido por 19 elementos que constituían los metales pesados.

Para el caso del cartel y del CR-2010, no se establecieron requisitos químicos específicos para el tipo de cemento requerido en ambos proyectos.

## V. Comentarios finales

Se considera de suma importancia que cuando se realiza la redacción de un Cartel de licitación para un proyecto, se utilice la normativa y reglamentación vigente, en cuyo caso se puede caer en vicios legales que no permitan el cumplimiento técnico de los materiales y productos a utilizar en la construcción de la obra del proyecto licitado.

Por otro lado, también se considera importante que los informes incluyan los resultados en el cuerpo del mismo y no en anexos, ya que el anexo tiene un carácter de soporte y muestra información complementaria, y evidentemente los resultados de ensayos no tienen este perfil. Entonces, es importante sugerir que cuando se contraten ensayos para caracterizar un material, se coloquen los resultados de ensayo en el cuerpo del informe y no en anexos.

Por último, es importante hacer notar que al observar los resultados de los diseños de las bases estabilizadas donde se está utilizando un cemento que tiene el mismo nombre comercial “Cemento Multibase”, se generen resultados de porcentaje de cemento a utilizar distintos. Claro está que el tipo de agregado que se usa en el proyecto interviene en el diseño, pero se trata de una diferencia importante entre 7% de cemento en el proyecto Limonal – Cañas, y un 3% de cemento en el proyecto RN32 Limón.

Se considera que la composición del cemento es el aspecto influyente en los resultados, ya que a pesar de que la sustitución del Clinker por la adición es la misma (36 a 55%), por lo indicado en los certificados de calidad del fabricante de cemento, el cemento modificado mixto MM/C (C-P) – 21 utilizado en Limonal – Cañas, cuenta con valores de resistencia a la compresión inferiores al cemento modificado con puzolana MP/C – 21 utilizado en el proyecto RN32 Limón. Por lo tanto, se considera imprescindible que se haga notar al fabricante que un cemento con el mismo nombre comercial tiene dos composiciones distintas y, por otro lado, que el diseñador de la base estabilizada determine si el cemento que se le está entregando es el que requiere para los requerimientos de su obra.



## VI. Referencias

1. American Concrete Institute. "Report on Soil Cement", Michigan, Estados Unidos, 2009.
2. Consorcio Interamericana Norte. "Ref.- 2020-04-09 CIN/943/913/DT: PIT-1-LPI-O-2016 *Contratación de la ampliación y rehabilitación de la RN No.1, Carretera Interamericana Norte, Sección Limonal – Cañas*", San José, 2020.
3. Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC). "RTCR 383 *Cementos hidráulicos. Especificaciones*", San José, 2004.
4. Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC). "RTCR 479 *Materiales de construcción. Cementos hidráulicos. Especificaciones*", San José, 2015.
5. O.J.M Consultores de Calidad y Laboratorio. "OFICIO N° O-10-266-2019: Remisión Diseño Base Estabilizada con Cemento (BE-25)", San José, 2019.
6. Unidad Ejecutora PIT. "Cartel de licitación: PIT-01-LPI-O-2016 - *Contratación de la ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, Sección Limonal – Cañas*", San José, 2020.