# ANEXO 1.

## Estado del Arte

La situación en Asia varía mucho de unos países a otros. Salvo excepciones como Corea y Japón, la falta de conocimientos y concienciación sobre las prácticas de construcción eficientes se traduce en un uso excesivo de recursos naturales y la generación de grandes cantidades de residuos de construcción, que raramente se reciclan. Aproximadamente el 40% de los residuos totales generados provienen de las actividades de construcción y demolición, residuos que además son difíciles de gestionar porque son pesados y voluminosos y no se pueden incinerar ni utilizar para compostaje.

La Unión Europea, en su catálogo de residuos (EWC, European Waste Catalogue), establece una clasificación de los RCD por categorías. Según las estadísticas, en la UE hay grandes diferencias ente unos países y otros, variando entre menos del 10% y más del 90% de reciclaje y recuperación de residuos. En España se recicla en torno al 65% de los RCD que se generan. Las compañías constructoras se benefician de la reducida cantidad de residuos generados al reducirse los costes asociados al depósito en vertederos y reducirse el presupuesto dedicado a la compra de materias primas.

## Universidad Javeriana

Pérez Henao, J. M., & Caicedo Campo, S. L. (2014). Estudio del uso agregados reciclados de residuos de construcción y demolición (RCD) provenientes de la ciudad de Cali como material para la construcción de elementos prefabricados de concreto, caso de los adoquines. Pontificia Universidad Javeriana, Cali. Se destaca que el uso de del 100% del agregado fino producto de los RCD no es viable, ya que a tempranas edades tiene una reducción del módulo de rotura del 64%, con respecto a la mezcla con agregado de origen pétreo, es de resaltar que la gravedad específica y absorción de los agregados reciclados es mayor, debido al alto contenido de material cerámico y mortero adherido, por esta razón determinamos usar un porcentaje del 100% del agregado grueso producto de los RCD.

Escando Mejía J.C (2011). DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y ECONÓMICO DEL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. El autor determina que generalmente los agregados reciclados de concreto y ladrillo poseen una alta porosidad y por lo tanto un porcentaje de absorción de agua muy elevado y un peso específico más bajo con respecto a los agregados naturales, debido a la presencia de mortero que queda adherido a las partículas después del proceso de trituración de los RCD. Se vio durante la investigación que para controlar la incidencia de estas características desfavorables del agregado reciclado ha resultado exitoso mantener estos agregados en un estado saturado de agua de forma que se evite la absorción del agua de diseño en las mezclas.

**Universidad Nacional de Colombia**

Rosas Chaves J.A. (2014). MOBILIARIO URBANO PREFABRICADO EN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes, Escuela de Arquitectura y Urbanismo, para optar el Título de Magister en construcción, Bogotá. Arquitectónicamente el mobiliario construido con agregado producto del RCD no afectan el producto visual, pudiéndose aplicar de la misma forma a los elementos de concreto hidráulico a la vista.

**Universidad Distrital Francisco José de Caldas**

Castaño, Rodríguez, Lasso, Cabrera, Ocampo. «Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá: perspectivas y limitantes.» TECNURA vol 17 N° 38 (U. Distrital Francisco José de Cladas) 17, nº 38 (Abril 2013). De acuerdo con estudios consultados, la alternativa de sustituir agregados vírgenes por reciclados resulta viable técnicamente, dado que las propiedades que exhiben estos últimos cumplen con la normativa actual de agregados para construcción, en cuanto a bases, subbases, lechadas y mezclas de concreto hidráulico y asfaltico.

Duarte Jimenez A.J, Gallego Leon E.E & Fernandez Espinosa N.A (2016). ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE EN BOGOTÁ DE COMPONENTES PÉTREOS GENERADOS EN OBRAS CIVILES, Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Facultad de Ingenieria, Especialización En Gestión De Proyectos De Ingeniería, Bogotá. Destacamos que, Con el análisis de mercado, se determinó que existe la suficiente demanda de material a procesar, que en el primer año corresponde al 5% del total, es decir 726.000 ton/año en Bogotá, y asciende anualmente en un 1%, hasta alcanzar una demanda de RCD a procesar de 1.869.800 ton/año.

**Universidad Católica de Colombia**

Agreda Sotelo G.A & Moncada Moreno G.L (2015). VIABILIDAD EN LA ELABORACIÓN DE PREFABRICADOS EN CONCRETO USANDO AGREGADOS GRUESOS RECICLADOS, Universidad Católica De Colombia Facultad De Ingeniería Programa De Ingeniería Civil, Bogotá. De estos autores destacamos el uso de mezclas en proporciones de sustitución de 25, 50 y 70 porciento, donde establecen que la mayor resistencia a la compresión y flexión fue la probeta con mezcla del 70%, no obstante esta mezcla fue la que tuvo el comportamiento por asentamiento menor, por los altos índices de absorción del agregado grueso, por lo que proponemos usar el agregado grueso en proporción de sustitución del 70% en condiciones saturadas y de forma experimental verificar su comportamiento.

**Universidad Militar Nueva Granada**

Guacaneme Lizarazo F.A (2015). VENTAJAS Y USOS DEL CONCRETO RECICLADO, UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, Facultad de Ingeniería Civil, Programa Especialización en Ingeniería De Pavimentos, Bogotá. Resaltamos la importancia del uso y aprovechamiento de los RCD, en Bogotá D.C y en Colombia y cómo podemos encontrar un uso que reduzca los costos de producción del concreto hidráulico.

# ANEXO 2.

**Propiedades Físicas del concreto**

Consistencia o Fluidez

Esta propiedad indica la humedad y calidad de la mezcla por el grado de fluidez que tiene el concreto, que tan dura (seca) o blanda (fluida) es la mezcla, este nivel de fluidez se determina por el asentamiento que se obtiene por medio del ensayo del cono de Abrams o el Slump, para este fin se *"establece el método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto en la obra y en el laboratorio"* (NTC 396, 1992).

Segregación

Los elementos o ingredientes que se requieren para elaborar concreto son heterogéneos, es decir que se pueden encontrar en estado liquido, en polvo, en fragmentos de piedras, en arena y en un pequeño porcentaje de espacios de aire y cada uno tiene su respectiva densidad, lo que genera tendencia a apartar las partículas por falta de cohesión de la pasta cementante con los demás componentes. La segregación ocasiona que las partículas con mayor peso desciendan y se produzca mala distribución del agregado dentro de la mezcla.

Exudación

La exudación en el concreto hidráulico fresco, es un el fenómeno que se produce por el ascenso del agua de amasado de una mezcla de hormigón durante el tiempo que dura su fraguado. Los componentes de dicho concreto vertido contienen materiales de distintas densidades y se produce una tendencia a la decantación de áridos más pesados, y un ascenso del agua, menos densa. La exudación es una forma de segregación de los componentes de una mezcla de hormigón fresco en la que el agua tiende a elevarse hacia la superficie como consecuencia de la incapacidad de los áridos de arrastrarla con ellos al irse compactando.

Estabilidad

Es el desplazamiento o flujo que se produce en el concreto sin medir la aplicación de fuerzas externas. Se cuantifica por medio de la exudación y la segregación.

# ANEXO 3.

## Visita y selección de material RCD a utilizar

En la ciudad de Bogotá DC, en la vía Bogotá, Siberia, cota Cundinamarca costado sur a una distancia de 1.5 Km del puente de guadua se encuentra ubicada la planta de trituración de la empresa RECICLADOS INDUSTRIALES DE COLOMBIA SAS. Dicha empresa, tiene como fin la recolección, transporte y disposición final de los RCD provenientes del distrito capital. En esta planta el material es clasificado y reutilizado, por tal razón reciben los Residuos de Construcción y Demolición de todo el distrito, siendo la primera compañía de Colombia dedica al aprovechamiento de escombros, residuos de construcción y demolición, buscando el cuidado del medio ambiente y promoviendo procesos de construcción y desarrollo sostenible.

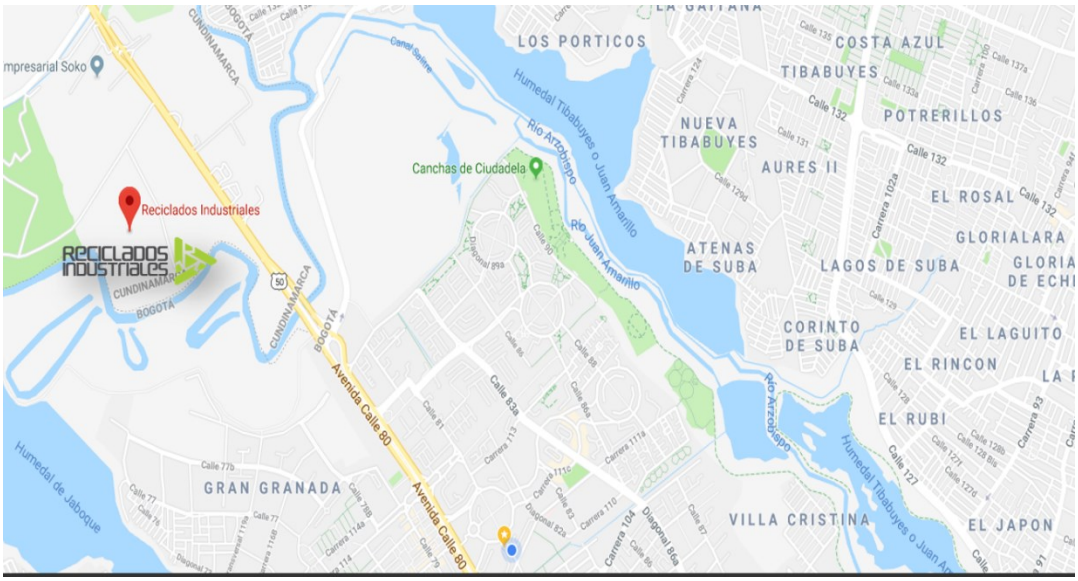



*Imagen 1. Localización planta de aprovechamiento*

Fuente: RECICLADOS INDUSTRIALES Sitio de aprovechamiento y disposición de escombros. http://www.recicladosindustriales.co/index.html




*Imagen 2. Ubicación para ingreso a planta de RECICLADOS INDUSTRIALES*
Fuente: Propia

De este centro de aprovechamiento y disposición de escombros fue tomado el agregado grueso producto de los RCD generados por la demolición de las placas de concreto hidráulico de las vías de Transmilenio con resistencia de 21 MPa; estas son trituradas hasta alcanzar un tamaño máximo nominal de 2” rezagando los tamaños más finos.



*Imagen 3. Agregado RCD de la planta de tratamiento RECICLADOS INDUSTRIALES*
Fuente: Propia

# ANEXO 4.

**EL ORGANISMO NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE COLOMBIA**
*acredita a:*

# INGENIERIA DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES LTDA. INGEYMA LTDA

NIT: 800.095.591-0
Carrera 718 # 48A - 15, Bogotá D.C., Colombia.

*La evaluación y acreditación de este organismo de evaluación de la conformidad, se han realizado con respecto a los requisitos especificados en la norma internacional:*

## ISO/IEC 17025:2005

***Esta Acreditación es aplicable al alcance establecido en el anexo***

13-LAB-025

*Esta Acreditación está sujeta a que el organismo de evaluación de la conformidad se mantenga conforme con los requisitos especificados, lo cual será evaluado por ONAC.*
*La vigencia de este certificado se puede verificar en www.onac.org.co*

| | |
|---|---|
| *Certificado de Acreditación* | 13-LAB-025 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Fecha de Otorgamiento:** | 2014-03-20 | **Fecha Última Modificación:** | 2017-02-16 |
| **Fecha de Renovación:** | 2017-03-20 | **Fecha de Vencimiento:** | 2022-03-19 |

*Director Ejecutivo*



IAAC ilac-MRA ONAC ORGANISMO NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE COLOMBIA

INGENIERIA DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES LTDA. INGEYMA LTDA

13-LAB-025

ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2005

## Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

**Sitios cubiertos por la acreditación:**
Carrera 71B # 48A - 15, Bogotá D.C.

| CODIGO SECTOR GENERAL | CODIGO SECTOR ESPECÍFICO | ENSAYO | TÉCNICA / MÉTODO | SUSTANCIA, MATERIAL, ELEMENTO O PRODUCTO A ENSAYAR | INTERVALO DE MEDICION | DOCUMENTO NORMATIVO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L24 | C58 | Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto | Mecánico | Cilindros de concreto | 5 MPa a 70 MPa | NTC 673: 2010 |
| L24 | C58 | Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de muretes de mampostería | Mecánico | Muretes de mampostería | 1 MPa a 55 MPa | NTC 3495: 2008 Numerales: 6.8, 9, 10, 11 y 12 |
| L24 | C58 | Ensayo de prefabricados de concreto no reforzados, vibrocompactados. Resistencia a la compresión. | Mecánico | Mampostería de concreto | Compresión: 3 MPa a 80 MPa | NTC 4026: 2001 Numerales: 5, 6, 9.4, 9.5, 9.6 y 10.1.1 a 10.1.8 |
| L09 | C58 | Ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla. Absorción | Gravimétrico | Mampostería de concreto | Absorción: 4 % a 25 % | NTC 4026: 2001 Numerales: 5, 8, 9.1 a 9.5, 9.7, 9.8 y 10.1.1 a 10.1.8 |
| L24 | C58 | Ensayo de prefabricados de concreto no reforzados, vibrocompactados. Resistencia a la compresión. | Mecánico | Mampostería de arcilla | Compresión: 3 MPa a 80 MPa | NTC 4017:2005 Numerales: 5, 7, 8.1, 8.2 y 12 |
| L09 | C58 | Ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla. Absorción | Gravimétrico | Mampostería de arcilla | Absorción: 4 % a 25 % | NTC 4017:2005 Numerales: 5, 8.1 a 8.3 y 12. |

Fecha de Otorgamiento: 2014-03-20 Fecha Última Modificación: 2017-02-16

Fecha de Renovación: 2017-03-20 Fecha de Vencimiento: 2022-03-19

Director Ejecutivo

# ANEXO 5.

INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES LTDA.
NIT 800.095.591-0

## INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

**ENSAYO:** Análisis físicos de los agregados finos (NTC 77, 78, 92 y 237)

**CÓDIGO OBRA:** 2073

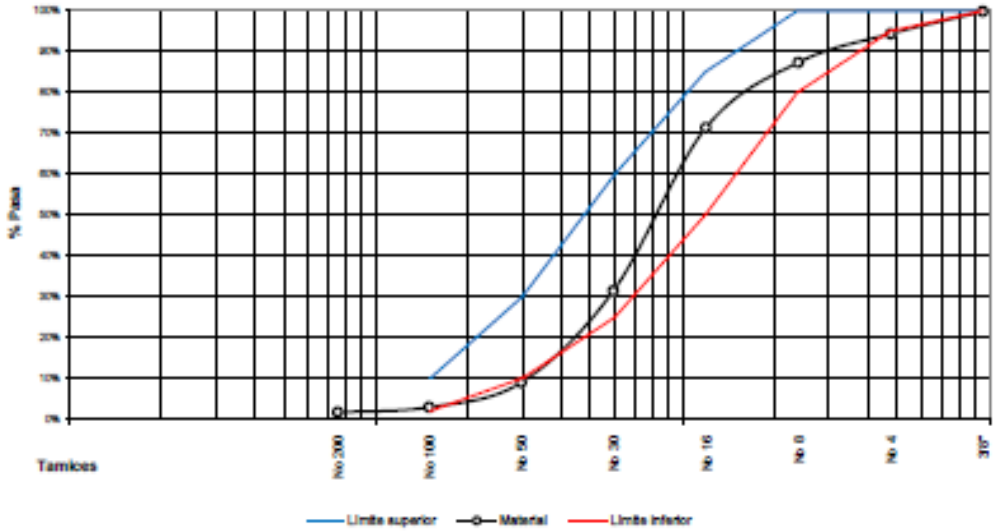
**OBRA:** CAOBO CIUDAD VERDE
**CLIENTE:** TENCO S.A.
**SOLICITADO POR:** ING. DIEGO CHAVEZ
**DIRECCIÓN OBRA:** LT.2 SM. 41-1 BOGOTÁ
**MATERIAL:** ARENA DE RIO - LA SIERRA
**PROCEDENCIA:** PROYECTO

**INFORME:** AG-01-18
**FECHA RECEPCIÓN:** 20/09/2017
**FECHA ENSAYO:** 03/10/2017
**FECHA INFORME:** 16/01/2018

| | |
|---|---|
| Densidad aparente seca (g/cm³): | 2.63 |
| Densidad nominal (g/cm³): | 2.66 |
| Densidad aparente S.S.S (g/cm³): | 2.65 |
| Humedad de absorción (%): | 0.40 |
| Masa unitaria suelta (g/cm³): | 1.48 |
| Contenido de lodos (%): | 1.67 |
| Módulo de finura (-): | 3.02 |
| Color materia orgánica: | 1 |

| TAMIZ # | ABERTURA (mm) | RETENIDO (g) | RETENIDO (%) | RET. ACUM. (%) | PASA (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 3/8" | 9.50 | 4.00 | 0.18 | 0.00 | 99.82 |
| No 4 | 4.76 | 120.00 | 5.43 | 5.43 | 94.39 |
| No 8 | 2.38 | 155.00 | 7.01 | 12.44 | 87.38 |
| No 16 | 1.19 | 353.00 | 15.97 | 28.40 | 71.42 |
| No 30 | 0.59 | 883.00 | 39.94 | 68.34 | 31.48 |
| No 50 | 0.30 | 497.00 | 22.48 | 90.82 | 9.00 |
| No 100 | 0.15 | 134.00 | 6.06 | 96.88 | 2.94 |
| No 200 | 0.08 | 28.00 | 1.27 | 98.15 | 1.67 |
| Fondo | - | | | | |

**ESPECIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA:** Arena de río (NTC 174)




* Muestreo realizado por el interesado

| (firma) | (firma) | (firma) |
|---|---|---|
| Revisó: Oscar Mauricio Rojas<br>Coordinador de Laboratorio | Aprobó: Sergio Tobón Restrepo<br>Gerente Técnico | Recibió:<br>Fecha: |

Los resultados aquí expresados corresponden a las muestras ensayadas; se prohibe su reproducción total o parcial sin autorización



Carrera 71B No. 46A-15 / Teléfonos 4107203 - 4104739 - 4104613 / Email: laboratorio@ingeyma.com / www.ingeyma.com / Bogotá, DC., Colombia

INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES LTDA.
NIT 800.095.591-0

# INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

**ENSAYO:** Análisis físicos de los agregados gruesos (NTC 77, 78, 92 y 237)

**CÓDIGO OBRA:** 2073

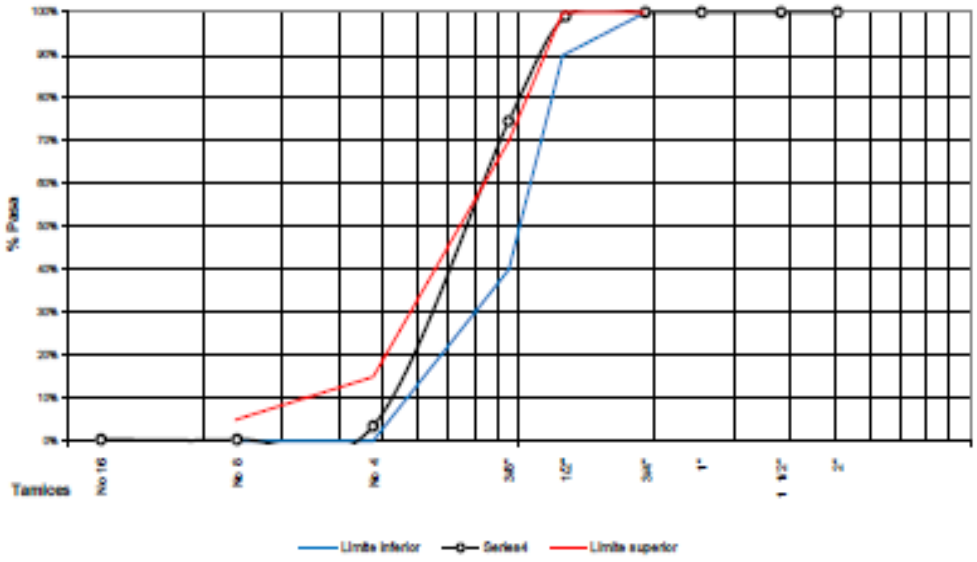
**OBRA:** CAOBO CIUDAD VERDE
**CLIENTE:** TENCO S.A
**SOLICITADO POR:** ING. DIEGO CHÁVEZ
**DIRECCIÓN OBRA:** LT.2 SM. 41-1 BOGOTÁ
**MATERIAL:** GRAVA
**PROCEDENCIA:** PROYECTO

**INFORME:** L-2073 | AG-02-18
**FECHA RECEPCIÓN:** 21/09/2017
**FECHA ENSAYO:** 04/10/2017
**FECHA INFORME:** 16/01/2018

| | |
|---|---|
| Densidad aparente seca (g/cm³): | 2.59 |
| Densidad nominal (g/cm³): | 2.70 |
| Densidad aparente S.S.S (g/cm³): | 2.63 |
| Humedad de absorción (%): | 1.66 |
| Masa unitaria suelta (g/cm³): | 1.45 |
| Masa unitaria compactada (g/cm³): | 1.58 |
| Contenido de lodos (%): | 0.32 |
| Tamaño máximo nominal: | 3/8" |

| TAMIZ # | ABERTURA (mm) | RETENIDO (g) | RETENIDO (%) | RET. ACUM. (%) | PASA (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2" | 50.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 38.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.70 | 35.00 | 0.99 | 0.99 | 99.01 |
| 3/8" | 9.50 | 863.50 | 24.41 | 25.40 | 74.60 |
| No 4 | 4.76 | 2515.00 | 71.09 | 96.48 | 3.52 |
| No 8 | 2.36 | 110.00 | 3.11 | 99.59 | 0.41 |
| No 16 | 1.19 | 0.50 | 0.01 | 99.60 | 0.40 |
| Fondo | - | 14.50 | 0.41 | 100.00 | 0.00 |

**ESPECIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA:** Grava 7 - 12.5mm(1/2") a 4.75mm(No 4) (NTC-174)




* Muestreo realizado por el interesado

| (firma) | (firma) | (firma) |
|---|---|---|
| Revisó: Oscar Mauricio Rojas<br>Coordinador de Laboratorio | Aprobó: Sergio Tobon Restrepo<br>Gerente Técnico | Recibió:<br>Fecha: |

Los resultados aquí expresados corresponden a las muestras ensayadas; se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización



Carrera 71B No. 48A-15 / Teléfonos 4107203 - 4104739 - 4104813 / Email: laboratorio@ingeyma.com / www.ingeyma.com / Bogotá, DC., Colombia

INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES LTDA.
NIT 800.095.591-0

## INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

**ENSAYO: Análisis físicos de los agregados gruesos (NTC 77, 78, 92 y 237)**

CÓDIGO OBRA: 2073

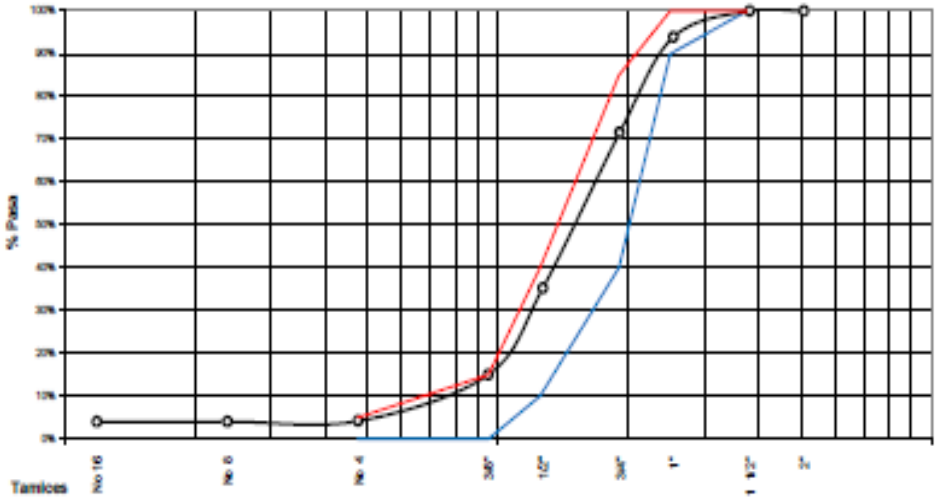
OBRA: CAOBO CIUDAD VERDE
CLIENTE: TENCO S.A.
SOLICITADO POR: ING. DIEGO CHÁVEZ
DIRECCIÓN OBRA: LT.2 SM. 41-1 BOGOTÁ
MATERIAL: AGREGADO GRUESO 1" - AGREGADOS RCD
PROCEDENCIA: OBRA

INFORME: L-11918 | AG-02-17
FECHA RECEPCIÓN: 04/12/2017
FECHA ENSAYO: 11/12/2017
FECHA INFORME: 14/12/2017

| | |
|---|---|
| Densidad aparente seca (g/cm³): | 2,22 |
| Densidad nominal (g/cm³): | 2,53 |
| Densidad aparente S.S.S (g/cm³): | 2,34 |
| Humedad de absorción (%): | 5,65 |
| Masa unitaria suelta (g/cm³): | 1,20 |
| Masa unitaria compactada (g/cm³): | 1,32 |
| Contenido de lodos (%): | 3,66 |
| Tamaño máximo nominal: | 1" |

| TAMIZ # | ABERTURA (mm) | RETENIDO (g) | RETENIDO (%) | RET. ACUM. (%) | PASA (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2" | 50,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1 1/2" | 38,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1" | 25,40 | 119,00 | 8,09 | 8,09 | 91,91 |
| 3/4" | 19,10 | 436,50 | 22,32 | 28,41 | 71,59 |
| 1/2" | 12,70 | 710,50 | 36,33 | 64,74 | 35,26 |
| 3/8" | 9,50 | 366,50 | 20,23 | 84,97 | 15,03 |
| No 4 | 4,76 | 212,00 | 10,84 | 95,81 | 4,19 |
| No 8 | 2,36 | 2,00 | 0,10 | 95,91 | 4,09 |
| No 16 | 1,19 | 0,50 | 0,03 | 95,93 | 4,07 |
| Fondo | - | 80,00 | 4,09 | 100,00 | 0,00 |

ESPECIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA: Grava 50 - 25mm(1") a 9,5mm(3/8") (NTC-174)




* Muestreo realizado por el interesado

| (firma) | (firma) | (firma) |
|---|---|---|
| Revisó: Oscar Mauricio Rojas<br>Coordinador de Laboratorio | Aprobó: Sergio Tobón Restrepo<br>Gerente Técnico | Recibió:<br>Fecha: |

Los resultados aquí expresados corresponden a las muestras ensayadas; se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización



Carrera 71B No. 48A-15 / Teléfonos 4107203 - 4104739 - 4104813 / Email: laboratorio@ingeyma.com / www.ingeyma.com / Bogotá, DC., Colombia

# ANEXO 6.

**Ensayos para determinar las propiedades físicas de los agregados.**

NTC 174 Especificaciones de los agregados para Concreto.

La norma establece los requisitos de gradación y calidad para los agregados finos y gruesos para el uso en concreto.

Agregado Fino

Esta debe estar compuesta de arena natural, triturada o una combinación de las dos; el material que pasa el tamiz No 200 debe ser menor al 5% del peso total de la muestra.

- El análisis granulométrico que se le debe realizar debe cumplir los siguientes parámetros establecidos:

| Tamiz NTC 32 (ASTM E 11) | Portcentaje que pasa |
|---|---|
| 9,5 mm | 100 |
| 4,75mm | 95 a 100 |
| 2,36 mm | 80 a 100 |
| 1,18 mm | 50 a 85 |
| 600 µm | 25 a 60 |
| 300 µm | 10 a 30 |
| 150 µm | 2 a 10 |

*Tabla 1. análisis granulométrico*

Fuente: NTC 174, pág. 5

Agregado Grueso

Este debe componerse de grava normal o triturada, roca triturada, escoria de alto horno enfriada al aire, concreto triturado (este debió ser fabricado con cemento hidráulico) o una combinación de ellos.

La gradación del material se establece bajo los parámetros de la siguiente tabla:

| Tamaño nominal (tamices de abertura cuadrada) | Material que pasa uno de los siguientes tamices (Porcentaje en masa) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 100 mm | 90 mm | 75 mm | 63 mm | 50 mm | 37,5 mm | 25 mm | 19 mm | 12,5 mm | 9,5 mm | 4,75 mm | 2,36 mm | 1,18 mm |
| 90 mm a 37,5 mm | 100 | 90-100 | - | 25-60 | | 0-15 | - | 0-5 | - | - | - | - | - |
| 63 mm q 37,5 mm | - | - | 100 | 90-100 | 35-70 | 0-15 | - | 0-5 | - | - | - | - | - |
| 50 mm a 25 mm | - | - | - | 100 | 90-100 | 35-70 | 0-15 | - | 0-5 | - | - | - | - |
| 50 mm q 4,75 mm | - | - | - | 100 | 95-100 | - | 35-70 | - | 10-30 | - | 0-5 | - | - |
| 37,5 mm a 19 mm | - | - | - | - | 100 | 90-100 | 20-55 | 0-15 | - | 0-5 | - | - | - |
| 37,5 mm a 4,75 mm | - | - | - | - | 100 | 95-100 | - | 35-70 | - | 10-30 | 0-5 | - | - |
| 25 mm a 12,5 mm | - | - | - | - | - | 100 | 90-100 | 20-55 | 0-10 | 0-5 | - | - | - |
| 25 mm a 9,5 mm | - | - | - | - | - | 100 | 90-100 | 40-85 | 10-40 | 0-15 | 0-5 | - | - |
| 25 mm a 4,75 mm | - | - | - | - | - | 100 | 95-100 | - | 25-60 | - | 0-10 | 0-5 | - |
| 19 mm a 9,5 mm | - | - | - | - | - | - | 100 | 90-100 | 20-55 | 0-15 | 0-5 | - | - |
| 19 mm a 4,75 mm | - | - | - | - | - | - | 100 | 90-100 | - | 20-55 | 0-10 | 0-5 | - |
| 12,5 mm a 4,75 mm | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 90-100 | 40-70 | 0-15 | 0-5 | - |
| 9,5 mm a 2,36 mm | - | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 85-100 | 10-30 | 0-10 | 0-5 |

*Tabla 2. Requisitos de gradación para el agregado grueso.*
Fuente: NTC 174, pág. 8

Propiedades físicas de los agregados

**a.** Análisis granulométrico de los agregados finos y gruesos
**b.** Densidad BULK (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado suelto y compacto.
**c.** Contenido total de agua evaporable de los agregados por secado.
**d.** Densidad, Densidad relativa (gravedad especifica) y absorción del agregado fino.
**e.** Densidad, Densidad relativa (gravedad especifica) y absorción del agregado grueso.
**f.** Perfil y textura de los agregados, Índice de aplanamiento y alargamiento de los agregados.
**g.** Tipo, marca del cemento y Densidad del cemento hidráulico.
**h.** Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados.

**a.** Análisis granulométrico de los agregados finos y gruesos, consiste en "determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada progresivamente decreciente. Este método también se puede aplicar usando mallas de laboratorio de abertura redonda, y no se empleará para agregados recuperados de mezclas asfálticas" (INV-E 213, 2013).

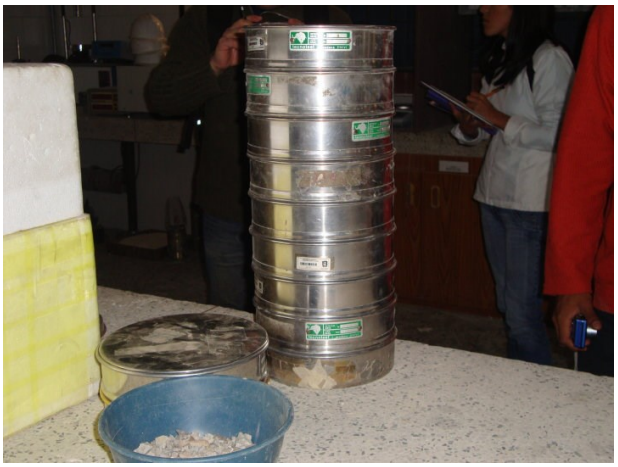


*Imagen 1. Ensayo de granulometría*
Fuente: Laboratorios Universidad Distrital 2017

**b.** Densidad BULK (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado suelto y compacto, "Esta norma tiene como objeto establecer el método para determinar la densidad bulk (peso unitario) de agregados finos, gruesos o una mezcla de ambos, en condición suelta o compacta, y para calcular los vacíos con base en la misma determinación. El método es aplicable a materiales que tengan tamaño máximo nominal o igual a 125 mm (5")". (INV-E 217, 2013).




*Imagen 2. Ensayo de Densidad (peso unitario)*
Fuente: Laboratorios Universidad Distrital 2017

**c.** Contenido total de agua evaporable de los agregados por secado. “Este método se aplica para determinar la humedad evaporable en una muestra de agregado, por secado del agua libre y de la contenida en los poros permeables al agua. Algunos agregados pueden contener agua combinada químicamente con sus minerales, la cual no es evaporable y, por lo tanto, no queda incluida en el porcentaje determinado mediante este método de ensayo”. (INV-E 216, 2013).



*Imagen 3. Ensayo de contenido de agua evaporable*
Fuente: Laboratorios Universidad Distrital 2017

**d.** Densidad, Densidad relativa (gravedad especifica) y absorción del agregado fino, “Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir

para determinar la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado fino (sin incluir los vacíos entre ellas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino. Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad, en kg/m3 (lb/pie3), se expresa como seca al horno (SH), saturada y superficialmente seca (SSS) o aparente. Además, la densidad relativa (gravedad específica), que es una cantidad adimensional, se expresa como seca al horno (SH), saturada y superficialmente seca (SSS) o aparente (gravedad específica aparente). La densidad seca al horno (SH) y la densidad relativa seca al horno (SH) se deben determinar luego del secado del agregado. La densidad SSS, la densidad relativa SSS y la absorción se determinan luego de sumergir el agregado en agua durante un período especificado". (INV-E 222, 2013).



*Imagen 4. Ensayo de densidad relativa agregado fino*
Fuente: Laboratorios Universidad Distrital 2017

**e.** Densidad, Densidad relativa (gravedad especifica) y absorción del agregado grueso, "Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para determinar la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado grueso (sin incluir los vacíos entre ellas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso. Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad, en kg/m3 (lb/pie3), se expresa como seca al horno (SH), saturada y

superficialmente seca (SSS) o aparente. Además, la densidad relativa (gravedad específica), que es una cantidad adimensional, se expresa como seca al horno (SH), saturada y superficialmente seca (SSS) o aparente (gravedad específica aparente). La densidad seca al horno (SH) y la densidad relativa seca al horno (SH) se deben determinar luego del secado del agregado". (INV-E 223, 2013).



*Imagen 5. Ensayo densidad relativa agregado grueso*
Fuente: Laboratorios Universidad Distrital 2017

**f.** Índice de aplanamiento y alargamiento de los agregados, "Esta norma se aplica a agregados de origen natural o artificial. El ensayo para determinar el índice de aplanamiento no es aplicable a los tamaños de partículas menores de 6.3 mm (¼") o mayores de 63 mm (2 ½"); mientras que la prueba para hallar el índice de alargamiento no aplica a los tamaños de partículas menores de 6.3mm (¼") o mayores de 50 mm (2")". (INV-E 230, 2013).



*Imagen 6. Ensayo de índice de aplanamiento y alargamiento*
Fuente: Laboratorios Universidad Distrital 2017

**g.** Tipo, marca del cemento y Densidad del cemento hidráulico, “Esta norma tiene como objeto establecer un método de ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico”. (INV-E 307, 2013).

**h.** Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados, “En general las especificaciones del concreto requerirán una resistencia mínima a compresión. Estas especificaciones también podrían imponer limitaciones en la máxima relación agua/cemento (a/c) y el contenido mínimo de cemento. Es importante asegurar que estos requisitos no sean mutuamente incompatibles.

**i.** Las especificaciones también podrían requerir que el concreto cumpla ciertos requisitos de durabilidad, tales como resistencia al congelamiento y deshielo ó ataque químico. Estas consideraciones podrían establecer limitaciones adicionales en la relación agua cemento (a/c), el contenido de cemento y en adición podría requerir el uso de aditivos”.[1] (HUANCA, 2006) .

[1] SAMUEL, Huanca. Diseño de mezcla de concreto. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingenieria Civil, Puno, Perú. 2006”.

# ANEXO 7.

## Cemento Portland especificaciones físicas y mecanicas

Esta normativa específica los requerimientos físicos y mecánicos que deben cumplir el cemento portland tipo 1, 1m, 2, 3, 4 y 5.

Los requisitos físicos para los diferentes tipos de cemento portland a los que se refiere esta norma y los cuales deben ser aprobados para cumplir con las condiciones mínimas al momento de ser utilizado, están especificados en la siguiente tabla:

| | Tipo 1 | Tipo 1m | Tipo 2 | Tipo 3 | Tipo 4 | Tipo 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Finura, superficie especificada en m2/kg<br>Ensayo por medio de permeabilidad al aire, mínimo. | 280 | 280 | 280 | - | 280 | 280 |
| Estabilidad<br>Expansión en autoclave, Máximo,% | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Tiempo de fraguado(métodos alternativos) | | | | | | |
| Ensayo por agujas de Vicat: tiempo inicial, en minutos no debe ser menor de | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| Tiempo final, en horas, no debe ser mayor de | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Resistencia a la compresión en Mpa (kgf/cm2) | | | | | | |
| La resistencia a la compresión de cubos de mortero hechos con una parte de cemento y 2,75 partes de arena gradada normalizada para este ensayo, preparados y aprobados de acuerdo con la NTC 220, no debe ser menor que los valores indicados para cada edad | | | | | | |
| 1 día | - | - | - | 10 (100) | - | - |
| 3 días | 8 (80) | 12,5 (125) | 10,5 (105) | 21 (210) | - | 8,5 (85) |
| 7 días | 15 (150) | 19,5 (195) | 17,5 (175) | - | 7 (70) | 15,5 (155) |
| 28 días | 24 (240) | - | - | - | 17,5 (175) | 21 (210) |

*Tabla 1. requisitos físicos cemento*

Fuente: NTC 121 pag. 2

Los ensayos obligatorios a realizar para este material son:

- **La superficie especifica; NTC 33 ó NTC 597**
- **La estabilidad, NTC 107**
- **Los tiempos de fraguado por las agujas de Vicat; NTC 118**
- **La resistencia a la compresión, NTC 220**

# ANEXO 8.

***Métodos de diseño de mezclas***

## Método de Fuller y Thompson

Es uno de los métodos más usados para la realización de diseños de mezclas de concreto, en el año de 1907 Fuller y Thompson seleccionaron una curva granulométrica continua para la composición optima de los agregados en el hormigón.

Ecuación de la curva granulométrica.

$$Y = 100\sqrt{\frac{d}{D}}$$

Donde:

*Y= Porcentaje (%) en volumen que pasa por cada tamiz de abertura d.*

*d= Abertura en mm de cada uno de los tamices empleados.*

*D= Tamaño máximo del agregado en mm.*

Es recomendable utilizar este método cuando:

- **La cantidad de cemento por metro cubico de concreto hidráulico es mayor a 300 Kg.**
- **El tamaño máximo del agregado es menor a 50 ± 20 mm ó (2" ± ¾").**
- **Los agregados son preferiblemente de forma redondeada.**

## Método de Bolomey

Este método de clasificación granulométrica para diseño de mezclas, complementa la ley de Fuller. En el año 1925, Bolomey propuso una curva granulométrica continua de agregado más cemento, Este consiste en tener como resultado un concreto económico en cemento enfocado a sus resistencias a flexión y compresión,

consistencia de la masa y forma de los agregados pétreos (redondeados, alargados o aplanados). “El método está indicado para concretos en masa, grandes macizos, presas, entre otros. Se debe tantear con mucho cuidado la curva granulométrica y los porcentajes de finos, pues aquí interviene, también el cemento utilizado”[2].

Ecuación de la curva granulométrica.

$$Y = a + (100 - a)\sqrt{\frac{d}{D}}$$

Donde:

a= coeficiente que depende de la forma del agregado y la consistencia del hormigón y se puede obtener de la tabla N° 4.

*Y= Porcentaje (%) en volumen que pasa por cada tamiz de abertura d.*

*d= Abertura en mm de cada uno de los tamices empleados.*

*D= Tamaño máximo del agregado en mm.*

| **Tipo de agregado** | **Consistencia del concreto** | **Asentamiento (cm)** | **a** |
|---|---|---|---|
| Redondeado | Seca-Plástica | 0 a 5 | 10 |
| | Blanda | 5 a 10 | 11 |
| | Fluida | 10 a 20 | 12 |
| Triturado | Seca-Plástica | 0 a 5 | 12 |
| | Blanda | 5 a 10 | 13 |
| | Fluida | 10 a 20 | 14 |

*Tabla 1. Valores del coeficiente “**a**” de la ecuación de Bolomey.*

Fuente: GIRALDO, Orlando. Guía practica para el diseño de mezclas de Hormigón. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. 1897, pag 141).

[2] GIRALDO, Orlando. Dosificación de mezclas de hormigón. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. 26, pag 58.

# ANEXO 9.

# DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO
# OBRA: "CAOBO - CIUDAD VERDE"

## 1. REFERENCIA

**Diseños de mezcla**:

- M-1 y M-2 - Concreto con resistencia f'c = (21.0 y 28.0 MPa)
- M-3 y M-4 - Mortero de Inyección f'cr = (14.0 y 21.0 MPa)
- M-5 - Mortero de pega f'cr = (12.5 MPa)

Los diseños se realizaron cumpliendo con las Normas Colombianas de Construcciones Sismo – Resistente NSR-10

## 2. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO.

Realizado por el interesado

## 3. IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

| Referencia | Material | Origen – Marca | Procedencia |
|---|---|---|---|
| (C-1) | Cemento | Cemex uso estructural | Obra |
| (F-1) | Arena de Rio | La Sierra | Obra |
| (F-2) | Arena de Peña | La Terraza | Obra |
| (G-1) | Grava Fina | La Sierra | Obra |

## 4. EQUIPOS DE ENSAYO.

- Balanza con sensibilidad de 0.5 gr
- Tamices que cumplen la Norma NTC 32
- Horno eléctrico.
- Varilla compactadora, con extremo redondeado.
- Recipientes de medida.
- Frascos de vidrio con tapa.
- Canasta de alambre.
- Recipiente para inmersión.
- Moldes cilíndricos que cumple la Norma NTC- 396
- Cono de asentamiento que cumple la Norma NTC- 396
- Calibrador pie de rey.
- Martillo de caucho.
- Mezcladora de hormigón mecánica y batidora.
- Máquina para ensayo a compresión de muestras cilíndricas.
- Tanques de curado.

## 5. MÉTODO Y/O PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Normas de Referencia:

| | | |
|---|---|---|
| NTC 77 | : | Tamizado de materiales granulados |
| NTC 78 | : | Determinación del material que pasa por el tamiz 74 μ |
| NTC 92 | : | Método para determinar la masa unitaria de los agregados. |
| NTC 127 | : | Determinación de la materia orgánica. |
| NTC 174 | : | Especificaciones de los agregados para hormigón. |
| NTC 176 | : | Método para determinar la densidad y la absorción de agregados gruesos. |
| NTC 237 | : | Método para determinar el peso específico y la absorción de agregados finos. |
| NTC 396 | : | Método de ensayos para determinar el asentamiento del hormigón. |
| NTC 673 | : | Resistencia a compresión de cilindros normales de hormigón. |
| NTC 1377 | : | Hormigón elaboración y curado de muestras en el laboratorio. |
| NTC 1513 | : | Hormigón ensayo acelerado para la predicción de resistencias futuras a compresión. |
| NTC 1776 | : | Agregados para hormigón. Determinación del contenido de humedad total. |
| NOTA TÉCNICA: No. 12 ICPC | | Método para dosificar mezclas de concreto. |
| NSR-10 | : | Normas Colombianas de Diseño y Construcción sismo-resistente (capitulo 5). |

## 6. RESULTADOS OBTENIDOS.

### 6.1 Propiedades Físicas.

| MATERIAL | M.F | T.M.N (mm) | M.U.S (g/cm³) | M.U.C (g/cm³) | M.O | D.a.s (g/cm³) | ABS. (%) | LODOS (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| F-1 | 3.03 | --- | 1.48 | --- | 1 | 2.63 | 0.40 | 1.78 |
| F-2 | 1.70 | --- | 1.46 | --- | 1 | 2.60 | 0.81 | 13.12 |
| G-1 | --- | 3/8" | 1.45 | 1.58 | --- | 2.59 | 1.66 | 0.44 |

**DONDE:**

**M.F:** Modulo de finura de la arena
**T.M.N:** Tamaño máximo nominal de la grava
**M.U.S:** Masa unitaria suelta de la arena
**M.U.C:** Masa unitaria compactada
**M.O:** Materia Orgánica
**D.a.s:** Densidad aparente seca
**ABS.** Porcentaje de Absorción.

## 6.2 Mezclas proporciones y consumos:

Los diseños se realizaron cumpliendo con las normas NSR-10 donde:

**M-1: Concreto grava fina**

f'c : Resistencia especificada 210 kgf/cm²
$\sigma$ : Desviación estándar del productor 35 kgf/cm²
f'c : Resistencia requerida por el diseño de mezcla de concreto 210 kgf/cm².

**M-2: Concreto grava fina**

f'c : Resistencia especificada 280 kgf/cm²
$\sigma$ : Desviación estándar del productor 35 kgf/cm²
f'c : Resistencia requerida por el diseño de mezcla de concreto 327 kgf/cm².

**M-3: Mortero de Inyección** 14.0 MPa

**M-4: Mortero de Inyección** 21.0 MPa

**M-5: Mortero de pega** 12.5 MPa

### 6.2.1 Proporciones de diseño en peso seco.

| MEZCLA | RESIST. Kg/cm² | A/C AGUA | C.1 CEMENTO | F.1 ARENA RIO | F.2 ARENA PEÑA | G.1 GRAVA | CAL | SLUMP (cm) | FLUIDEZ % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M-1 | 210 | 0.68 | 1.00 | 2.81 | --- | 1.95 | --- | 10.0 | --- |
| M-2 | 280 | 0.58 | 1.00 | 2.27 | --- | 1.67 | --- | 10.0 | --- |
| M-3 | 140 | 1.10 | 1.00 | 4.50 | --- | --- | --- | 20.0 | --- |
| M-4 | 210 | 0.90 | 1.00 | 3.50 | --- | --- | --- | 20.0 | --- |
| M-5 | 125 | 1.08 | 1.00 | --- | 4.50 | --- | 0.12 | --- | 110.0 |

### 6.2.2 Consumo de material para 1m³ de mezcla en kg.

| MEZCLA | A/C AGUA | C.1 CEMENTO | F.1 ARENA RIO | F. 2 ARENA PEÑA | G. 1 GRAVA FINA | CAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| M-1 | 240 | 353 | 992 | --- | 689 | --- |
| M-2 | 240 | 414 | 938 | --- | 689 | --- |

# ANEXO 10.

**Mezcla de los agregados según diseño**

Inicialmente conociendo el diseño con el que se desea trabajar, se verifican los pesos de cada uno de los elementos con el fin de que la mezcla sea la adecuada según las especificaciones del diseño.



*Imagen 1. Pesado de agregados para mezcla.*

Fuente: Propia

Al verificar los pesos que se necesitan en el diseño se inicia con el procedimiento de mezclado en obra en la mezcladora para concreto.



*Imagen 2. Mezcladora de concreto en ejecución*

Fuente: Propia

Una vez realizada la mezcla se procede a transportar el material al laboratorio de obra para la realización de los cilindros de concreto.



*Imagen 3. Vaciado en Boggy.*

Fuente: Propia

## Elaboración de probetas

Una vez la formaleta se encuentre lista y en posición, se comienza a realizar el llenado de cada una de las 3 capas de concreto con el que se debe llenar la formaleta.



*Imagen 3. Vaciado en probetas.*

Fuente: Propia

inicia el proceso de compactación por medio de la varilla compactadora en donde se realizan 25 golpes para cada una de las capas de concreto y se garantiza que la varilla penetre parte de la capa anterior con el fin de garantizar uniformidad en la actividad.



*Imagen 4. Compactación de probetas.*

Fuente: Propia

Con el fin de minimizar la cantidad de poros se realizan 13 golpes con el martillo de punta de caucho para cada uno de los elementos de ensayo.



*Imagen 5. Vibrado con martillo de caucho*

Fuente: Propia

Se continúa este procedimiento hasta la tercera capa.



*Imagen 6. Vaciado de 2da capa en probeta*

Fuente: Propia

Se realiza retiro de exceso de concreto en la última capa además de afinado con espátula de pintura con el fin de garantizar la mayor uniformidad en la cara superior de la probeta.



*Imagen 7. Vaciado y afinado de probetas*

Fuente: Propia

Al realizar este procedimiento para cada uno de los ensayos, se espera que fragüen por 24 horas para poder desencofrar los elementos y así introducirlos al tanque de almacenamiento previo al envío a fallar en el laboratorio seleccionado.

**Envío de probetas al laboratorio**

Se llama al personal de laboratorio para el envío de las muestras de concreto a fallar, donde se puede observar el vehículo en donde se va transportar las probetas y cada una de las cajas en donde se busca proteger el elemento durante el trayecto además de un manto que intenta evitar la pérdida de agua durante su llegada al laboratorio.



*Imagen 8. Transporte de probetas*

Fuente: Propia

Se marca cada una de las probetas con el fin de identificar claramente en el laboratorio a donde pertenece cada uno de los elementos a fallar o en este caso saber a qué mezcla hace referencia.



*Imagen 9. Marcado de probetas*

Fuente: Propia

# ANEXO 11.

**Verificación de los parámetros establecidos por la NTC 150**

Según los parámetros establecidos, se verifica el equipo con el que cuenta el laboratorio de obra para el desarrollo de las probetas.

Formaleta utilizada

La formaleta utilizada es de 6” en hierro y fue adquirida nueva por el laboratorio de obra.



*Imagen 1. Camisa usada como formaleta para la toma de muestras y testigos.*
Fuente: Propia

Varilla Compactadora

Esta es de acero, cilíndrica, lisa, con el extremo compactador esférico, un diámetro de 16 mm y una longitud de 60 cm



*Imagen 2. Varilla compactadora*

Fuente: Propia

## Martillo

Se utiliza un martillo con cabeza de caucho donde su peso es de 0,7 kg.



*Imagen 3. Martillo*

Fuente: Propia

## Herramientas pequeñas

La herramienta principal que se utiliza es una cuchara gramera para laboratorio, un boggy y una espátula para pintura que cumple la función de afinar el elemento al final de realizar la probeta.



*Imagen 4. Espátula de pintura para afinar y Cuchara gramera*

Fuente: Propia

## Superficie de trabajo

La superficie de trabajo donde se realizan las muestras, se encuentra en un cuarto cerrado con un pollo hecho de concreto nivelado para garantizar la uniformidad al momento de la toma de cada muestra.



*Imagen 5. Cuarto y superficie nivelada y lisa.*

Fuente: Propia

## Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento se encuentra impermeabilizado en su interior, generalmente se le adiciona cal para mantener en buenas condiciones el agua y es cubierto para evitar contaminar las muestras por medio de diferentes agentes en el ambiente.



*Imagen 6. Tanque para curado*

Fuente: Propia

Al identificar cada uno de los aspectos establecidos por la NTC 150 se considera que es apropiado el espacio y el equipo con el que se cuenta para poder realizar cada una de las muestras a ensayar durante la investigación.

# ANEXO 12.

**NTC 673 Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto**

Esta normativa explica el método de ensayo para la determinación de la resistencia a compresión de los cilindros en concreto o núcleos extraídos.

El método consiste en la aplicación de una carga de compresión de manera axial a una velocidad que cumpla con los parámetros establecidos hasta que ocurra la falla del elemento; la máxima resistencia obtenida se puede obtener al dividir la máxima carga recibida por el elemento sobre el área de la sección transversal del espécimen.

#### 1.3.1.1. Procedimiento

Los ensayos deben realizarse con los testigos curados bajo condiciones de humedad, tan pronto como sea posible después de removerlos de la ubicación de curado.

Todos los testigos para una edad dada, deben ensayarse bajo unos parámetros o tolerancias de tiempo permisibles descritas de la siguiente manera:

| Edad de ensayo | Tolerancia permisible |
|---|---|
| 24 horas | +- 0,5h ó 2,1% |
| 3 días | 2 h ó 2,8% |
| 7 días | 6 h ó 3,6% |
| 28 días | 20 h ó 3% |
| 90 días | 2 d ó 2,2% |

*Tabla 15. tolerancias de tiempos permisibles según edad de fallo*
Fuente: NTC 673 pag. 8

Se coloca el bloque de apoyo, con su cara endurecida hacia arriba se limpian las caras del testigo y de los bloques de apoyo superior e inferior; se alinean los apoyos con el eje del testigo y con el centro de presión del bloque de la rótula.

Se verifica que se encuentre en ceros el equipo de tal manera que se genere un asentamiento uniforme.

Se aplica la carga continuamente y sin impactos hasta que el testigo falle en donde se registra la carga máxima soportada durante el ensayo y se registra el tipo de falla obtenida además de la apariencia del concreto.

# ANEXO 13

ACREDITADO ONAC
ISO/IEC 17025:2005
13-LAB-025

INGEYMA

# INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES LTDA.
## INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

**ENSAYO:** Resistencia a la compresión de cilindros (NTC 673:2010)
**OBRA:** BAMBÚ - CIUDAD VERDE
**CLIENTE:** TENCO S.A.
**SOLICITADO POR:** ING. ALFREDO ESPINEL
**DIRECCIÓN OBRA:** CR 31 # 38 - 178 SUPERMANZANA 3 LOTE 2 SOACHA




(0) No ocurre (2) Cono y Fisura (4) Diagonal (6) Punta
(1) Cono (3) Fisuras (5) Fracturas

**CODIGO OBRA:** 2648
**INFORME:** L-I 2391 CO-01-17
**FECHA INFORME:** 2018-01-05

| No. | MEDIDA | MUESTRA | PROBETA | FECHA VACIADO | FECHA ENSAYO | Resistencia Especificada (MPa) | Edad (días) | Diámetro (mm) | Longitud (mm) | Área (mm²) | Carga (kN) | Resistencia Obtenida (kg/cm²) | Resistencia Obtenida (MPa) | TP | % Avance | LOCALIZACIÓN | OBSERVACIONES Y/O DEFECTOS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | A | 1001 | C | 2017-12-13 | 2017-12-27 | 21.0 | 14 | 155 | 304 | 18908 | 502 | 272 | 26.7 | 4 | 127% | Muestra 100% RCD | |
| 2 | A | 1001 | D | 2017-12-13 | 2017-12-27 | 21.0 | 14 | 155 | 304 | 18909 | 523 | 282 | 27.7 | 4 | 132% | Muestra 100% RCD | |
| 3 | A | 1002 | C | 2017-12-13 | 2017-12-27 | 21.0 | 14 | 154 | 302 | 18627 | 326 | 178 | 17.5 * | 4 | 83% | Muestra 50% RCD | |
| 4 | A | 1002 | D | 2017-12-13 | 2017-12-27 | 21.0 | 14 | 154 | 305 | 18907 | 289 | 158 | 15.5 * | 4 | 74% | Muestra 50% RCD | |
| 5 | A | 1003 | C | 2017-12-13 | 2017-12-27 | 21.0 | 14 | 154 | 302 | 18907 | 485 | 265 | 26.0 | 4 | 124% | Muestra 75% RCD | |
| 6 | A | 1003 | D | 2017-12-13 | 2017-12-27 | 21.0 | 14 | 155 | 302 | 18748 | 522 | 284 | 27.9 | 4 | 133% | Muestra 75% RCD | |
| | | | | | | | | FIN INFORME | | | | | | | | | |

(*) RESISTENCIA INFERIOR A LA ESPECIFICADA
(**) CILINDRO OVALADO

**CONVERSIONES:** De kgf/cm²a lb/in² multiplique por: 14.223
De MPa a lb/in² multiplique por: 145.037

| MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO | Los resultados aquí expresados corresponden a las muestras ensayadas. Se prohibe su reproducción total o parcial sin autorización. | | |
|---|---|---|---|
| (firma) | (firma) | (firma) | Código: FEN-07<br>Versión: 05<br>Aprobación: 2017-05-26 |
| Revisó: Oscar Mauricio Rojas<br>Coordinador de Laboratorio | Aprobó: Sergio Tobar Restrepo<br>Gerente Técnico | Recibió:<br>Fecha: | |

ACREDITADO ONAC
ISO/IEC 17025:2005
13-LAB-035

INGEYMA

# INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES LTDA.
## INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

**ENSAYO:** Resistencia a la compresión de cilindros (NTC 673:2010)
**OBRA:** CAOBO CIUDAD VERDE
**CLIENTE:** TENCO S.A.
**SOLICITADO POR:** ING. DIEGO CHÁVEZ
**DIRECCIÓN OBRA:** LT 2 SM. 41-1 BOGOTÁ




(0) No rotura (2) Cono y Fisura (4) Diagonal (6) Punta
(1) Cono (3) Fisura (5) Fracturas

**CODIGO OBRA:** 2073
**INFORME:** L-I 25-C CO-01-17
**FECHA INFORME:** 2018-01-12

| No. | MEZCLA | MUESTRA | PROBETA | FECHA VACIADO | FECHA ENSAYO | Resistencia Especificada (MPa) | Edad (días) | Diámetro (mm) | Longitud (mm) | Área (mm²) | Carga (kN) | Resistencia Obtenida (kg/cm²) | Resistencia Obtenida (MPa) | | TIP | % Avance | LOCALIZACIÓN | OBSERVACIONES Y/O DEFECTOS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | A | 150 | C | 2017-12-12 | 2018-01-09 | 21.0 | 28 | 154 | 306 | 18627 | 372 | 204 | 20.0 | * | 4 | 95% | Torre 15 piso 5 | |
| 2 | A | 150 | D | 2017-12-12 | 2018-01-09 | 21.0 | 28 | 154 | 303 | 18607 | 361 | 197 | 19.3 | * | 4 | 92% | Torre 15 piso 5 | |
| 3 | A | 151 | C | 2017-12-13 | 2018-01-10 | 21.0 | 28 | 154 | 303 | 18606 | 456 | 251 | 24.6 | | 4 | 117% | Torre 13 piso 3 | |
| 4 | A | 151 | D | 2017-12-13 | 2018-01-10 | 21.0 | 28 | 154 | 304 | 18607 | 441 | 241 | 23.6 | | 4 | 113% | Torre 13 piso 3 | |
| 5 | A | 152 | A | 2017-12-13 | 2017-12-20 | 21.0 | 7 | 153 | 305 | 18446 | 440 | 243 | 23.8 | | 4 | 113% | Viga Cinta torre 1 | |
| 6 | A | 152 | B | 2017-12-13 | 2017-12-20 | 21.0 | 7 | 153 | 303 | 18285 | 447 | 250 | 24.5 | | 5 | 117% | Viga Cinta torre 1 | |
| 7 | A | 152 | C | 2017-12-13 | 2018-01-10 | 21.0 | 28 | 155 | 304 | 18748 | 518 | 282 | 27.7 | | 4 | 132% | Viga drta torre 1 | |
| 8 | A | 152 | D | 2017-12-13 | 2018-01-10 | 21.0 | 28 | 154 | 303 | 18607 | 501 | 274 | 26.9 | | 4 | 128% | Viga drta torre 1 | |
| 9 | A | 164 | A | 2018-01-02 | 2018-01-09 | 21.0 | 7 | 153 | 300 | 18446 | 261 | 144 | 14.1 | | 4 | 67% | Placa torre 15 piso 6 | |
| 10 | A | 164 | B | 2018-01-02 | 2018-01-09 | 21.0 | 7 | 154 | 303 | 18607 | 243 | 133 | 13.0 | * | 4 | 62% | Placa torre 15 piso 6 | |
| 11 | A | 165 | A | 2018-01-03 | 2018-01-10 | 21.0 | 7 | 154 | 302 | 18589 | 360 | 198 | 19.4 | | 3 | 92% | VIGA CINTA TORRE 9 | |
| 12 | A | 165 | B | 2018-01-03 | 2018-01-10 | 21.0 | 7 | 154 | 307 | 18897 | 380 | 208 | 20.4 | | 4 | 97% | VIGA CINTA TORRE 9 | |
| | | | | | | | | ----------FIN INFORME---------- | | | | | | | | | | |

(*) RESISTENCIA INFERIOR A LA ESPECIFICADA
(**) CILINDRO OVALADO

**CONVERSIONES:** De kgf/cm²a ksi² multiplique por: 14.22
De MPa a ksi² multiplique por: 145.037

| MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO | Los resultados aquí expresados corresponden a las muestras ensayadas. Se prohibe su reproducción total o parcial sin autorización. | | |
|---|---|---|---|
| (firma) | (firma) | (firma) | Código: FEN-07<br>Versión: 05<br>Aprobación: 2017-05-26 |
| Revisó: Oscar Mauricio Rojas<br>Coordinador de Laboratorio | Aprobó: Sergio Tobón Restrepo<br>Gerente Técnico | Recibió:<br>Fecha: | |

ACREDITADO ONAC
ISO/IEC 17025:2005
13-LAB-025

INGEYMA

# INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES LTDA.
## INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

**ENSAYO:** Resistencia a la compresión de cilindros (NTC 673:2010)
**OBRA:** SAMBÚ - CIUDAD VERDE
**CLIENTE:** TENCO S.A.
**SOLICITADO POR:** ING. ALFREDO ESPINEL
**DIRECCIÓN OBRA:** CR 31 # 38 - 178 SUPERMANZANA 3 LOTE 2 SOACHA




(0) Ninguna (2) Cono y Fisura (4) Diagonal (6) Pura
(1) Cono (3) Fisura (5) Fractura

**CODIGO OBRA:** 2048
**INFORME:** L-I 2018 CO-01-17
**FECHA INFORME:** 2018-01-13

| No. | MEDIDA | MUESTRA | PROBETA | FECHA VACIADO | FECHA ENSAYO | Resistencia Especificada (MPa) | Edad (días) | Diámetro (mm) | Longitud (mm) | Área (mm²) | Carga (kN) | Resistencia Obtenida kg/cm² | Resistencia Obtenida (MPa) | | TIP | % Avance | LOCALIZACIÓN | OBSERVACIONES Y/O DEFECTOS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | A | 1001 | E | 2017-12-13 | 2018-01-10 | 21.0 | 28 | 155 | 301 | 18748 | 568 | 309 | 30.3 | | 3 | 144% | Muestra 100 % RCD | |
| 2 | A | 1001 | F | 2017-12-13 | 2018-01-10 | 21.0 | 28 | 154 | 307 | 18627 | 577 | 316 | 31.0 | | 4 | 148% | Muestra 100 % RCD | |
| 3 | A | 1002 | E | 2017-12-13 | 2018-01-10 | 21.0 | 28 | 155 | 304 | 18748 | 359 | 195 | 19.1 | * | 3 | 91% | Muestra 50% RCD | |
| 4 | A | 1002 | F | 2017-12-13 | 2018-01-10 | 21.0 | 28 | 155 | 302 | 18869 | 373 | 201 | 19.7 | * | 4 | 94% | Muestra 50% RCD | |
| 5 | A | 1003 | E | 2017-12-13 | 2018-01-10 | 21.0 | 28 | 154 | 307 | 18687 | 536 | 292 | 28.6 | | 4 | 136% | Muestra 75% RCD | |
| 6 | A | 1003 | F | 2017-12-13 | 2018-01-10 | 21.0 | 28 | 153 | 306 | 18385 | 566 | 314 | 30.8 | | 4 | 147% | Muestra 75% RCD | |
| | | | | | | | | FIN INFORME | | | | | | | | | | |

(*) RESISTENCIA INFERIOR A LA ESPECIFICADA
(**) CILINDRO OVALADO

**CONVERSIONES:** De kg/cm²a lb/in² multiplica por: 14.22
De MPa a lb/in² multiplica por: 145.037

| MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO | Los resultados aquí expresados corresponden a las muestras ensayadas. Se prohibe su reproducción total o parcial sin autorización. | | |
|---|---|---|---|
| (firma) | (firma) | (firma) | Código: FER-07<br>Versión: 05<br>Aprobación: 2017-05-26 |
| Revisó: Oscar Mauricio Rojas<br>Coordinador de Laboratorio | Aprobó: Sergio Tobar Restrepo<br>Gerente Técnico | Recibió:<br>Fecha: | |

Paola Hernandez | INGEYMA <paola.hernandez@ingeyma.com> escribió:

Cordial Saludo Ing. Camilo.

De acuerdo a su solicitud a continuación adjunto información de los resultados obtenidos de las muestras 1001,1002 y 1003, dicha información es solo informativa y no reemplaza el informe.

| 2046 - BAMBÚ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| MUESTRA No. | PROBETA No. | REST. ESPECIFICA MPa. | REST. OBTENIDA MPa. | % AVANCE | EDAD DIAS |
| 1001 | A | 21.0 | 25.0 | 119.0 | 7 |
| 1001 | B | 21.0 | 25.2 | 119.8 | 7 |
| 1001 | E | 21.0 | 30.3 | 144.5 | 28 |
| 1001 | F | 21.0 | 31.0 | 147.5 | 28 |
| 1002 | A | 21.0 | 14.3 | 67.9 | 7 |
| 1002 | B | 21.0 | 13.9 | 66.0 | 7 |
| 1002 | E | 21.0 | 19.2 | 91.2 | 28 |
| 1002 | F | 21.0 | 19.8 | 94.4 | 28 |
| 1003 | A | 21.0 | 23.4 | 111.6 | 7 |
| 1003 | B | 21.0 | 24.0 | 114.1 | 7 |
| 1003 | E | 21.0 | 28.7 | 136.8 | 28 |
| 1003 | F | 21.0 | 30.8 | 146.5 | 28 |

Sin otro particular.

**Paola Hernández Morales**
Ingeyma LTDA.