



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
MANABÍ  
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS  
FÍSICAS Y QUÍMICAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN  
SIMPLE EN EL AMBIENTE MARINO APLICADO  
EN LA CIUDAD DE BAHÍA DE CARÁQUEZ –  
MANABÍ – ECUADOR”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
CIVIL**

**MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**AUTORES:**

**MOREIRA ZAMBRANO DARLIN XAVIER  
SORNOZA PICO BRYAN BRANDO**

**PORTOVIEJO – MANABÍ - ECUADOR**

## **DEDICATORIA**

“Aprendí que lo difícil no es llegar a la cima, sino jamás dejar de subir”. Walt Disney.

Obteniendo mi sueño cumplido dedico este Trabajo de Titulación:

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y cuidarme en cada paso que doy, por haberme dado salud para lograr este objetivo.

A mis Padres, Nery Moreira y Amada Zambrano por ser los pilares fundamentales desde mi nacimiento, ya que con su apoyo y los valores inculcados en el hogar han sido partícipes de esta grandiosa meta que tanto anhelaba.

A mi Hermano, Antonio Moreira y su excelente esposa Elisa Peralta, que con su apoyo y sabios consejos brindados fueron de gran influencia para desenvolverme a lo largo de mi vida, contribuyendo de esta manera a mi formación profesional.

A mi Sobrino, Rodrigo Moreira quien es la alegría de nuestra humilde familia por el cual me esfuerzo día a día para ser un buen ejemplo en su vida.

Y como no olvidarme de Lisbeth Moreira quien es una mujer de ejemplo a quien llevo en mi corazón por el resto de mi vida, la cual admiro y estimo mucho por sus hermosos consejos que me daba para continuar con mi carrera y no decaer por cualquier obstáculo que se me presentara en el camino.

A mi mejor amigo, Hermano de corazón, consejero, Bryan Sornoza, que con la ayuda de sus sabias ideas pudimos alcanzar la meta que nos propusimos de ser Ingenieros Civiles.

A todas las personas que con su apoyo me permitieron alcanzar este maravilloso logro.

Todo este trabajo ha sido gracias a ellos.

**DARLIN XAVIER MOREIRA ZAMBRANO**

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente Trabajo de Titulación a Dios por ser el responsable de esta meta tan anhelada ya que sin sus infinitas bendiciones no hubiese sido posible alcanzar éste objetivo.

A la mujer más importante de mi vida, motivo de gran orgullo mi Madre, Isabel Cristina Pico que me brinda su apoyo incondicional, me supo formar con sus sabios consejos y me conllevó a ser un hombre de bien.

A mi Papá de corazón, Ernesto Tapia que sin duda alguna es uno de los pilares fundamentales a lo largo de mi formación profesional, persona por la cual me esfuerzo día a día para ser motivo de su orgullo y de esta manera contribuir con un granito de arena en honor al agradecimiento por su apoyo y consejos conmemorables que vivirán en mis más sagrados recuerdos.

A mis Hermanos que son el motor de mi vida por los cuales luché día a día para ser un ejemplo en sus vidas.

A mi Mejor Amigo, Darlin Moreira mi gran compañero, consejero, que con la ayuda de sus grandes ideas y sabias soluciones me han permitido superar obstáculos, resaltando notablemente su inmensa amistad sin condiciones y su lealtad como sus mayores virtudes.

Y como no agradecer este logro tan importante para mí, al Ing. Carlos Castro que considero un ángel enviado por Dios para fortalecer mi vida, persona que admiro mucho por ese gran valor para enfrentar las adversidades, ya que gracias a los consejos impartidos a lo largo de los años que tuve la bendición de conocerlo inculcó en mí grandes enseñanzas de vida, que me han permitido ver de una perspectiva diferente el diario vivir.

**BRYAN BRANDO SORNOZA PICO**

## **AGRADECIMIENTO**

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a la Universidad Técnica de Manabí, a las autoridades y docentes por los conocimientos impartidos en esta prestigiosa institución.

A nuestro Tutor, Ing. Juan Carlos Guerra por ser una guía fundamental en el desarrollo de nuestro trabajo de titulación

A la Cantera Megarok por proveernos de los materiales a utilizar para sus posteriores ensayos; a la Constructora Ciudad Rodrigo por permitirnos desarrollar nuestro diseño de hormigón; al Laboratorio de Suelos de la Universidad Técnica de Manabí por hacer posible el desarrollo de los ensayos en el hormigón.

Al Ing. Reynaldo Pita en gratitud a sus sabios consejos y recomendaciones que fueron de gran aporte para poder concretar la investigación.

Al Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) por facilitarnos información en base a los diseños realizados en el puente Los Caras.

LOS AUTORES

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

### CERTIFICA

Quien suscribe la presente señor Ing. Juan Carlos Guerra Mera, Docente de la Universidad Técnica de Manabí, de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Química; en mi calidad de Tutor del trabajo de titulación “ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN SIMPLE EN AMBIENTE MARINO, APLICADO EN LA CIUDAD DE BAHÍA DE CARÁQUEZ, MANABÍ - ECUADOR” desarrollada por los profesionistas: Señor Darlin Xavier Moreira Zambrano y Bryan Brando Sornoza Pico; en este contexto, tengo a bien extender la presente certificación en base a lo determinado en el Art. 8 del reglamento de titulación en vigencia, habiendo cumplido con los siguientes procesos:

- Se verificó que el trabajo desarrollado por los profesionistas cumple con el diseño metodológico y rigor científico según la modalidad de titulación aprobada.
- Se asesoró oportunamente a los estudiantes en el desarrollo del trabajo de titulación.
- Presentaron el informe del avance del trabajo de titulación a la Comisión de Titulación Especial de la Facultad.
- Se confirmó la originalidad del trabajo de titulación.
- Se entregó al revisor una certificación de haber concluido el trabajo de titulación.

Cabe mencionar que durante el desarrollo del trabajo de titulación los profesionistas pusieron mucho interés en el desarrollo de cada una de las actividades de acuerdo al cronograma trazado.

Particular que certifico para los fines pertinentes

  
Ing. Juan Carlos Guerra Mera  
TUTOR

## **CERTIFICACIÓN DE REVISIÓN**

### **INFORME DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Luego de haber realizado el trabajo de titulación, en la modalidad de investigación y que lleva por tema: “ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN SIMPLE EN EL AMBIENTE MARINO, APLICADO EN LA CIUDAD DE BAHÍA DE CARÁQUEZ, MANABÍ - ECUADOR” desarrollado por los señores, Darlin Xavier Moreira Zambrano con Cédula No. 131236214-6 y Bryan Brando Sornoza Pico con Cédula No. 131461531-9 , previo a la obtención del título de INGENIERO CIVIL, bajo la tutoría y control del Señor Ing. Juan Carlos Guerra Mera, docente de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas y cumpliendo con todos los requisitos del nuevo reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica de Manabí, aprobada por el H. Consejo Universitario, cumpla con informar que en la ejecución del mencionado trabajo de titulación, sus autores:

- Han respetado los derechos de autor correspondiente a tener menos del 10% de similitud con otros documentos existentes en el repositorio.
- Las conclusiones guardan estrecha relación con los objetivos planteados.
- El trabajo posee suficiente argumentación técnica científica, evidencia en el contenido bibliográfico consultado.
- Mantiene rigor científico en las diferentes etapas de su desarrollo.

Sin más que informar suscribo este documento no vinculante para los fines legales pertinentes.



Ing. Yordy Mjeles Bravo

**REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## DECLARACIÓN SOBRE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Darlin Xavier Moreira Zambrano y Bryan Brando Sornoza Pico, egresados de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas para la carrera de Ingeniería Civil, declaramos que:

El trabajo de titulación cuyo tema es: “ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN SIMPLE EN EL AMBIENTE MARINO, APLICADO EN LA CIUDAD DE BAHÍA DE CARÁQUEZ, MANABÍ - ECUADOR” no ha sido presentado anteriormente para algún trabajo de titulación, y se lo ha realizado mediante investigación respetando los derechos intelectuales de terceros, citándolos debidamente e incorporando las fuentes en la bibliografía, siendo así, el presente es realizado con la dedicación y el esfuerzo que merece cualquier trabajo de titulación.

En virtud de la Veracidad:



---

Darlin Xavier Moreira Zambrano



---

Bryan Brando Sornoza Pico

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
RESUMEN .....	xii
SUMARY .....	xiii
1. TEMA .....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN .....	3
3.1. Antecedentes .....	3
3.2. Justificación.....	4
4. MARCO TEÓRICO .....	5
4.1. Control de resistencia del hormigón .....	5
4.1.1. Muestreo del hormigón para preparación de probetas.....	6
4.1.2. Preparación de especímenes o probetas de ensayo .....	7
4.1.3. Ensayos de probeta .....	8
4.2. Causas de las variaciones de la resistencia del hormigón .....	11
4.3. Componentes del hormigón: .....	13
4.4. Propiedades del hormigón fresco .....	13
4.4.1. Trabajabilidad .....	14
4.4.2. Consolidación o consistencia.....	14

4.4.3.	Hidratación.....	15
4.4.4.	Curado.....	15
4.4.5.	Asentamiento .....	15
4.5.	Propiedades del hormigón endurecido .....	16
4.5.1.	Resistencia .....	16
4.5.2.	Permeabilidad del hormigón .....	16
4.5.3.	Durabilidad del hormigón .....	16
4.6.	Agregados y sus propiedades .....	17
4.6.1.	Influencia de los agregados en el hormigón fresco.....	17
4.6.2.	Influencia de los agregados en el hormigón endurecido.....	18
4.6.3.	Influencia de los agregados con relación al módulo de elasticidad .....	19
4.7.	Agresividad marina en el hormigón .....	20
4.8.	Influencia del agua de mar en el hormigón .....	23
5.	VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DEL ESTUDIO .....	25
6.	HIPÓTESIS .....	26
6.1.	General .....	26
6.2.	Específica .....	26
7.	VARIABLES Y SU OPERACIONALIZACIÓN .....	27
7.1.	Variable dependiente.....	27
7.2.	Variable independiente.....	27
7.3.	Operacionalización.....	27
8.	OBJETIVOS .....	29
8.1.	Objetivo general .....	29
8.2.	Objetivos específicos .....	29
9.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	30
9.1.	Metodología .....	30

9.2.	Población y Muestra.....	30
9.3.	Técnicas de recolección de datos .....	30
9.4.	Instrumentos de recolección de datos .....	31
9.5.	Procesamiento y análisis de datos .....	31
10.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN .....	32
10.1.	Realización de ensayos a los agregados: .....	32
10.2.	Elaboración del diseño de hormigón: .....	32
10.3.	Ensayos de compresión al hormigón:.....	33
10.4.	Características del agua del estuario: .....	37
11.	CONCLUSIONES .....	38
12.	RECOMENDACIONES.....	39
13.	PRESUPUESTO.....	40
14.	CRONOGRAMA.....	41
15.	BIBLIOGRAFÍA .....	42
16.	ANEXOS .....	43
16.1.	Anexo 1 – Ensayos realizados a los agregados de la cantera Megarok.....	43
16.2.	Anexo 2 – Dosificación de diseño del hormigón de 350 kg/cm <sup>2</sup> .....	50
16.3.	Anexo 3 – Índice de Langelier .....	52
16.4.	Anexo 4 – Fotografías. ....	54
16.5.	Anexo 5 – Resultados obtenidos del ensayo a compresión:.....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla # 1 Número de capas requeridas, modo de compactación y profundidad, por probetas.....	7
Tabla # 2 Requisitos para varillas de compactación y número de golpes .....	7
Tabla # 3 Tolerancias para la rotura de cilindros a compresión .....	8
Tabla # 4 Principales causas para la variación de resistencia.....	12
Tabla # 5 Módulo de elasticidad de agregados, Ea.....	20
Tabla # 6 Resistencia obtenida a los 7 días (curado en Agua Potable) .....	33
Tabla # 7 Resistencia obtenida a los 14 días (curado en Agua Potable) .....	34
Tabla # 8 Resistencia obtenida a los 14 días (curado en Agua de Mar) .....	34
Tabla # 9 Resistencia obtenida a los 29 días (curado en Agua Potable) .....	35
Tabla # 10 Resistencia obtenida a los 29 días (curado en Agua de Mar) .....	35
Tabla # 11 Resistencia obtenida a los 38 días (curado en Agua Potable).....	36
Tabla # 12 Resistencia obtenida a los 38 días (curado en Agua de Mar) .....	36
Tabla # 13 Valores de las características del agua del estuario .....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura # 1 Probetas cilíndricas.....	5
Figura # 2 Cono de Abrams .....	6
Figura # 3 Consistómetro de Vebe .....	6
Figura # 4 Base para Flujo .....	6
Figura # 5 Almohadillas no adherentes de neopreno.....	9
Figura # 6 Tipos de fractura del hormigón .....	10
Figura # 7 Efecto que produce la formación de la ettringita en el hormigón .....	22

## RESUMEN

El hormigón se ha caracterizado por ser de gran utilidad dentro de las construcciones civiles debido a sus diversos usos de empleo, a lo largo del tiempo se fue convirtiendo en un material indispensable gracias a su excelente aporte en las estructuras brindando seguridad, confianza y siendo de gran aportación para el desarrollo de grandes obras que han permitido solucionar problemas en distintos países del mundo.

El principal objetivo del presente trabajo de titulación es analizar el comportamiento de la resistencia del hormigón una vez sumergido en el agua de mar, utilizando un diseño de hormigón cuya resistencia es de  $350 \text{ kg/cm}^2$ , el mismo que servirá para realizar un análisis comparativo con los diseños definitivos del puente los caras situado en la ciudad de Bahía de Caráquez.

Los ensayos realizados en el laboratorio determinarán la influencia del agua del estuario en las características físicas y mecánicas que posee el hormigón, siendo su método de análisis el ensayo a la compresión del hormigón, que es el encargado de evaluar la resistencia que obtienen los testigos una vez que entren en contacto con el agua del estuario, cabe recalcar que se realizó el análisis químico del agua al que está sometido los cilindros de hormigón que pueden tener un efecto agresivo que comprometa al desarrollo de su resistencia inicial.

Para el diseño de los cilindros se utilizó materiales de la cantera de Megarok que se encuentra situada en la Parroquia Picoazá perteneciente a la ciudad de Portoviejo, materiales que fueron analizados y ensayados minuciosamente en el laboratorio de suelos de la misma empresa, utilizando implementos que brindan excelente tecnología, lo que permite obtener valores confiables al momento de tomar los datos, que son de suma importancia para la realización del diseño del hormigón que se va a analizar.

## SUMARY

Concrete is known for being very useful in civil construction because of its diverse uses of employment, over time was becoming an indispensable material due to its excellent contribution in providing security structures, trust and being great contribution to the development of major projects that have allowed to solve problems in different countries.

The main objective of this study is to analyze the degree of resistance behavior of concrete when is submerged in sea water, using a design of concrete whose strength is  $350 \text{ kg/cm}^2$ , it will serve to make a comparative analysis the final designs of the bridge the faces located in Bahía de Caráquez city.

The test performed in the laboratory determine the influence of sea water on the physical and mechanical characteristics possessed concrete, and its method of analysis to compression testing of concrete, which is responsible for assessing the resistance obtained witness once in contact with sea water, it should be emphasized that one of the test methods will be the chemical analysis of water which is subject concrete cylinders that can have an aggressive effect that compromises the development of its initial strength.

For the design of the cylinder materials quarry Megarok which is located in the Picoazá parish belonging to Portoviejo city, materials were analyzed and tested thoroughly in laboratory of the soils of the same Company, using tolos that provide used excellent technology, which allows to obtain reliable values when making the data, which are very important to the realization of concrete design is analyzed.

## **1. TEMA**

“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN SIMPLE EN EL AMBIENTE MARINO APLICADO EN LA CIUDAD DE BAHÍA DE CARÁQUEZ – MANABÍ - ECUADOR”

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Bahía de Caráquez tiene una extensión territorial de 764 km<sup>2</sup> de los cuales pertenecen 1400 metros de playa, que se encuentra dividido en 2 tramos, el primero está comprendido con una extensión de 600 metros que corresponde al sector de playa frente del estuario sin olas, y el segundo tramo posee una longitud de 800 metros hacia el Océano pacifico caracterizado por su fuerte oleaje.

Posee una población de 52,158 habitantes (50,12% Hombres, 49,88 Mujeres), con un ritmo de crecimiento de 1% anual.

Ante la problemática que se suele manifestar en las estructuras de hormigón que se encuentran ubicadas en zonas costeras debido a las afectaciones salinas, se procedió a realizar diferentes tipos de ensayos investigativos frente a las costas de Bahía de Caráquez para así luego determinar su resistencia obtenida en los laboratorios de la Universidad Técnica de Manabí.

Para el desarrollo económico y social de una población es importante dotarse de infraestructuras adecuadas que sirvan de interés a la inversión privada, que permita el desarrollo de la provincia y el país.

Las malas dosificaciones y un curado ineficiente han permitido el deterioro temprano en varias construcciones civiles, es por ello que esta investigación se centra también en curar los cilindros de hormigón en agua de mar y de esta manera determinar las afectaciones producidas en las estructuras por efectos a las sales marinas.

### 3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

#### 3.1. Antecedentes

Bahía de Caráquez es una pequeña bahía ubicada en la desembocadura del río Chone, en la provincia de Manabí, en el centro de la costa ecuatoriana, cuenta con una localización geográfica que limita al Norte con el Océano Pacífico, el estuario del Río Chone, cantón San Vicente; al Sur con los cantones Portoviejo y Rocafuerte; al Este con el cantón Tosagua; y al Oeste con el Océano Pacífico.

El empleo del hormigón como un material constructivo ha sido de gran importancia, siendo partícipe de grandes estructuras y edificaciones que se encuentran cimentadas en diversas partes del mundo con una antigüedad considerable que varían desde el siglo del Imperio Romano hasta nuestros días.

A lo largo del tiempo se han venido desarrollando muchas investigaciones con el fin de controlar la agresividad de los sulfatos al hormigón, empleando diversas técnicas, como también volviendo más estrictas las normativas que rigen el código constructivo.

Las patologías que afectaban las estructuras eran notables lo cual se evidenciaba en el aspecto físico que presentaban, el agrietamiento era una de las fallas más notorias en las estructuras que se encontraban expuestas al ambiente marino.

La dosificación cumple un rol fundamental al momento de realizar un diseño de hormigón, de tal manera, que se deben cumplir estrictamente los parámetros que rigen las especificaciones técnicas, ya que si se emplea una buena tecnología en la colocación, compactación, y curado del hormigón se podrá garantizar una excelente resistencia y durabilidad.

Para lograr una dosificación apropiada se debe tener en cuenta la cantidad de agua que se verterá a la mezcla, por esta razón las proporciones de agua y cemento deben tener una relación óptima.

Estudios de campo y laboratorio que se han realizado a lo largo del tiempo han demostrado que una de las principales causas por la cual se ve afectado el hormigón en el ambiente marino se debe a la capilaridad que presenta el hormigón

viéndose de esta manera comprometida su resistencia, reduciendo su tiempo de vida útil y generando daños irreparables y de gran inversión en las estructuras.

### **3.2. Justificación**

Ante los diferentes tipos de problemas que se pueden presenciar en las estructuras que se encuentran en la zona costera en especial las que están expuestas a agentes agresivos debido a la salinidad del ambiente, fue necesario realizar estudios que permitan determinar las causas que deterioran el hormigón, de tal manera, que ayuden a identificar, y a su vez plantear alternativas para una mejor protección de los elementos estructurales.

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad analizar la manera en que influye el comportamiento marino en el hormigón simple, y los posibles problemas eventuales que se susciten en el lugar de estudio. La utilización de materiales granulares de buena calidad se ve reflejado en la resistencia que adquiere el hormigón, así también, una excelente relación a/c será fundamental para lograr los resultados esperados.

Es de admirar la diversidad de obras que se ejecutan en el país en los diferentes campos de la Ingeniería Civil, obras que sin duda alguna serán de mucho beneficio y que aportará para el desarrollo del mismo; el factor económico es el más relevante cuando se menciona obras de aporte social y conlleva a una gran responsabilidad al momento de construirse.

Los Ingenieros Civiles deben estar en toda la capacidad de llevar los proyectos de una manera correcta, cumpliendo estrictamente las especificaciones técnicas y haciendo énfasis en las dificultades que se puedan presentar en el campo constructivo, optimizando de una manera sabia los recursos y generando una relación costo/beneficio que sea factible como es el caso de los mantenimientos emergentes y eventuales.

Este trabajo permitirá a la Universidad Técnica de Manabí, relacionarse en el ámbito comunitario sirviendo de aporte a las investigaciones que se ejecutan en el ambiente marino, además ayudará a las nuevas generaciones universitarias que desarrollan este tipo de proyectos, relacionando y planteando los conocimientos que se imparten en las aulas educativas para su formación profesional.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1. Control de resistencia del hormigón

Para ensayos de resistencia de compresión se utilizan probetas cilíndricas con una altura igual a dos veces su diámetro. Las probetas más comunes son las de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, con el uso cada vez más frecuente de hormigones de mayor resistencia, las probetas de 100 mm de diámetro por 200 mm de altura son más convenientes por requerir menos espacio para su almacenamiento y menos esfuerzo en las prensas para su rotura como se lo muestra en la **Figura #1**.

Un ensayo debe ser el promedio de dos probetas hechas de la misma muestra de hormigón y ensayadas a 28 días o a la edad establecida para la determinación de la resistencia del hormigón a compresión.

De acuerdo con el ACI 318 (5.6.2.1) es necesario hacer no menos de un ensayo por cada día de hormigonado; pero no menos de un ensayo por cada  $110\text{ m}^3$  de hormigón colocado y no menos de un ensayo por cada  $460\text{ m}^2$  de losas o muros colocados.



**Figura # 1 Probetas cilíndricas**

Cuando la cantidad total de una clase determinada de hormigón sea menor que  $38\text{ m}^3$  y se tenga una evidencia de que la resistencia es satisfactoria, no se requieren ensayos de resistencia (5.6.2.3).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Camposano, José A, Inecyc Control por Resistencia Parte I (Instituto Ecuatoriano del cemento y del concreto, 2009), 1-9.

#### 4.1.1. Muestreo del hormigón para preparación de probetas

La muestra de hormigón a utilizarse para las probetas de ensayos de resistencia, deben tomarse de acuerdo con la norma ASTM 172 (INEN 1763) Norma para muestrear hormigón fresco.

Se deben tomar muestras compuestas de un intervalo que no exceda de 15 minutos entre la primera y última porción de la muestra. En ningún debe ser tomada la descarga de la amasada ni en la porción final. La muestra debe tener no menos de 28 litros ( $dm^3$ ).

De las muestras de hormigón obtenidas y como paso previo a preparar las probetas, se debe determinar su revenimiento o asentamiento. Para asentamientos de entre 15 y 230 mm puede usarse el cono de Abrams según la **Figura #2**. Para asentamientos menores que 15 mm debe usarse el Consistómetro de Vebe indicado en la **Figura #3**, que mide el revenimiento en segundos Vebe ASTM C 1170. Para asentamientos mayores que 230 mm debe usarse la base para flujo ASTM C 1611 representado en la **Figura #4**.<sup>2</sup>



Figura # 2 Cono de Abrams

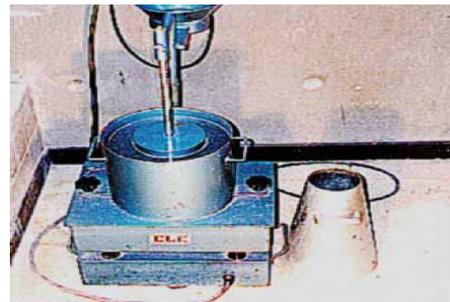


Figura # 3 Consistómetro de Vebe

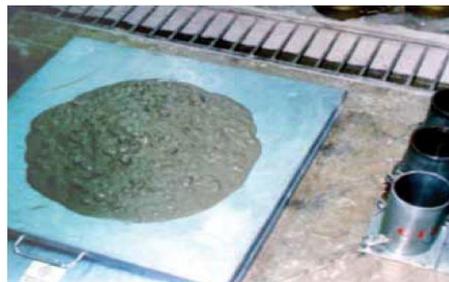


Figura # 4 Base para Flujo

<sup>2</sup> Camposano, José A, Inecyc Control por Resistencia Parte I (Instituto Ecuatoriano del cemento y del concreto, 2009), 1-9.

#### 4.1.2. Preparación de especímenes o probetas de ensayo

Es importante que el ensayo de asentamiento por el cono de Abrams se inicie dentro de los 5 minutos posteriores de completar el muestreo y la preparación de los especímenes dentro de los 15 minutos posteriores a la toma de la muestra de hormigón. El tamaño máximo del agregado no puede ser mayor que un tercio de la menor dimensión del molde. La altura del molde cilíndrico debe ser el doble de su diámetro.

El hormigón debe colocarse en los moldes en capas cuya altura y modo de compactación se reflejan en las **Tablas #1 y #2**:

<b>TABLA N° 1</b>			
Número de capas requeridas, modo de compactación y profundidad, por probeta			
Tipo de altura de la muestra (mm)	Modo de compactación	Numero de capas	Profundidad aproximada de cada capa (mm)
<b>CILINDROS</b>			
Hasta 300	Varillado	Tres iguales	100 o menos
Más de 300	Varillado	Las requeridas	100 o menos

Tabla # 1 Número de capas requeridas, modo de compactación y profundidad, por probetas

<b>TABLA N°2</b>			
Requisitos para varillas de compactación y número de golpes			
Diámetro del cilindro (mm)	Diámetro de la varilla (mm)	Longitud de varilla (mm)	Numero de golpes por cada capa
100	10	300	25
150	16	600	25
200	16	600	50
250 o mayor	16	600	75

Tabla # 2 Requisitos para varillas de compactación y número de golpes

Una vez obtenido las probetas, éstas deben ser colocadas en sitios seguros de la obra, y los moldes deben ser tapados con láminas plásticas para evitar pérdida de humedad del hormigón.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Camposano, José A, Inecyc Control por Resistencia Parte I (Instituto Ecuatoriano del cemento y del concreto, 2009), 1-9.

Luego de 48 horas de su elaboración las probetas pueden ser sacadas de sus moldes para iniciar su curado final, que, de no disponerse de un laboratorio adecuado en obra, debe hacerse en un laboratorio calificado fuera de la obra.

El traslado debe entonces realizárselo en cajas especiales con arena, para comprobar que las probetas no sufrirán por efecto de ese traslado.

El curado debe realizarse de acuerdo con lo establecido en la norma ASTM C 511 (INEN 2528), manteniendo las probetas, hasta la fecha de rotura programada, en una humedad constante de entre 95 y 100% y a una temperatura de  $23 \pm 2^\circ \text{C}$ . Puede hacerse en cámaras de curado o en piletas de inmersión con temperatura regulada.

#### 4.1.3. Ensayos de probeta

Para efectuar la rotura por compresión en especímenes cilíndricos a las edades especificadas, deben cumplirse con las tolerancias indicadas en la **Tabla #3**, ACTM C 39M:<sup>4</sup>

<b>TABLA N°3</b>		
<b>Tolerancias para la rotura de cilindros a compresión</b>		
Variación en el diámetro del cilindro	2 %	
Verticalidad del eje	0,5°	
<b>TIEMPO DE ROTURA</b>		
<b>Edad</b>	<b>Tolerancia</b>	
24 Horas	± 0,5 Horas	
3 Días	2 Horas	
7 Días	6 Horas	
28 Días	20 Horas	
90 Días	2 Días	
<b>VELOCIDAD DE APLICACIÓN DE CARGA</b>		
<b>Diámetro (mm)</b>	<b>MPa/s</b>	<b>KN/s</b>
150	0,20 a 0,30	3,53 a 5,30
100		1,57 a 2,36

Tabla # 3 Tolerancias para la rotura de cilindros a compresión

<sup>4</sup> Camposano, José A, Inecyc Control por Resistencia Parte I (Instituto Ecuatoriano del cemento y del concreto, 2009), 1-9.

Si las caras del cilindro con respecto al plano varían en más de 0,05 mm, estas tienen que ser tratadas para obtener la total planicidad y paralelismo de sus caras. Esto se lo puede conseguir con almohadillas no adherentes de neopreno expresado en la siguiente **Figura #5**.



**Figura # 5** Almohadillas no adherentes de neopreno

Los especímenes cilíndricos deben tener una esbeltez (relación altura diámetro) igual a 2, pero en ocasiones, por diversas circunstancias sobre todo cuando se trata de ensayar núcleos extraídos de hormigón endurecido esta relación difícilmente se cumple, por lo que es necesario realizar correcciones a los resultados de resistencia obtenido.

En los ensayos de resistencia sobre probetas cilíndricas, la velocidad de aplicación de la carga debe estar entre los límites estipulados y esta debe continuar aplicándose hasta cuando se tenga certeza de que se ha alcanzado la capacidad máxima y el indicador de carga señale que está disminuyendo de manera constante.

Los tipos de fractura que se producen en los cilindros de hormigón se indican a continuación en la **Figura #6**:<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Camposano, José A, Inecyc Control por Resistencia Parte I (Instituto Ecuatoriano del cemento y del concreto, 2009), 1-9.

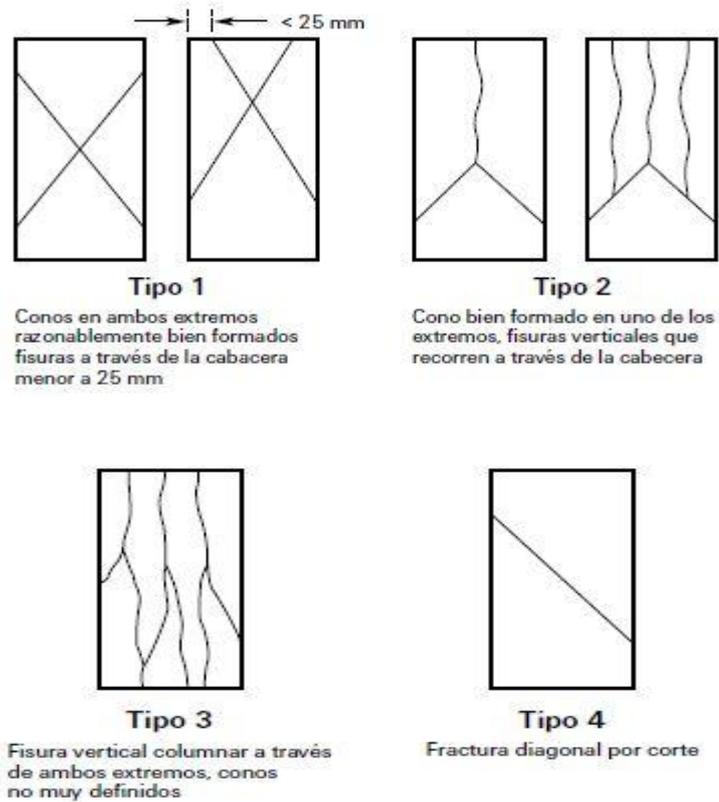


Figura # 6 Tipos de fractura del hormigón

Si la fractura es diferente y la resistencia registrada es menor que la esperada, examine el hormigón fracturado y analice si se presentan vacíos internos o segregación, que son evidencias de una mala elaboración de los cilindros, verifique también que el tratamiento dado a las caras de los cilindros esté de conformidad con las normas y uso de neoprenos, ASTM C 617 y ASTM C 1231.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Camposano, José A, Inecyc Control por Resistencia Parte I (Instituto Ecuatoriano del cemento y del concreto, 2009), 1-9.

## 4.2. Causas de las variaciones de la resistencia del hormigón

Para mantener una producción de hormigón con propiedades constante, se requiere de un estricto control de todos los materiales y de los procesos de fabricación, transporte, colocación, protección, curado y evaluación de resistencia. Las variaciones de la resistencia del hormigón están directamente relacionadas con el grado de control efectuado.

A continuación se indica las principales causas de variación que pueden incidir en la resistencia del hormigón debidos a los materiales.

El cemento, el material que genera la resistencia del hormigón, pueden presentar variaciones y su calidad no ser uniforme; pero esta variación es mínima y posiblemente es la que menos incide en los problemas de resistencia, si es que en una obra no se cambia el tipo y marca del cemento, ya que este es el material que más control tiene en el proceso de producción.

Las variaciones en los áridos o agregados pueden causar significativos cambios en la resistencia del hormigón. Se puede usar el mismo árido de una misma fuente y controlar cuidadosamente su gradación, una variación en esta puede requerir cambios en la cantidad de agua de mezcla y conducir a cambios de resistencia.

Deben controlarse prolijamente las variaciones de humedad en los áridos, en especial el árido fino, esta falta de control y ajuste en la dosificación, producen variaciones importantes en la resistencia del hormigón.

El agua para la mezcla, en lo posible, debe ser agua que se pueda beber o potable, sin embargo, presencias relativamente bajas de azúcares pueden producir problemas en el tiempo de fraguado y desarrollo de resistencia.

Los aditivos se usan de una manera adecuada generarán beneficios sobre las propiedades del hormigón, pero no debe esperarse que estos compensen las mezclas mal dosificadas o las malas prácticas de construcción. Los aditivos deben utilizarse en las proporciones recomendadas por el fabricante deben evitarse sobredosis.

El ACI 214 R-2 presenta la tabla que resume las principales causas de variación de resistencia en el hormigón, la cual es mostrada a continuación en la **Tabla #4**.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Camposano, José A, Inecyc Control por Resistencia Parte II (Instituto Ecuatoriano del cemento y del concreto, 2009), 111-112.

<b>TABLA ACI 214 R-2</b>	
<b>Principales causas para la variación de resistencia</b>	
<b>Variaciones debidas a las propiedades del hormigón</b>	<b>Variaciones debidas a os métodos de ensayo</b>
<p><b>Cambios en la relación a/mc, causados por:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pobre control del agua.</li> <li>✓ Variación excesiva en la humedad de los áridos o mediciones variables de su humedad.</li> </ul>	<p><b>Variación debido a las técnicas de fabricación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Manipulación, almacenamiento y curado de las probetas recién moldeadas.</li> <li>✓ Pobre calidad, daños o distorsiones en los moldes.</li> </ul>
<p><b>Variaciones en el requerimiento de agua causado por:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cambios en la gradación, absorción o forma de la partícula de los áridos.</li> <li>✓ Cambio de propiedades del material cementante o de los aditivos.</li> <li>✓ Cambios de temperatura y en el tiempo de entrega.</li> </ul>	<p><b>Cambio en el curado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Variación en la temperatura.</li> <li>✓ Control de humedad variable.</li> <li>✓ Retrasos en llevar las probetas al laboratorio.</li> <li>✓ Retrasos en iniciar el curado normalizado.</li> </ul>
<p><b>Variación en las características y proporciones de los ingredientes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Áridos.</li> <li>✓ Material cementante, incluyendo puzolanas.</li> <li>✓ Aditivos.</li> </ul>	<p><b>Procedimientos de ensayos incorrectos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Preparación de las probetas.</li> <li>✓ Procedimiento de ensayo.</li> <li>✓ Equipos de ensayo sin calibrar.</li> </ul>
<p><b>Variaciones en el mezclado, transporte, colocación y compactación.</b></p>	
<p><b>Variaciones en la temperatura del hormigón.</b></p>	

**Tabla # 4 Principales causas para la variación de resistencia**

### 4.3. Componentes del hormigón:

El hormigón se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivos.

El hormigón está compuesto por:

- Aglomerantes
- Agregados
- Agua
- Aditivos (Si lo requiere)

**Agregado y aglomerante:** el aglomerante, compuesto del Cemento Portland y el agua, une los agregados (arena y grava o piedra picada) para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua.

Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaño de partículas que pueden llegar hasta 10 mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en el tamiz #16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo del agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm.<sup>8</sup>

### 4.4. Propiedades del hormigón fresco

Suele llamársele así a la etapa del hormigón que abarca la mezcla de todos los materiales, incluyendo el agua, desde que es colocado en su posición final hasta cuándo se ha dado el acabado superficial y curado inicial.

---

<sup>8</sup> Mancini Francisco, Generalidades del hormigón (Universidad de Oriente Núcleo Bolívar, 2014)

#### **4.4.1. Trabajabilidad**

Se considera una propiedad del hormigón mediante el cual se determina su capacidad para ser colocado y consolidado apropiadamente y ser terminado sin segregación dañina alguna.

Sin embargo se podría decir también que la manejabilidad determina la facilidad de colocación y la resistencia a la segregación del hormigón.

El grado de la Trabajabilidad que se requiere para una buena colocación del hormigón se controla por los métodos de colocación, tipo de consolidación y tipo de hormigón. Las diferentes tipos de colocación requieren diferentes niveles de trabajabilidad.

Los factores que influyen en la trabajabilidad del hormigón son:

1. El método y la duración del transporte.
2. Cantidad y características de los materiales cementantes.
3. Consistencia del hormigón.
4. Tamaño, forma y textura superficial de los agregados finos y gruesos.
5. Aire incluido (aire incorporado).
6. Cantidad de agua.
7. Temperatura del hormigón y aire.
8. Aditivos.

#### **4.4.2. Consolidación o consistencia**

Es la capacidad del hormigón recién mezclado para fluir. En gran parte determina también la facilidad de la compactación del hormigón fresco, para moldearlo dentro de las cimbras (encofrados) y alrededor de los artículos insertos y del refuerzo, y para eliminar la concentración de piedras, agujeros y aire atrapado. En el hormigón con aire incluido, la consolidación no debe remover cantidades significativas de aire intencionalmente incluido.

Normalmente, los métodos mecánicos que usan vibración interna o externa son los métodos preferidos de consolidación.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Mancini Francisco, Generalidades del hormigón (Universidad de Oriente Núcleo Bolívar, 2014)

El estado de fluidez, es decir que tan dura (seca) o blanda (fluida) es una mezcla de hormigón cuando se encuentra en estado plástico, por lo que se dice que es el grado de humedad de la mezcla.

Si su consistencia esta seca: su asentamiento varía entre de 0 – 1” (0 – 2,54 cm).

Si es húmeda: varía entre 1 – 3” (2,54 cm – 7,61 cm).

Si es plástica: varía entre 3 – 5” (7,61 cm – 12,7 cm).

#### **4.4.3. Hidratación**

La propiedad de mezclarse las pastas de cemento portland se debe a la reacción química entre el cemento y el agua llamada hidratación. El agua es el componente del hormigón que entra en contacto con el cemento generando el proceso de hidratación, que desencadena una serie de reacciones que terminan entregando al material sus propiedades físicas y mecánicas, su buen uso se convierte en el parámetro principal de la evaluación para establecer el deficiente desempeño del hormigón en la aplicación.

#### **4.4.4. Curado**

Es el proceso por el cual se usa mantener saturado el hormigón hasta que los espacios del cemento fresco, originalmente llenos de agua sean reemplazados por los productos de la hidratación del cemento. El curado pretende controlar el movimiento de temperatura y humedad hacia dentro y hacia fuera del hormigón, busca también, evitar la contracción de fraguado hasta que el concreto alcance a una resistencia mínima que le permita soportar los esfuerzos inducidos por ésta.

La falta de curado del hormigón reduce drásticamente su resistencia.

#### **4.4.5. Asentamiento**

Es la migración del agua hacia la superficie del hormigón en estado fresco, provocada por el asentamiento de los materiales solidos; este asentamiento es consecuencia del efecto combinado de la vibración durante la compactación y gravedad.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Mancini Francisco, Generalidades del hormigón (Universidad de Oriente Núcleo Bolívar, 2014)

## **4.5. Propiedades del hormigón endurecido**

Una vez fraguado el hormigón, empieza a adquirir su resistencia de diseño lo cual se ve reflejado durante su etapa de endurecimiento que ocurre en el plazo de 28 días, tiempo en el cual se estima que el hormigón obtiene su resistencia al 100%.

### **4.5.1. Resistencia**

La resistencia es una de las propiedades más importante del hormigón, principalmente cuando se utiliza con fines estructurales. El hormigón, en su calidad de constituyente de un elemento estructural, queda sometido a tensiones derivadas de las solicitaciones que actúan sobre éste. Si sobrepasa su capacidad resistente se producirán fracturas, primero de origen local y posteriormente generalizadas, que podrán afectar la seguridad de la estructura.

### **4.5.2. Permeabilidad del hormigón**

El hormigón es un material permeable, es decir que, al estar sometido a presión de agua exteriormente, se produce escurrimiento a través de su masa. El grado de permeabilidad del hormigón depende de su constitución, estando normalmente comprendido su coeficiente de permeabilidad entre  $10^{-6}$  y  $10^{-10}$  cm/seg.

### **4.5.3. Durabilidad del hormigón**

Durante toda su vida útil, el hormigón está permanentemente expuesto a las acciones provenientes de agentes externos e internos, que pueden afectar su durabilidad si no se les tiene debidamente en cuenta. De acuerdo a su origen estas acciones pueden ser producidas por agentes físicos o químicos.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Jaime Gómez Jurado Sarria, Tecnología y Propiedades (Instituto del Concreto ASOCRETO).

## **4.6. Agregados y sus propiedades**

El 100% de los hormigones que se elaboran en México ocupan para su fabricación agregados que pueden ser obtenidos de dos fuentes: en depósitos de origen natural (ríos, playas, etc.), y como productos de trituración de rocas.

Desde el punto de vista de su tamaño, los agregados se dividen en dos grupos: los agregados finos y los agregados gruesos.

Los primeros consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaño de partícula que van desde 5mm hasta mayores de 60 $\mu$ m; los segundos son aquellos cuyas partículas son mayores a 5mm y hasta 125mm.

De acuerdo a su peso específico los agregados se dividen en ligeros, normal y pesados; estas diferencias los hacen aptos para producir concreto con cierta variedad en el peso unitario, el cual es una característica básica del material.

Algunas otras propiedades físicas de los agregados son: la forma y textura de las partículas, la porosidad, la absorción, la densidad, la adherencia, la resistencia, etc. También es de suma importancia la granulometría de los agregados, y el tamaño máximo del agregado (para la grava), tanto en el comportamiento del hormigón en estado plástico, como en su estado endurecido.

La resistencia del agregado no es usualmente el principal factor que afecta la resistencia del hormigón, porque la partícula del agregado suele ser mucho más fuerte que la matriz y la zona de transición.

### **4.6.1. Influencia de los agregados en el hormigón fresco**

La absorción es quizás la propiedad del agregado que más influye en la consistencia del hormigón, puesto que las partículas absorben agua directamente en la mezcladora, disminuyendo la manejabilidad de la mezcla.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> José Luis Chan Yam; Rómel Solís Carcaño, Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto, 2003.

Si dos tipos de agregados tienen absorción similar, otros factores secundarios serán de importancia en la consistencia de la mezcla, tales como forma, tamaño y graduación; ya que mayor superficie del agregado sea necesario cubrir con pasta, se tendrá menos fluidez. Una buena consistencia y manejabilidad de la mezcla se obtiene con la combinación de índices bajos de absorción y un coeficiente bueno de forma, en donde las partículas son aproximadamente redondas.

Por otro lado, si el contenido de cemento se incrementa se afecta la consistencia del hormigón; este incremento permite agregar más agua a la mezcla para mantener la relación agua/cemento.

La forma de los agregados tiene incidencia sobre la trabajabilidad del hormigón fresco. Las formas básicas de estos se pueden clasificar en 4 tipos, que son: equidimensional o esférica, prismática, tabular o elíptica, e irregular. De todas éstas, la que mayor problema puede ocasionar para la trabajabilidad es la de tipo tabular que además está alargada (conocida como piezas planas y alargadas); estas piezas pueden provocar disminución en la trabajabilidad ya que muy fácilmente pueden orientarse de manera preferencial en un solo plano, de manera que el agua y el espacio poroso pueden acumularse debajo de ellas. Además, gravas con esta forma ocasionen mayores requerimientos de arenas y eso hace necesario un incremento en el volumen de agua para la mezcla.

Por último, en el agregado grueso un contenido excesivo de materiales finos puede provocar problemas similares en el hormigón a los que suele causar una arena con un módulo de finura menor a 2,2. Por medio de la prueba por lavado se puede determinar este contenido, cuyo resultado se expresa como un porcentaje de la muestra.<sup>13</sup>

#### **4.6.2. Influencia de los agregados en el hormigón endurecido**

La roca triturada produce una adherencia superior comparada con la grava de canto rodado; aunque la adherencia también tiene influencia la relación a/c que afecta tanto física como químicamente la zona de interface.

---

<sup>13</sup> José Luis Chan Yam; Rómel Solís Carcaño, Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto, 2003.

Se ha observado que hormigones con bajos contenidos de agregados resisten altos esfuerzos a la edad de un día, excepto los hechos con grava triturada.

En contraparte los hormigones con alto contenido de agregados presentan bajas resistencias de compresión a edades tempranas, fallando probablemente por la concentración de esfuerzos alrededor de los agregados, ya que en estos sus propiedades físicas no varían con el tiempo, mientras que la resistencia y el módulo de elasticidad de la pasta de cemento están todavía por debajo de su valor final.

Una propiedad de los agregados que resulta ser de vital importancia es la densidad, ya que si se emplea un material con una buena densidad ( $\geq 2,25$ ) el concreto resultante podría ser mayor o igualmente denso, lo cual tendrá una influencia directa sobre el peso volumétrico y la resistencia a la compresión del mismo.

Por otro lado, es conocido que a mayor porosidad mayor fuerza de adhesión, de manera que los agregados gruesos con una mayor densidad y resistencia al desgaste presentan una menor porosidad, y como consecuencia menor adherencia y cantidad de finos que pasan por la malla N° 200.

Los agregados contaminados pueden ser causa de reducción de la resistencia a la compresión del concreto; y además pueden contener sustancias nocivas que afectan químicamente al material de diversas formas.

Un porcentaje máximo en volumen de agregados, sobre todo grueso, tienen un efecto positivo tanto en su resistencia, como en sus características de flujo plástico, contracción por secado y permeabilidad, hecho que se presenta debido a que la pasta del cemento endurecido constituye el elemento más débil.<sup>14</sup>

#### **4.6.3. Influencia de los agregados con relación al módulo de elasticidad**

El módulo de elasticidad del concreto es afectado por el módulo de elasticidad del agregado y por el contenido volumétrico contenido en el hormigón. Debido a que el módulo de elasticidad del agregado es raramente conocido, algunas expresiones

---

<sup>14</sup> José Luis Chan Yam; Rómel Solís Carcaño, Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto, 2003.

para el módulo de elasticidad del hormigón permiten que el del agregado se sustituya por un coeficiente que este en función de la densidad del concreto.<sup>15</sup>

En la siguiente **Tabla #5**, se presentan valores típicos de elasticidad de los agregados, que se encuentran en el Ecuador:<sup>16</sup>

<b>MÓDULOS DE ELASTICIDAD DE AGREGADOS, Ea</b>		
<b>TIPO</b>	<b>PROCEDENCIA</b>	<b>Ea (GPa)</b>
Caliza (Fmc. San Eduardo)	Guayaquil - Guayas	67,9
Chert (Fmc. Guayaquil)	Guayaquil - Guayas	15,8
Diabasa (Fmc. Piñón)	Chivería – Guayas	89,3
Tonalita	Pascuales - Guayas	74,9
Basalto (Fmc. Piñón)	Picoazá – Manabí	52,5
Basalto	Pifo – Pichincha	27,2
Ígnea (Andesitas, basaltos, granodioritas)	Rio Jubones – El Oro	110,5
Volcánicas	La Península - Tungurahua	17,5

**Tabla # 5 Módulo de elasticidad de agregados, Ea**

#### **4.7. Agresividad marina en el hormigón**

En el caso del concreto de la exposición marina, donde es mucho más frecuente la exposición de estructuras en las zonas de las franjas costeras que en zonas de movimiento de mareas o sumergidas en el mar, se ha considerado establecer niveles de agresividad muy altas, alta y media, para diferenciar las distancias de las obras a la línea costera, este criterio difiere del asumido de otras alternativas similares.<sup>17</sup>

Las distancias indicadas son tentativas y es convenientes ajustarlos a las características de cada país, pues si bien está comprobado que los niveles de salinidad del mar en las zonas costeras que reciben aportes reducidos de agua dulce son más elevados que en los océanos y mares por efectos de una mayor

<sup>15</sup> José Luis Chan Yam; Rómel Solís Carcaño, Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto, 2003.

<sup>16</sup> Norma ecuatoriana de la construcción (NEC), 2015

<sup>17</sup> Toirac Corral, José, La resistencia a la compresión del hormigón, Vol. XXXIV, núm. 4 (Santo Domingo / República Dominicana, 2009), 486-487.

evaporación, las costas que reciben caudales importantes de ríos, presentan por lo general menores concentraciones de sales.

Además de esto también se han encontrado diferencias significativas en la cantidad de sustancias disueltas en el agua a lo largo de una misma línea costera y a distintas profundidades, por lo que siempre es recomendable que a las estructuras que van a quedar sometidas a la acción de las mareas o sumergidas en el mar, se le efectúen estudios particularizados pues en ellas se combinan los tipos de deterioro por la corrosión del acero de refuerzo y el ataque químico directo al hormigón.

Considerando que el cumplimiento de una relación agua/cemento máxima de 0,40 es la primera condición de carácter imprescindible para poder lograr un hormigón durable para ciertos ambientes de agresividad, como el ejemplo que nos ocupa, y solo es posible alcanzarla mediante el uso de los aditivos químicos plastificantes o superplastificantes. Bajo estas condiciones se limita al mínimo el agua en exceso dentro del hormigón que es la responsables de generar los poros capilares por los que penetran posteriormente los agentes agresivos.

Es importante decir que el hormigón solo necesita para sus reacciones de hidratación una relación a/c aproximada de 0,20 a 0,25, el resto del agua es de trabajabilidad, o sea la que se usa para poder amasar adecuadamente los materiales, transportar, verter y colocar la mezcla sin sufrir segregaciones y llenar adecuadamente el molde. Parte de esta agua se pierde con posterioridad dejando los indeseables poros. Algunos proyectos aun reflejan un valor fijo de revenimiento como requisito a cumplir por el hormigón como garantía necesaria para el logro de su resistencia.<sup>18</sup>

La resistencia del hormigón al ataque químico no solo depende de la resistencia del hormigón, sino que también de su compacidad y lógicamente de la impermeabilidad que pueda lograrse.

El primer factor depende del tipo de cemento (fundamentalmente la composición mineralógica del Clinker y de la proporción de la relación a/c entre otros), y el

---

<sup>18</sup> Toirac Corral, José, La resistencia a la compresión del hormigón, Vol. XXXIV, núm. 4 (Santo Domingo / República Dominicana, 2009), 486-487.

segundo, la compacidad, depende principalmente de un concreto diseño, elaboración, ejecución, colocación, compactación y curado.

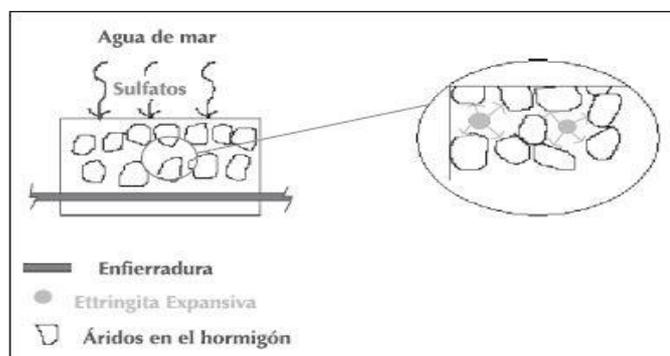
La agresividad del agua de mar debe necesariamente dividirse en dos: una producida por la degradación del hormigón debida a la acción de sales agresivas y otra por los procesos de corrosión de las armaduras, facilitados por la elevada humedad ambiental y fundamentalmente por el aporte de iones cloruros.

Es conveniente considerar el efecto de la presencia de iones cloruros con la de sulfatos. Los iones cloruros inhiben o atenúan en cierta medida la acción de los sulfatos, ya que son capaces de reaccionar con los aluminatos cálcicos del cemento, dando lugar cloroaluminatos de calcio hidratado (más conocido como sal de Friedel), que no es expansivo o no lo es en la misma medida que en la ettringita (producto de la acción de los sulfatos +  $C_3A$ ).<sup>19</sup>

Por lo tanto el aluminio que reacciona con los iones cloruros queda bloqueado por la formación de sal de Friedel, e impedido para formar ettringita, mucho más expansiva, con lo cual la potencialidad de la expansión queda muy reducida.

Si la cantidad de aluminato tricálcico del Clinker y el grado de saturación es elevada, los cloruros existentes en el agua del mar no pueden evitar la formación de ettringita.

En la siguiente **Figura #7** se observa el efecto que produce la formación de la ettringita en el hormigón.



**Figura # 7 Efecto que produce la formación de la ettringita en el hormigón**

<sup>19</sup> Ana María Carbajal; Felipe Lambert, Revista de la Construcción, Durabilidad de Estructuras Portuarias en el Hormigón, Volumen 5 - N° 1, (Escuela de Construcción Civil Chile, 2006), 36.

Una vez que los sulfatos han penetrado en el hormigón, comienzan a crearse tensiones internas, las cuales terminan rompiendo el recubrimiento de la estructura y dejando al descubierto las armaduras.

Es importante destacar que también los factores físicos, especialmente la homogeneidad, la compactación e impermeabilidad del hormigón influye acelerando o frenando en el tiempo la marcha del fenómeno de la corrosión, tanto o más que la resistencia del cemento a los agentes agresivos.<sup>20</sup>

#### **4.8. Influencia del agua de mar en el hormigón**

La concentración total de sales del agua de mar difiere en las distintas partes del mundo; en algunas regiones el agua de mar está menos diluida. Sin embargo, los elementos constitutivos del agua de mar son básicamente constantes.

En las regiones y templadas la concentración es menor que en las regiones cálidas; la concentración es particularmente elevada en las regiones costeras poco profundas con tasas de evaporación diaria excesiva.

Cuando se construyen estructuras de hormigón en áreas costeras reclamadas al mar, si las fundaciones se encuentran por debajo del nivel del agua salobre, la succión capilar y la evaporación pueden provocar supersaturación y cristalización en el hormigón por encima del nivel del terreno, lo cual provocaría tanto un ataque químico sobre el hormigón (sulfatos) como la agravación de la corrosión del acero (cloruros).

En las regiones de clima tropical la combinación de estos efectos perjudiciales pueden provocar graves defectos en el hormigón en apenas unos pocos años.

La reacción del hormigón maduro con los iones sulfatos del agua del mar es similar a la que ocurre con los iones de sulfatos presentes en el agua dulce o lixiviados de los suelos, pero por sus defectos son diferentes. La concentración de iones sulfatos en el agua de mar puede aumentar a niveles elevados debido a la acción capilar y evaporación bajo condiciones climáticas extremas. Sin embargo la presencia de iones cloruros altera la magnitud y la naturaleza de la reacción química, de manera que un cemento con un determinado contenido de  $C_3A$  (aluminato tricálcico)

---

<sup>20</sup> Ana María Carbajal; Felipe Lambert, Revista de la Construcción, Durabilidad de Estructuras Portuarias en el Hormigón, Volumen 5 - N° 1, (Escuela de Construcción Civil Chile, 2006), 36.

calculado produce menos expansión que la que se anticiparía para el mismo cemento expuesto a agua dulce con el mismo contenido de iones de sulfatos. El comportamiento de los hormigones continuamente sumergidos en el agua de mar y elaborados con cementos ASTM C 150 con contenidos de  $C_3A$  de hasta 10% ha resultado satisfactorio, siempre que la permeabilidad del hormigón no sea elevada. El hormigón se debería diseñar y construir de manera de minimizar los anchos de fisura, limitando así el exceso del agua de mar a las armaduras. Además, el hormigón debería alcanzar una madurez equivalente mayor o igual de 500 psi (35 MPa) a los 28 días al estar totalmente expuesto al agua de mar.

Los recubrimientos conductores que se aplican en el momento de la construcción como parte de un sistema de protección catódica pueden proveer protección adicional a los hormigones parcialmente sumergidos o que llegan al agua salobre subterráneo. Los recubrimientos de silano, los cuales repelen el agua, han demostrado tener excelentes características de protección.<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> ACI 201.2R-01, Guía para la Durabilidad del Hormigón, 2001, 17.

## 5. VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DEL ESTUDIO

**TEMA:** “ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN SIMPLE EN EL AMBIENTE MARINO APLICADO EN LA CIUDAD DE BAHÍA DE CARÁQUEZ – MANABÍ – ECUADOR”

**EN LO SOCIAL:** Los resultados adquiridos que brindó la investigación da a entender que si se puede construir diferentes tipos de obra de hormigón simple en la ciudad de Bahía de Caráquez, tales como aceras y bordillos, muros de protección, etc.

**EN LO ECONÓMICO:** El diseño demuestra que los agregados de la cantera Megarok poseen importantes propiedades que brinda una óptima resistencia lo que facilitaría a no adquirir agregados de otras ciudades del país, lo cual nos conlleva a incrementar los costos que encarecen las obras de Ingeniería Civil.

**EN LO CIENTÍFICO:** Siendo esta investigación básica se sugiere que se realice un estudio más minucioso en lo que respecta al hormigón simple en diferentes ambientes marinos; en nuestra investigación los resultados de nuestra resistencia promedio se vio influenciada en un incremento del 21,20% de la resistencia del diseño que fue de  $350 \text{ kg/cm}^2$

## **6. HIPÓTESIS**

### **6.1.General**

El curado del hormigón utilizando el agua de mar incide en el desarrollo de su resistencia, de tal manera que permite mediante esta investigación determinar modelos alternativos de diseño para la durabilidad de las estructuras y el beneficio de la comunidad.

### **6.2.Específica**

Los materiales granulares utilizados de la cantera Megarok ubicada en la parroquia Picoazá, ayudarán a generar la resistencia esperada en el diseño del hormigón.

## 7. VARIABLES Y SU OPERACIONALIZACIÓN

### 7.1.Variable dependiente

Resistencia del hormigón simple

### 7.2.Variable independiente

Ambiente marino

### 7.3.Operacionalización

**Variable dependiente:** Resistencia del hormigón simple.

CONCEPTO	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICA/ INSTRUMENTO
El hormigón simple es un material que soporta esfuerzos a la compresión, el cual está constituido por cuatro materiales básicos como son: cemento, arena, grava y agua.	Ensayos de resistencia del hormigón.	Peso Unitario Gravedad Específica Granulometría Asentamiento o Revenimiento	Los agregados de la cantera de Megarok incrementan la resistencia del diseño.	Observaciones Ensayos de laboratorio

**Variable independiente:** Ambiente Marino

<b>CONCEPTO</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ÍTEMS</b>	<b>TÉCNICA/ INSTRUMENTO</b>
Ecosistema que delimita el perfil costanero, conformado por grandes masas de agua que posee propiedades salinas.	Análisis de la agresividad del agua	Temperatura Alcalinidad Dureza PH	La influencia de los cloruros mejora la resistencia del diseño del hormigón simple.	Observaciones  Ensayos de laboratorio

## **8. OBJETIVOS**

### **8.1.Objetivo general**

Analizar la resistencia del hormigón simple en el ambiente marino aplicado en la ciudad de Bahía de Caraquez, para proponer alternativas de diseño de dosificación.

### **8.2.Objetivos específicos**

- Conocer la manera que influye el agua de mar en el hormigón.
- Realizar los respectivos ensayos de laboratorio para una correcta dosificación del hormigón.
- Identificar las diferentes resistencias que se producen dentro del ambiente marino y fuera de éste.
- Determinar el comportamiento de las características ambientales de la zona de estudio.

## 9. DISEÑO METODOLÓGICO

### 9.1. Metodología

Este trabajo de titulación, es de carácter experimental e investigativo, porque mediante los análisis de los agregados que se desarrollarán en el laboratorio se pretende mejorar la resistencia del hormigón simple en ambientes marinos, utilizando agregados de nuestra zona de estudio.

### 9.2. Población y Muestra

Se utilizaron como muestra la cantidad de 21 cilindros, de los cuales 12 fueron curados en agua potable y los restantes en agua de mar. Obteniendo los siguientes parámetros:

MUESTRAS	DÍAS DE CURADO			
	7	14	28	38
Agua potable	3 unidades	3 unidades	3 unidad	3 unidades
Agua de mar (Pila #12)	X	1 unidad	1 unidad	1 unidad
Agua de mar (Pila #24)	X	1 unidad	1 unidad	1 unidad
Agua de mar (Pila #36)	X	1 unidad	1 unidad	1 unidad

### 9.3. Técnicas de recolección de datos

Se utilizaron técnicas de recolección de datos como:

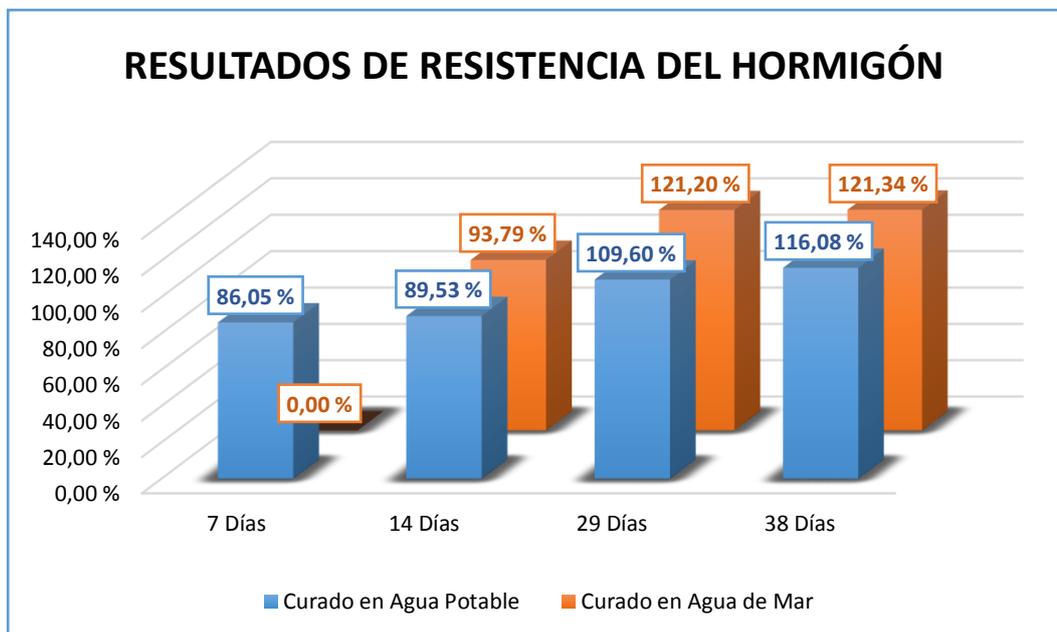
- La investigación documental.
- Páginas Web.
- La observación en situ.
- Ensayos de laboratorio.

#### 9.4. Instrumentos de recolección de datos

Mediante hojas de cálculo de diseño de hormigón se realizó la recopilación de datos; además ejecutó ensayos de laboratorio que nos permitieron definir las propiedades de los agregados de la cantera Megarok.

#### 9.5. Procesamiento y análisis de datos

Con el objeto de obtener una mayor resistencia, se realizó la investigación documental de los diseños de hormigón. Por lo antes mencionado se aplicaron los diferentes tipos de ensayos a los agregados tales como: peso unitario, gravedad específica, granulometría junto con las condiciones establecidas, los cuales son de dominio exclusivo por los autores de éste trabajo de titulación.



En el gráfico se puede demostrar las diferentes resistencias obtenidas de los cilindros de hormigón curados en agua potable y en agua de mar, valores que se encuentran representados en porcentajes, los cuales fueron determinando su resistencia en el lapso de tiempo escogido para su análisis (7,14,28,38) Días.

## 10. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

### 10.1. Realización de ensayos a los agregados:

Se realizaron los ensayos de gravedad específica, peso unitario y granulometría, a los materiales granulares en el laboratorio de suelos de la cantera Megarok ubicada en la parroquia Picoazá, ensayos que permitieron determinar las propiedades que poseen los agregados; datos que serán de gran importancia al momento de realizar la dosificación del hormigón, cuyos resultados se reflejan en el **Anexo #1**.

Dentro de los análisis de estudio que se le realizaron a los agregados estimamos para el diseño los materiales de ½ pulg. (Piedra #6), ¾ pulg. (Piedra #7) y arena homogenizada.

### 10.2. Elaboración del diseño de hormigón:

Una vez obtenido los datos de las propiedades que poseen los materiales de la cantera Megarok, procedimos a realizar una visita a las instalaciones de la Empresa Constructora “Ciudad Rodrigo”, ubicada en la ciudad de Manta – Manabí, lugar donde se nos brindó las facilidades para emprender la realización de los cilindros de hormigón.

Para nuestro diseño de hormigón de 350 kg/cm<sup>2</sup> trabajamos con el Cemento Holcim Tipo HE (alta resistencia inicial). Utilizamos una hoja de Excel en la cual empleamos las especificaciones técnicas que rige el código del ACI como se muestra en el **Anexo #2**, de tal manera que nos permita obtener muestras que ofrezcan seguridad y confianza en el desarrollo de su resistencia.

Mediantes los valores dados en la hoja de cálculo se determinó el peso por material y su respectiva relación a/c, lo que permitió el desarrollo de la mezcla de hormigón para posteriormente ensayar el asentamiento mediante el cono de Abrams, y de esta manera analizar si los parámetros de revenimiento se encuentran en un valor óptimo que permita adquirir una fluidez efectiva sin afectar las propiedades del concreto en el llenado de los cilindros, que de una u otra manera se ve reflejado en la resistencia debido a la mala compactación o mal vibrado de la mezcla, como también el exceso de agua producido por la humedad de los materiales; por este

motivo se debe calcular la humedad de los agregados antes de ser vertidos a la concretera.

Se elaboraron 21 cilindros de hormigón que una vez desencofrados lo sometimos a su respectivo curado, debido a la exigencia de éste trabajo de titulación se procedió a sumergir 12 cilindros en agua potable y los restantes en agua de mar que fueron colocados en las vigas de enlace del puente Los Caras de Bahía de Caráquez, siendo elegidas las pilas #12, #24, #36 como zona de estudio debido a la variación de las mareas que suelen ser bajas y altas en un intervalo de tiempo.

### 10.3. Ensayos de compresión al hormigón:

Una vez cumplido el tiempo estimado para comprobar su resistencia (a los 7, 14, 28, 38 días) se realizaron los ensayos de compresión en la Universidad Técnica de Manabí para corroborar que la evolución de la resistencia generada a través de los días cumpla con lo especificado en las normas que rigen el Código Constructivo. Se pudo determinar que a los 7 días del curado de los testigos en el agua potable la resistencia obtenida fue satisfactoria, como lo indica en la **Tabla #6:**

MUESTRAS DE ANALISIS	AGUA POTABLE						% TOTAL
	PRUEBA REALIZADA A LOS 7 DÍAS DE CURADO - (07/10/2015)						
	PESO (g)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	RESISTENCIA		%	
MPa				kg/cm <sup>2</sup>			
CILINDRO 1	3920	10,2	20,1	29,07	296,51	84,72	86,05
CILINDRO 2	3885	10,2	20,1	30	306,00	87,43	
CILINDRO 3	3867	10,2	20,1	29,51	301,00	86,00	

*Tabla # 6 Resistencia obtenida a los 7 días (curado en Agua Potable)*

Los siguientes valores que se muestran en las **Tablas #7 y #8** son los obtenidos a los 14 días de su curado tanto en agua potable como también en agua de mar. Se pudo demostrar que existe un valor excedente de 4,26% con respecto a su resistencia adquirida en aguas salinas.

MUESTRAS DE ANALISIS	AGUA POTABLE						% TOTAL
	PRUEBA REALIZADA A LOS 14 DÍAS DE CURADO - (14/10/2015)						
	PESO (g)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	RESISTENCIA		%	
MPa				kg/cm <sup>2</sup>			
CILINDRO 1	3910	10,2	20,2	30,77	313,85	89,67	89,53
CILINDRO 2	3900	10,2	20,2	30,67	312,83	89,38	
CILINDRO 3	3890	10,2	20,2	30,73	313,45	89,56	

*Tabla # 7 Resistencia obtenida a los 14 días (curado en Agua Potable)*

MUESTRAS DE ANALISIS	AGUA DE MAR						% TOTAL
	PRUEBA REALIZADA A LOS 14 DÍAS DE CURADO - (14/10/2015)						
	PESO (g)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	RESISTENCIA		%	
MPa				kg/cm <sup>2</sup>			
CILINDRO 1	3951	10,1	20,1	32,43	330,79	94,51	93,79
CILINDRO 2	3943	10,1	20,1	31,99	326,30	93,23	
CILINDRO 3	3920	10,1	20,1	32,13	327,73	93,64	

*Tabla # 8 Resistencia obtenida a los 14 días (curado en Agua de Mar)*

Los resultados obtenidos mediante los ensayos de compresión que se le realizaron a los cilindros de hormigón en el tiempo de 29 días cumplieron con lo establecido por las normas, dándonos como resultado un valor superior al 100% de su resistencia de diseño, de tal manera que se puede evidenciar que los valores obtenidos en los testigos sumergidos en agua de mar fueron superiores que los de curado en agua potable con un factor referencial del 11,6 %, como se identifica en las **Tablas #9 y #10**.

MUESTRAS DE ANALISIS	AGUA POTABLE						% TOTAL
	PRUEBA REALIZADA A LOS 29 DÍAS DE CURADO - (29/10/2015)						
	PESO (g)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	RESISTENCIA		%	
MPa				kg/cm <sup>2</sup>			
<b>CILINDRO 1</b>	3905	10,2	20,1	37,24	379,85	108,53	109,60
<b>CILINDRO 2</b>	3915	10,2	20,3	38,04	388,01	110,86	
<b>CILINDRO 3</b>	3880	10,2	20,2	37,55	383,01	109,43	

*Tabla # 9 Resistencia obtenida a los 29 días (curado en Agua Potable)*

MUESTRAS DE ANALISIS	AGUA DE MAR						% TOTAL
	PRUEBA REALIZADA A LOS 29 DÍAS DE CURADO - (29/10/2015)						
	PESO (g)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	RESISTENCIA		%	
MPa				kg/cm <sup>2</sup>			
<b>CILINDRO 1</b>	3954	10,2	20,2	40,86	416,77	119,08	121,20
<b>CILINDRO 2</b>	3932	10,2	20,1	41,01	418,30	119,51	
<b>CILINDRO 3</b>	3974	10,1	20,2	42,89	437,48	124,99	

*Tabla # 10 Resistencia obtenida a los 29 días (curado en Agua de Mar)*

Como medida de análisis obtuvimos un cuarto punto en la toma de datos de ensayos de los cilindros que fue sometido a la compresión con un periodo de tiempo de 38 días como se refleja en las **Tablas #11 y #12**; este valor nos permite determinar si se incrementa o se mantiene la resistencia que fue obtenida a los 29 días, en la cual estiman las normas que el hormigón debe obtener una resistencia mayor o iguala al 100%.

MUESTRAS DE ANALISIS	AGUA POTABLE						% TOTAL
	PRUEBA REALIZADA A LOS 38 DÍAS DE CURADO - (07/11/2015)						
	PESO (g)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	RESISTENCIA		%	
MPa				kg/cm <sup>2</sup>			
<b>CILINDRO 1</b>	3911	10,2	20,2	39,37	401,57	114,74	116,08
<b>CILINDRO 2</b>	3900	10,2	20,2	39,40	401,88	114,82	
<b>CILINDRO 3</b>	3897	10,2	20,2	40,71	415,24	118,64	

*Tabla # 11 Resistencia obtenida a los 38 días (curado en Agua Potable)*

MUESTRAS DE ANALISIS	AGUA DE MAR						% TOTAL
	PRUEBA REALIZADA A LOS 38 DÍAS DE CURADO - (07/11/2015)						
	PESO (g)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	RESISTENCIA		%	
MPa				kg/cm <sup>2</sup>			
<b>CILINDRO 1</b>	3984	10,2	20,3	41,51	423,40	120,97	121,34
<b>CILINDRO 2</b>	3939	10,2	20,3	41,93	427,69	122,20	
<b>CILINDRO 3</b>	3931	10,2	20,3	41,47	422,99	120,86	

*Tabla # 12 Resistencia obtenida a los 38 días (curado en Agua de Mar)*

#### 10.4. Características del agua del estuario:

Debido a las exigencias de éste trabajo de titulación se procedió a realizar un análisis químico de las características que posee el agua de mar, con el objetivo de conocer las propiedades de las mismas. Se tomaron tres puntos referenciales situados en: la Pila #12, la Pila #24 y la Pila #36 ubicada en el puente Los Caras de Bahía de Caráquez, los cuales fueron elegidos por ser los puntos de estudio en la realización del curado de los cilindros de hormigón.

Dentro de los estudios que se le realizaron al agua de mar tenemos: la temperatura, potencial de hidrógeno (PH), dureza y alcalinidad, datos que se pueden demostrar en la **Tabla #13**.

PUNTO DE ANÁLISIS	ENSAYOS DE ANÁLISIS QUIMICO				
	SOLIDOS TOTALES	TEMP. (°C)	PH	DUREZA (ppm)	ALCALINIDAD (ppm)
<b>PILA #12</b>	4326	28,4	7,8	8 ml * 17 = 136	1,6 ml * 20 = 32
<b>PILA #24</b>	4341	28,5	7,6	16,25 ml * 17 = 276,25	1,5 ml * 20 = 30
<b>PILA #36</b>	4241	28	7,6	12,50 ml * 17 = 212,50	1,3 ml * 20 = 26

*Tabla # 13 Valores de las características del agua del estuario*

Con los valores que se obtuvieron en los ensayos anteriormente citado, nos permitió determinar mediante una hoja de cálculo realizada en Excel el índice de Langelier (que se encuentra expresado en el **Anexo #3**), valor que hace posible identificar el factor de agresividad del agua de estudio, lo cual nos indica que:

- Si el índice es 0 = el agua está perfectamente equilibrada (es neutra).
- Si el índice es negativo = indica que el agua es corrosiva.
- Si el índice es positivo = indica que el agua es incrustante.

Vale la pena recalcar que estos factores influyen en las propiedades de diseño de hormigón.

## 11.CONCLUSIONES

- Se pudo demostrar que la influencia de los cloruros en el hormigón simple actúan de manera notable, lo cual se vio reflejado en los diferentes análisis del estudio de su resistencia.
- La utilización de materiales de la cantera de Megarok permitió realizar un diseño de hormigón de 350 kg/cm<sup>2</sup>, demostrando que las propiedades que poseen estos materiales son actos para la elaboración de hormigones con resistencias considerables.
- La aplicación de aditivos en la dosificación del diseño del hormigón permitió mantener una trabajabilidad adecuada a la mezcla y por lo consiguiente una relación a/c óptima sin la necesidad de verse afectada las propiedades de diseño.
- Mediante un análisis comparativo que se realizó al curado del hormigón en agua potable y en agua de mar se observó claramente que los datos obtenidos en los ensayos de compresión realizados en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Técnica de Manabí dió como resultado que los cilindros sumergidos en agua de mar fueron superiores en cuanto a su resistencia a los que se sumergieron en agua potable, debido a los cloruros disueltos en las aguas salinas.
- En los ensayos químicos realizados a las aguas marinas de las zonas de estudio se determinó mediante el índice Langelier que las aguas a las que está sometidas las estructuras del puente posee un índice de -0,37, lo que indica que dicha agua de estudio es de origen corrosiva.

## 12.RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las instituciones competentes en lo que se refiere a las construcciones civiles que se realicen estudios más minuciosos de los agregados de la cantera de Megarok, debido a que el diseño elaborado en el trabajo de titulación dio como resultado una resistencia de  $350 \text{ kg/cm}^2$  sin presentar problemas en el desarrollo de su resistencia.
- Para una dosificación efectiva es importante la utilización de aditivos (plastificantes, retardantes y acelerantes) lo que permite garantizar y optimizar sus propiedades como son: la permeabilidad, trabajabilidad, fraguado y durabilidad, de tal manera que para la realización de hormigones duraderos se deben emplear brindando la seguridad en su periodo de diseño.
- Se puede acotar que es fundamental realizar estudios previos al agua de mar para medir su agresividad y evitar futuros inconvenientes en la integridad de las estructuras que se encuentran expuestas al agua salina.

### 13.PRESUPUESTO

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Viáticos, transporte y alimentos	\$250,00
Materiales y Equipos	\$150,00
Ensayos de laboratorio	\$200,00
Impresiones, copias y cd	\$50,00
Imprevistos	\$150,00
<b>Total</b>	<b>\$800,00</b>

## 14.CRONOGRAMA

Actividades	Tiempo en semanas														Recursos	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Humanos	Materiales
<b>Recopilación de información</b>	x	x	x	x								x			Grupo de trabajo y Entidades Públicas	Equipos de oficina e información física y virtual
<b>Ensayos de los agregados</b>			x	x	x	X									Grupo de trabajo y personal capacitado	Equipos y maquinarias
<b>Ensayos de compresión</b>							x	x	x	x					Grupo de trabajo y personal capacitado	Equipos y maquinarias
<b>Análisis químico del agua</b>											x				Grupo de trabajo y personal capacitado	Materiales e instrumentos de laboratorio
<b>Presentación del trabajo final</b>													x	x	Grupo de trabajo, Tutor y Revisor	Materiales de oficina

## 15.BIBLIOGRAFÍA

- ACI 201.2R-01. Guía para la Durabilidad del Hormigón. (2001). 17.
- Ana María Carbajal; Felipe Lambert. Revista de la Construcción, Durabilidad de Estructuras Portuarias en el Hormigón. Volumen 5 - N° 1. Escuela de Construcción Civil Chile. (2006). 36.
- Camposano, José A. Inecyc Control por Resistencia Parte I. Instituto Ecuatoriano del cemento y del concreto. (2009). 1-9.
- Camposano, José A. Inecyc Control por Resistencia Parte II. Instituto Ecuatoriano del cemento y del concreto. (2009). 111-112.
- Jaime Gómez Jurado Sarria. Tecnología y Propiedades. Instituto del Concreto ASOCRETO.
- José Luis Chan Yam; Rómel Solís Carcaño. Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. (2003).
- Mancini Francisco. Generalidades del hormigón. Universidad de Oriente Núcleo Bolívar. (2014).
- Norma ecuatoriana de la construcción (NEC). (2015)
- Toirac Corral, José. La resistencia a la compresión del hormigón. Vol. XXXIV, núm. 4. Santo Domingo / República Dominicana. (2009). 486-487.







Masa Unitaria Suelta y Compactada NTE INEN 858

Planta: Holcim Picoazá											
Fecha	Muestra	Origen	Recipiente		Recipiente+Muestra Suel.		PUS kg/m <sup>3</sup>	Recipiente+Muestra Comp		PUC kg/m <sup>3</sup>	Hecho Por
			Vol. cm <sup>3</sup>	Peso g	Medida 1 g	Medida 2 g		Medida 1 g	Medida 2 g		
2015-Sep-09	Piedra # 6	Picoazá	9447	5145.5	18365.3	18385.4	1400.43	19485.3	19510.5	1519.25	Luis Mora
2015-Sep-09	Piedra # 7	Picoazá	9447	5145.5	18115.6	18127.6	1373.57	19115.6	19102.3	1478.08	Luis Mora
2015-Sep-09	A. Homo	Picoazá	2813	1832.2	5820.0	5880.0	1428.30	6270.0	6210.0	1566.94	Luis Mora
2015-Sep-09	Arena Fina	Picoazá	2813	1832.2	5750.0	5740.0	1390.97	6170.0	6180.0	1543.83	Luis Mora

Responsable: Luis Mora

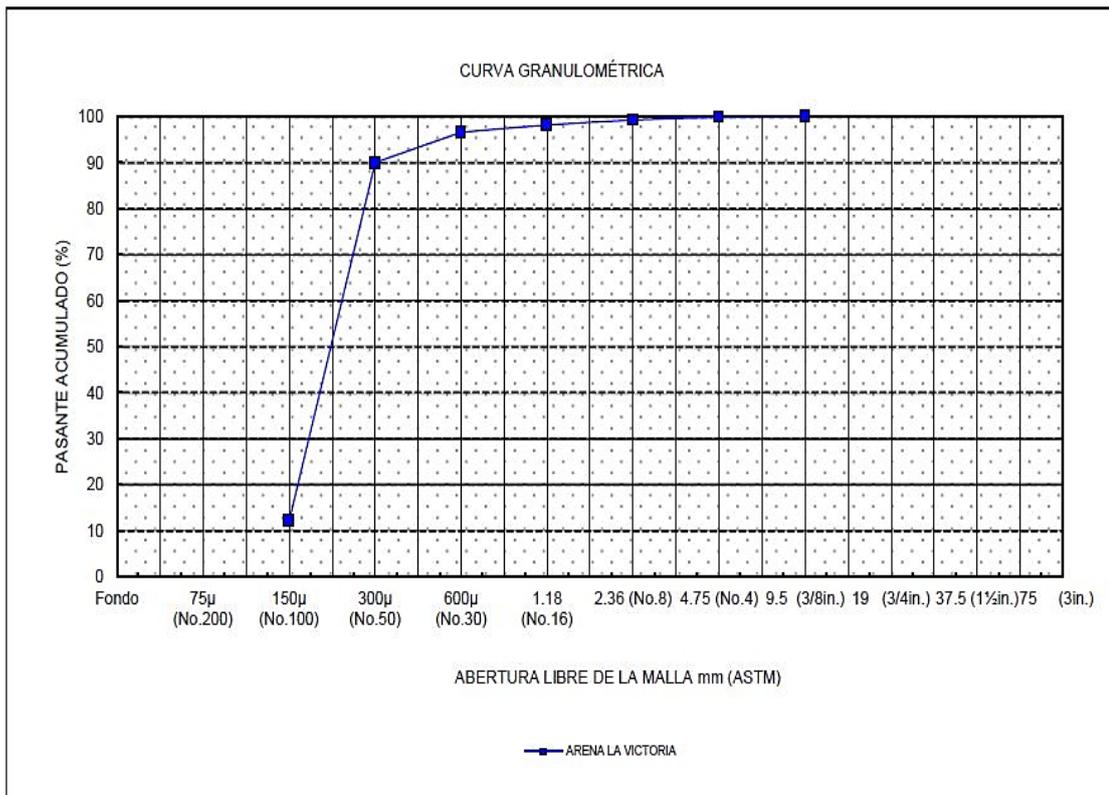


Megarok S.A.

GRANULOMETRIA DE AGREGADO FINO

CORP-U21-RC03

PLANTA:	PICOAZA			FECHA MUESTREO:	08-09-15
AGREGADO:	ARENA LA VICTORIA			FECHA ENSAYO:	08-09-15
FUENTE:	STOCK			REALIZADO POR:	Luis Mora
TAMIZ		RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	PASANTE
INEN	ASTM	PARCIAL (g)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	ACUMULADO (%)
9,50 mm	3/8 in.	0.0	0	0	100
4,75 mm	No. 4	1.6	0	0	100
2,36 mm	No. 8	8.5	1	1	99
1,18 mm	No. 16	16.3	1	2	98
600 µm	No. 30	22.2	2	3	97
300 µm	No. 50	95.1	7	10	90
150 µm	No. 100	1122.4	78	88	12
BANDEJA		177.0	12	100	0
1443.1 MODULO DE FINURA :				1.04	



RESPONSABLE:

Luis Mora

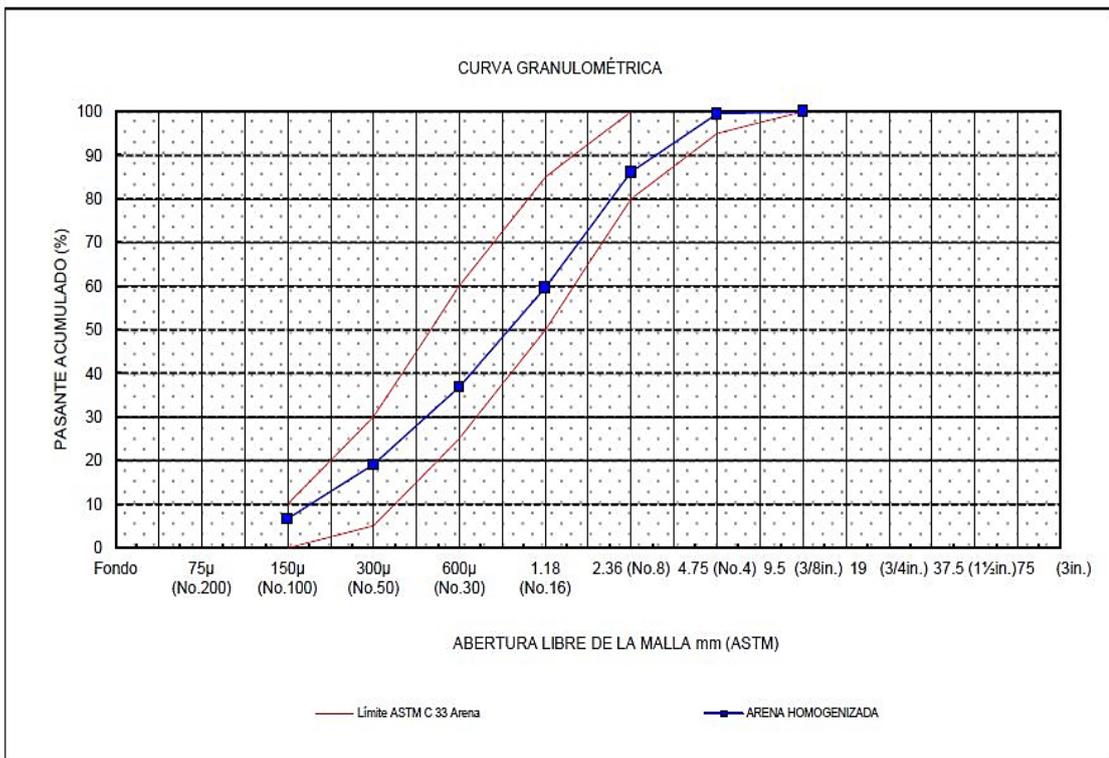


Megarok S.A.

GRANULOMETRIA DE AGREGADO FINO

CORP-U21-RC03

PLANTA:	PICOAZA			FECHA MUESTREO:	08-09-15
AGREGADO:	ARENA HOMOGENIZADA			FECHA ENSAYO:	08-09-15
FUENTE:	STOCK			REALIZADO POR:	Luis Mora
TAMIZ		RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	PASANTE
INEN	ASTM	PARCIAL (g)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	ACUMULADO (%)
9,50 mm	3/8 in.	0.0	0	0	100
4,75 mm	No. 4	6.6	0	0	100
2,36 mm	No. 8	184.1	13	14	86
1,18 mm	No. 16	366.2	27	40	60
600 µm	No. 30	314.4	23	63	37
300 µm	No. 50	245.9	18	81	19
150 µm	No. 100	171.3	12	93	7
BANDEJA		92.3	7	100	0
1380.8 MODULO DE FINURA :				2.92	



RESPONSABLE:

Luis Mora

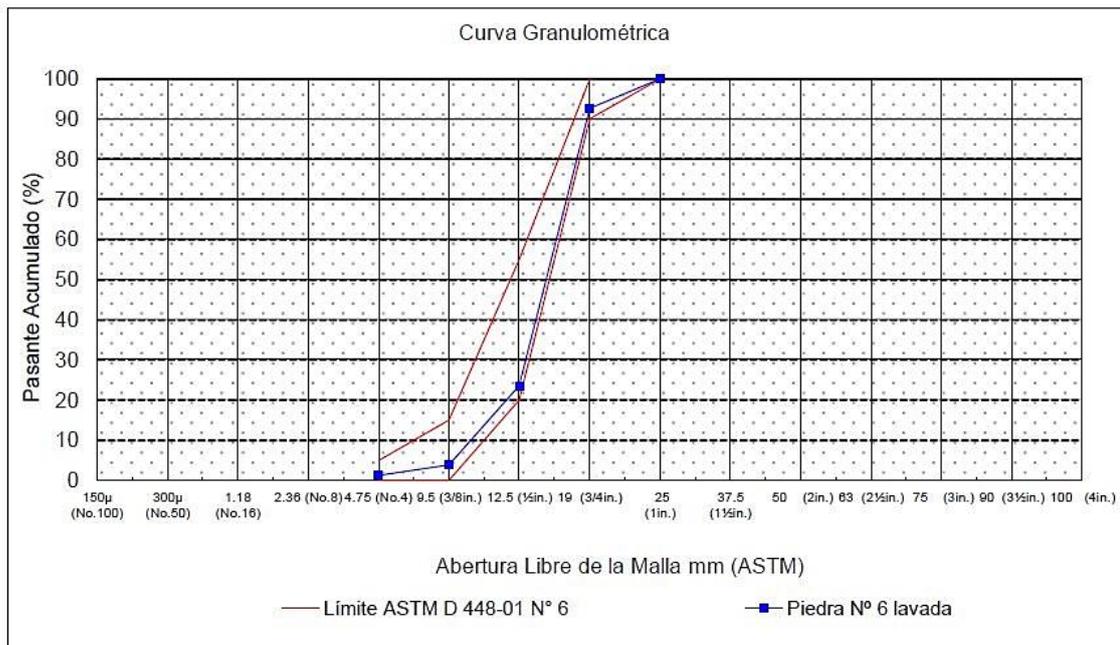


MEGAROK S.A.

Granulometría de Agregado Grueso

KMAT-H00-RC05

Planta:	Picoazá			Muestreo fecha:	08-09-15
Agregado:	Piedra N° 6 lavada			Ensayo fecha:	08-09-15
Fuente:	Stock ( Producción)			Realizado Por:	Luis Mora
Masa inicial (g):	7940				
Tamiz		Retenido Parcial (g)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (%)
INEN	ASTM				
100 mm	4 in.	—	—	—	—
90 mm	3½ in.	—	—	—	—
75 mm	3 in.	—	—	—	—
63 mm	2½ in.	—	—	—	—
50 mm	2 in.	—	—	—	—
37.5 mm	1½ in.	—	—	—	—
25 mm	1 in.	0.0	0	0	100
19 mm	¾ in.	325.8	7	7	93
12.5 mm	½ in.	3075.4	69	76	24
9.5 mm	3/8 in.	879.0	20	96	4
4,75 mm	No. 4	115.6	3	99	1
2,36 mm	No. 8	—	—	—	—
1,18 mm	No. 16	—	—	—	—
300 µm	No. 50	—	—	—	—
150 µm	No. 100	—	—	—	—
Bandeja		52.3	1	100	0
Masa final (g):	4448.1	Módulo de Finura		6.96	



Conclusión:

Responsable:

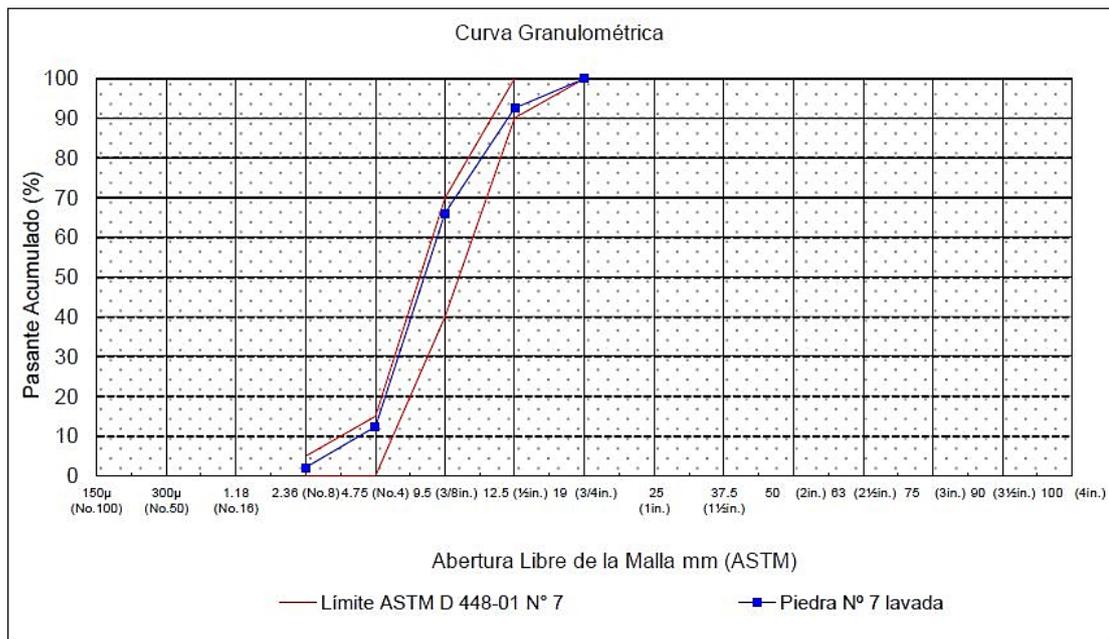
Luis Mora



Megarok s.a

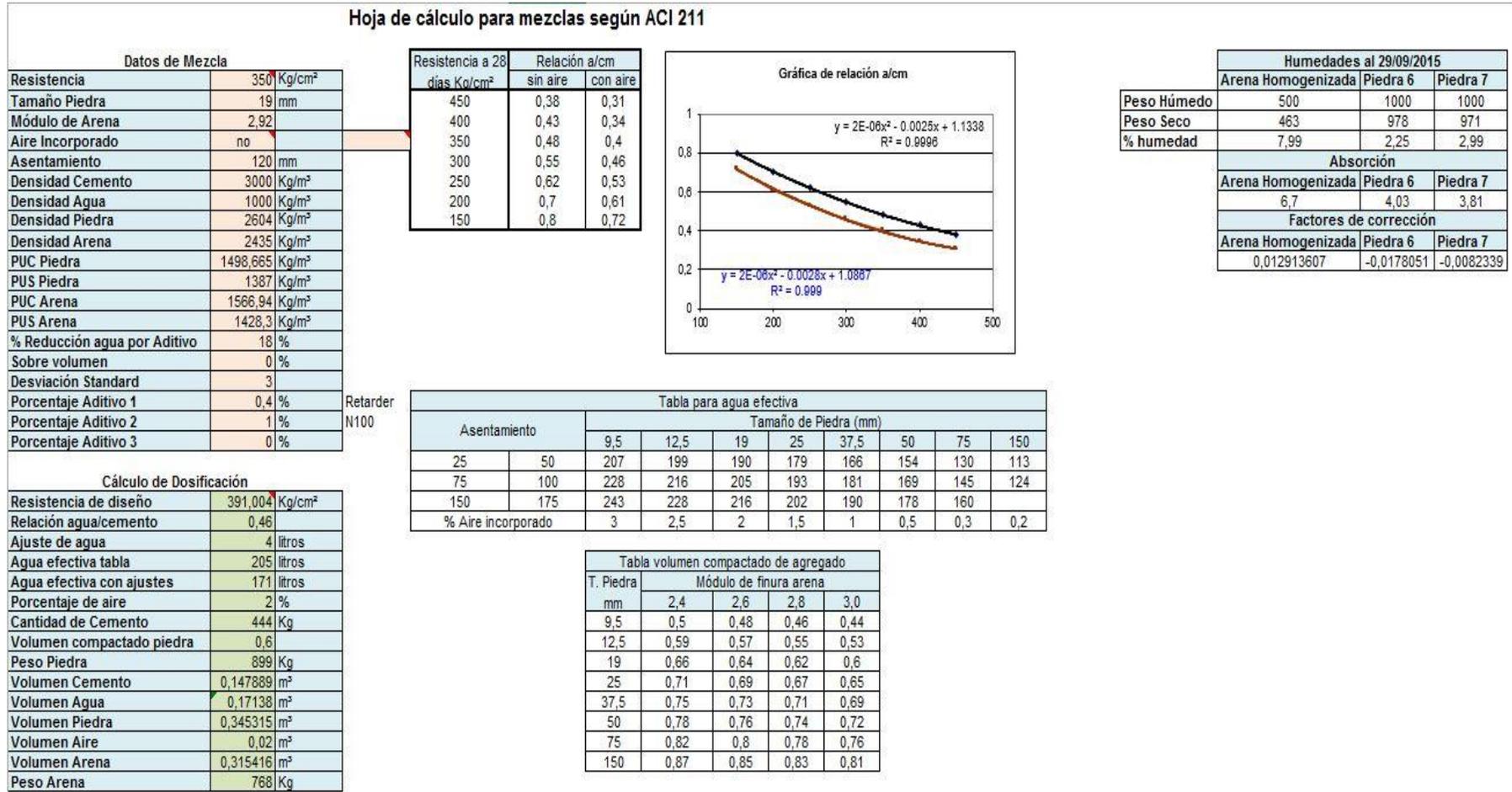
Granulometría de Agregado Grueso

Planta:	Picoazá				
Agregado:	Piedra N° 7 lavada	Fecha de Muestreo:	08-09-15		
Fuente:	Stock ( Producción)	Fecha de Ensayo:	08-09-15		
		Realizado Por:	Luis Mora		
Tamiz		Retenido Parcial (g)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (%)
INEN	ASTM				
100 mm	4 in.	—	—	—	—
90 mm	3½ in.	—	—	—	—
75 mm	3 in.	—	—	—	—
63 mm	2½ in.	—	—	—	—
50 mm	2 in.	—	—	—	—
37.5 mm	1½ in.	—	—	—	—
25 mm	1 in.	—	—	—	—
19 mm	¾ in.	0.0	0	0	100
12.5 mm	½ in.	322.4	8	8	92
9.5 mm	3/8 in.	1133.7	26	34	66
4,75 mm	No. 4	2306.6	54	88	12
2,36 mm	No. 8	442.1	10	98	2
1,18 mm	No. 16	—	—	—	—
300 µm	No. 50	—	—	—	—
150 µm	No. 100	—	—	—	—
Bandeja		87.8	2	100	0
Masa final (g):	4292.6		Módulo de Finura	6.11	
Pérdida ≤0.5%:	Ensayo válido				



Responsable: Luis Mora

## 16.2. Anexo 2 – Dosificación de diseño del hormigón de 350 kg/cm<sup>2</sup>



Número de Piedras a usar	2	máximo 2	% Piedra 1	70	% Piedra 2	30
Número de Arenas a usar	1	máximo 2	% Arena 1	100	% Arena 2	0

<b>Diseño Final en peso en SSS</b>	Producto	350	Kg/cm <sup>2</sup>	Asentamiento	12	cm	Densidad	2288	Kg/m <sup>3</sup>	a/c	0,38628
	Cemento	Agua	Piedra 1	Piedra 2	Arena 1	Arena 2	Aditivo 1	Aditivo 2	Aditivo 3		
	444	171	629	270	768	0	1,77	4,43667	0		
<b>Diseño Final al volumen</b>	Cemento	Agua	Piedra 1	Piedra 2	Arena 1	Arena 2	Aditivo 1	Aditivo 2	Aditivo 3	Volumen Total	
	0,148	0,171	0,454	0,194	0,538	0,000	0,001	0,004	0,000	1,510	
<b>Diseño Final en peso corregidas humedades</b>	Producto	3000	Kg/cm <sup>2</sup>	Asentamiento	149,8665	cm	Densidad	2288	Kg/m <sup>3</sup>	a/c	0,39419
	Cemento	Agua	Piedra 1	Piedra 2	Arena 1	Arena 2	Aditivo 1	Aditivo 2	Aditivo 3		
	444	175	618	268	778	0	1,77	4,43667	0		

<b>Bach</b>	30 litros						
	cemento	agua	piedra 6	piedra 7	arena hom.	retarder	n100
	13,31 kg	5,25 kg	18,55 kg	8,03 kg	23,34 kg	53,24 gr	133,10 gr

### 16.3. Anexo 3 – Índice de Langelier

#### CALCULO DEL ÍNDICE DE LANGELIER

PH	
MUESTRA	MED
PILA #12	7,8
PILA #24	7,6
PILA #36	7,6

TEMPERATURA	
MUESTRA	°c
PILA #12	28,40
PILA #24	28,50
PILA #36	28,00

DUREZA		
MUESTRA	ml	ppm
PILA #12	8,00	136,00
PILA #24	16,25	276,25
PILA #36	12,50	212,50

ALCALINIDAD		
MUESTRA	ml	ppm
PILA #12	1,6	32,00
PILA #24	1,5	30,00
PILA #36	1,3	26,00

DATOS FINALES			
	PILA #12	PILA #24	PILA #36
TEMP=	28,40	28,50	28,00
ALC=	32,00	30,00	26,00
DUREZA=	136,00	276,25	212,50
PH=	7,80	7,60	7,60

El Índice de Langelier se usa para determinar el equilibrio del agua:  
 Si el índice es 0: el agua está perfectamente equilibrada.  
 Si el índice es negativo: indica que el agua es corrosiva.  
 Si el índice es positivo: indica que el agua es incrustante.

TABLA DE VALORES PARA EL CALCULO DEL ÍNDICE DE LANGELIER.

Temperatura		Dureza		Alcalinidad	
C	TF	ppm	HF	ppm	AF
0	0,0	5	0,7	5	0,7
4	0,1	25	1,4	25	1,4
8	0,2	50	1,7	50	1,7
12	0,3	75	1,9	75	1,9
16	0,4	100	2,0	100	2,0
20	0,5	150	2,2	150	2,2
24	0,6	200	2,3	200	2,3
28	0,7	250	2,4	250	2,4
32	0,7	300	2,5	300	2,5
36	0,8	400	2,6	400	2,6
40	0,9	500	2,7	500	2,7
50	1,0	1000	3,0	1000	3,0

PILA #12	
TF=	0,70
PH=	7,80
AF=	1,48
HF=	2,14

PILA #24	
TF=	0,70
PH=	7,60
AF=	1,46
HF=	2,45

PILA #36	
TF=	0,70
PH=	7,60
AF=	1,41
HF=	2,33

CALCULO DEL TF			
28	0,7		
28,4	TF	→	0,70
32	0,7		

CALCULO DEL TF			
28	0,7		
28,5	TF	→	0,70
32	0,7		

CALCULO DEL HF			
200	2,3		
212,50	HF	→	2,33
250	2,4		

CALCULO DEL HF			
100	2		
136,00	HF	→	2,14
150	2,2		

CALCULO DEL HF			
250	2,4		
276,25	HF	→	2,45
300	2,5		

CALCULO DEL AF			
25	1,4		
26,00	AF	→	1,41
50	1,7		

CALCULO DEL AF			
25	1,4		
32,00	AF	→	1,48
50	1,7		

CALCULO DEL AF			
25	1,4		
30,00	AF	→	1,46
50	1,7		

## RESULTADOS

ÍNDICE DE LAGENLIER PILA #12 = PH + TF+ AF+ HF - 12,5 =

-0,37

ÍNDICE DE LAGENLIER PILA #24 = PH + TF+ AF+ HF - 12,5 =

-0,29

ÍNDICE DE LAGENLIER PILA #36 = PH + TF+ AF+ HF - 12,5 =

-0,46

ÍNDICE DE LANGELIER TOTAL =

-0,37

**CONCLUSIÓN:** Mediante el calculo del indice de Langelier pudimos determinar que el agua de mar estudiada nos dio como resultado un valor negativo, lo que nos indica a traves de las tablas que ésta **Agua es Corrosiva**

**16.4. Anexo 4 – Fotografías.**



**Fotografía #1 – Darlin Moreira y Bryan Sornoza realizando visitas a las instalaciones de la cantera Megarok para realizar ensayos a los agregados y obtener un diseño de hormigón de 350 kg/cm<sup>2</sup>.**



**Fotografía #2 – Recolección de muestra del agregado de ¾ pulg. (Piedra #7)**



**Fotografía #3 – Recolección de muestra del agregado de ½ pulg. (Piedra #6)**



**Fotografía #4 – Recolección de muestra de la arena homogenizada para sus ensayos de laboratorio**



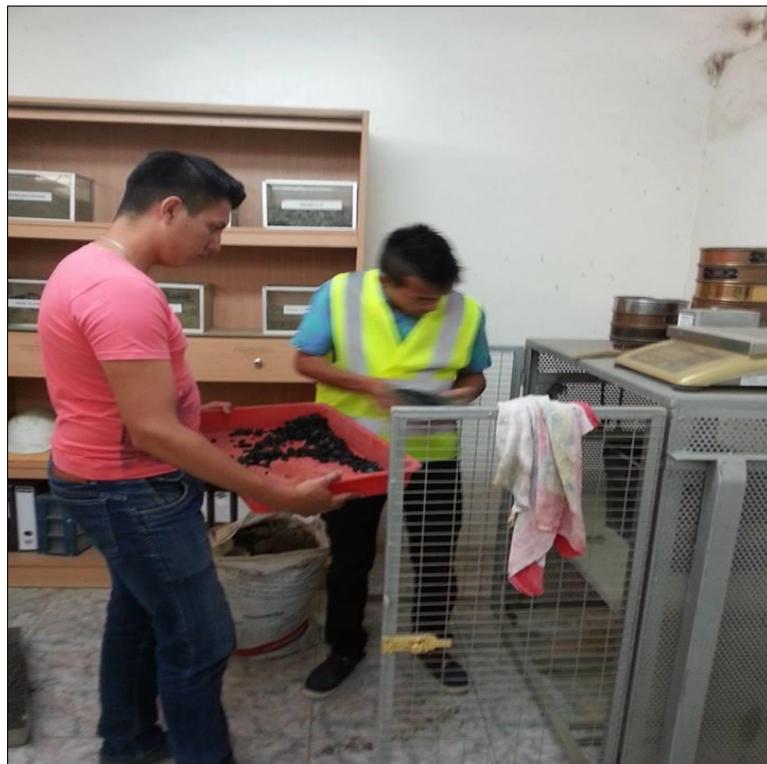
**Fotografía #5 – Lavado de los agregados para sus respectivos ensayos de laboratorio**



**Fotografía #6 – Saturación de los agregados durante 24 horas**



**Fotografía #7 – Equipo de laboratorio para realizar el ensayo de Gravedad Específica a los agregados gruesos.**



**Fotografía #8 – Realización del ensayo de Gravedad Específica a los agregados gruesos.**



**Fotografía #9 – Ejecución del ensayo de gravedad específica a los agregados finos.**



**Fotografía #10 – Eliminación del aire de la arena homogenizada en el matr az para su ensayo de gravedad específica.**



**Fotografía #11 – Muestras del agregado fino**



**Fotografía #12 – muestras del agregado grueso**



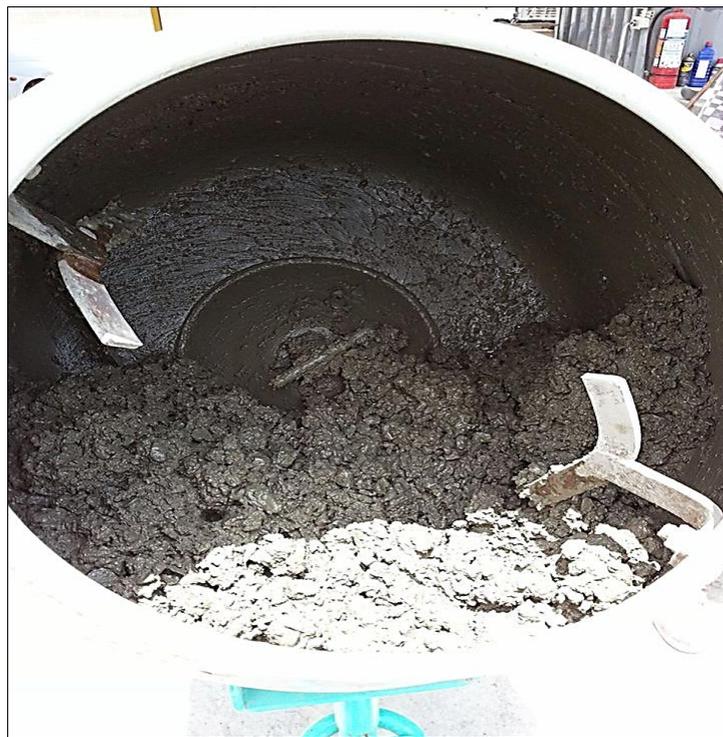
**Fotografía #13 – Granulometría del agregado grueso**



**Fotografía #14 – Elaboración de la mezcla de hormigón**



**Fotografía #15 – Aplicación de los aditivos a la mezcla de hormigón.**



**Fotografía #16 – Mezcla de hormigón**



**Fotografía #17 – Mezcla de hormigón elaborada por Darlin Moreira y Bryan Sornoza.**



**Fotografía #18 – Comprobación de la mezcla de hormigón mediante el cono de Abrams.**



**Fotografía #19 – Asentamiento mediante el ensayo del cono de Abrams.**



**Fotografía #20 – Elaboración de los cilindros de hormigón en las instalaciones de la constructora de Ciudad Rodrigo**



**Fotografía #21 – Parte de los Cilindros de hormigón ya terminados.**



**Fotografía #22 – Enrazamiento de los cilindros de hormigón**



**Fotografía #23 – Desencofrado de los 21 cilindros de hormigón elaborados por Darlin Moreira y Bryan Sornoza**



**Fotografía #24 – Cilindros de hormigón realizados en las instalaciones de la constructora de Ciudad Rodrigo.**



**Fotografía #25 – Cilindros de hormigón que serán curados en agua de mar junto a las vigas de enlace del puente Los Caras ubicado en Bahía de Caráquez**



**Fotografía #26 – Testigos curados en agua potable**



**Fotografía #27 – Recipientes con los cilindros de hormigón que serán curados en agua de mar.**



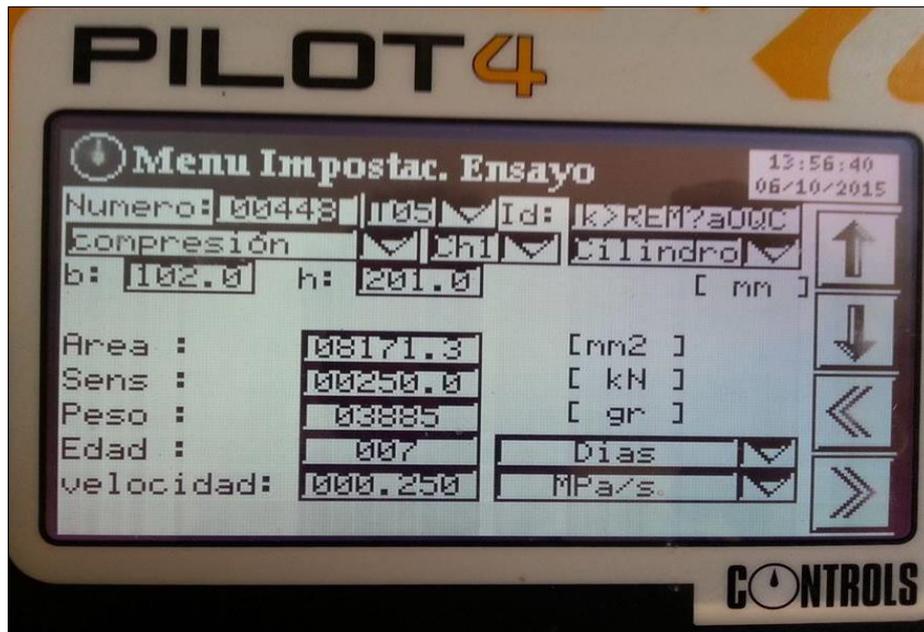
**Fotografía #28 – Muestra sumergida en la Pila #12 del puente Los Caras en Bahía de Caráquez.**



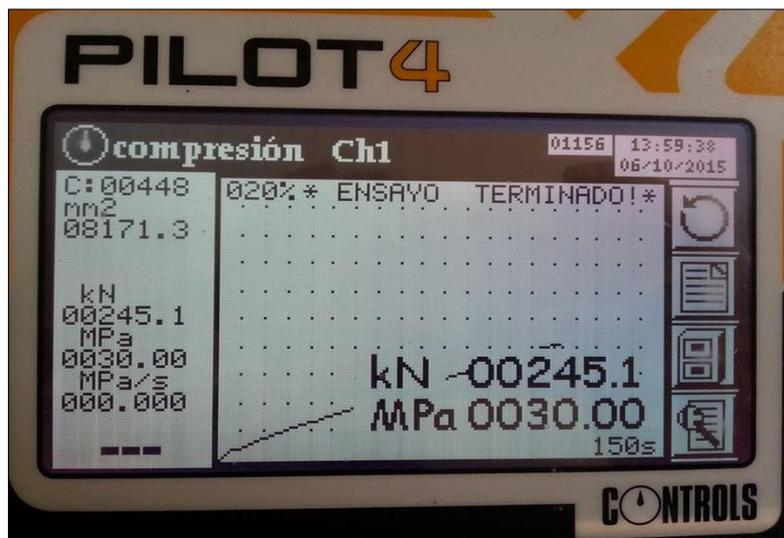
**Fotografía #29 - Muestra sumergida en la Pila #24 del puente Los Caras en Bahía de Caráquez.**



**Fotografía #30 - Muestra sumergida en la Pila #36 del puente Los Caras en Bahía de Caráquez.**



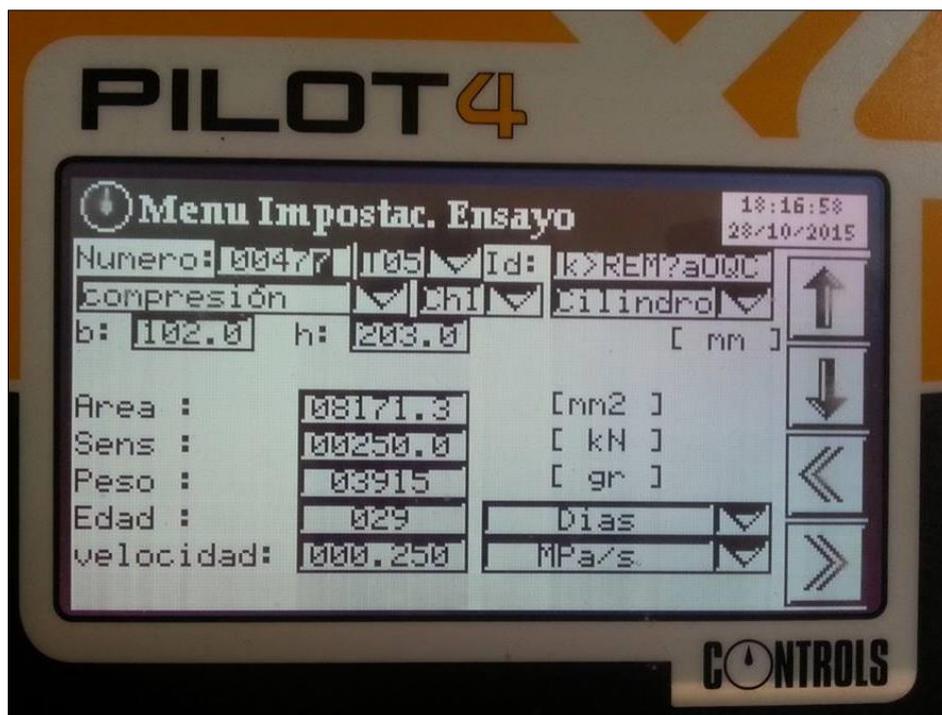
Fotografía #31 – Aplicación de los datos de los cilindros de hormigón para su ensayo a compresión a los 7 días de curado en agua potable.



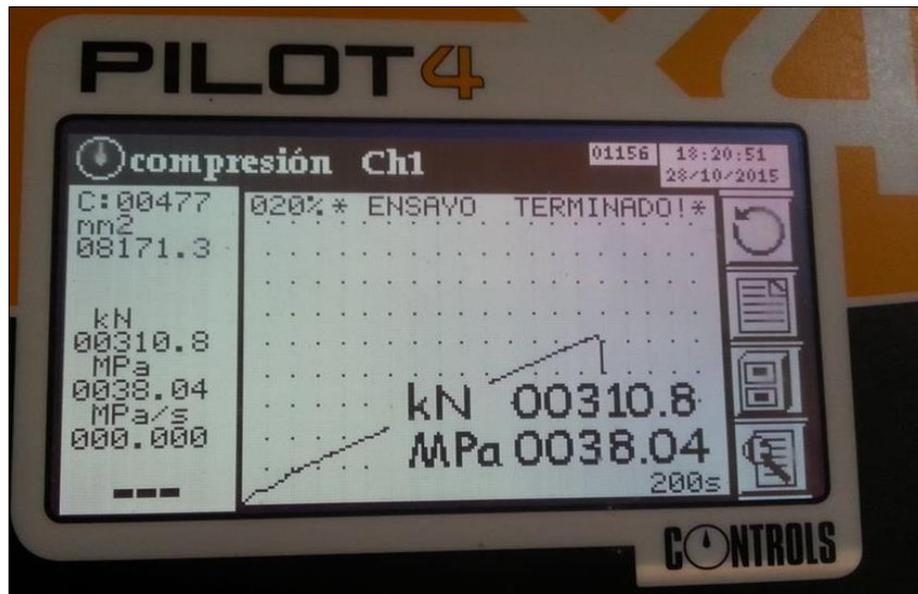
Fotografía #32 – Resistencia obtenida del cilindro de hormigón curado a los 7 días en agua potable.



Fotografía #33 – Verificación de la ruptura del testigo, curado a los 7 días en agua potable.



Fotografía #34 - Aplicación de los datos de los cilindros de hormigón para su ensayo a compresión a los 29 días de curado en agua potable.



Fotografía #35 - Resistencia obtenida del cilindro de hormigón curado a los 29 días en agua potable.



Fotografía #36 - Verificación de la ruptura del testigo, curado a los 29 días en agua potable.



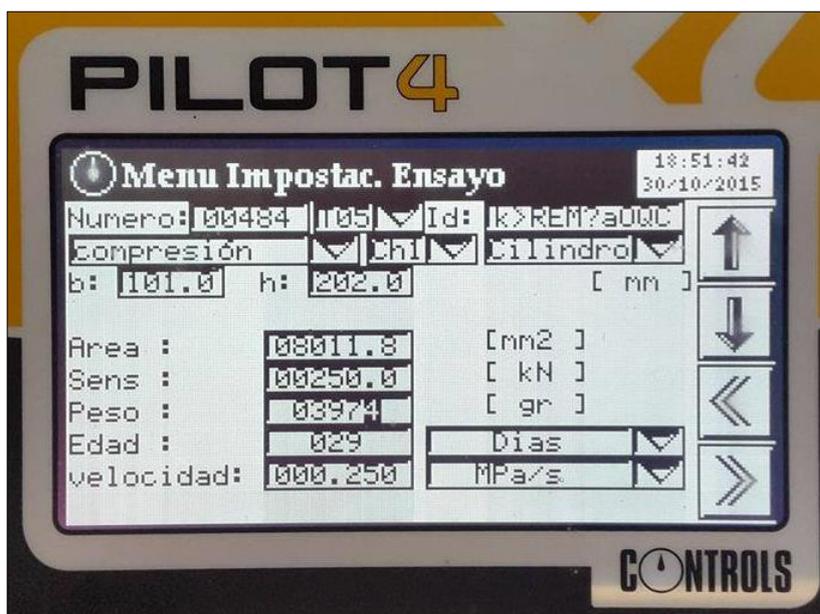
**Fotografía #37 – Extracción del recipiente con los cilindros de hormigón curados en agua de mar.**



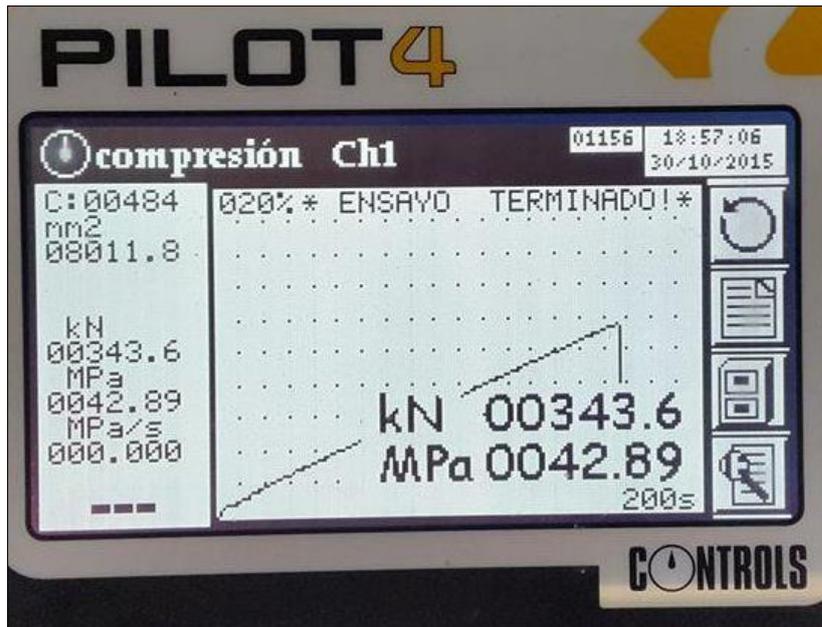
**Fotografía #38 – Extracción de los testigos curados en agua de mar de la Pila #12 para así realizar el ensayo de compresión en el laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Manabí.**



Fotografía #39 – Cilindros de hormigón extraídos para su ensayo de compresión.



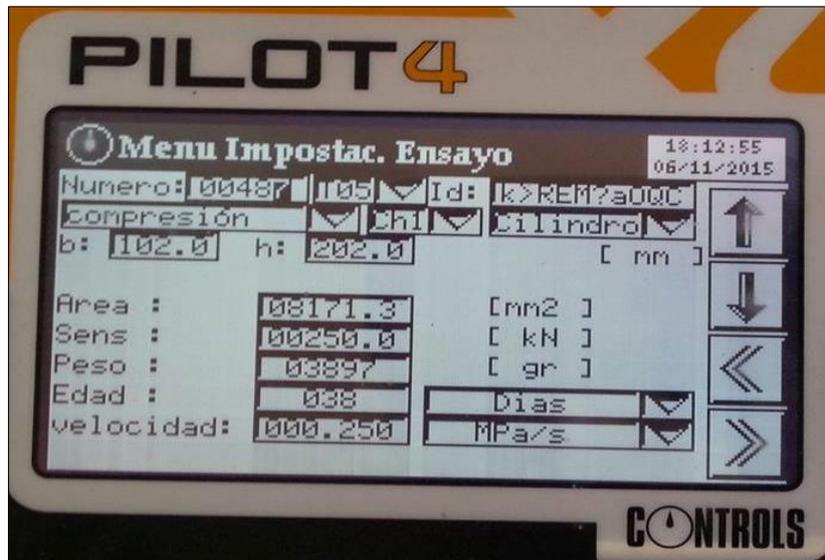
Fotografía #40 - Aplicación de los datos de los cilindros de hormigón para su ensayo a compresión a los 29 días de curado en agua de mar.



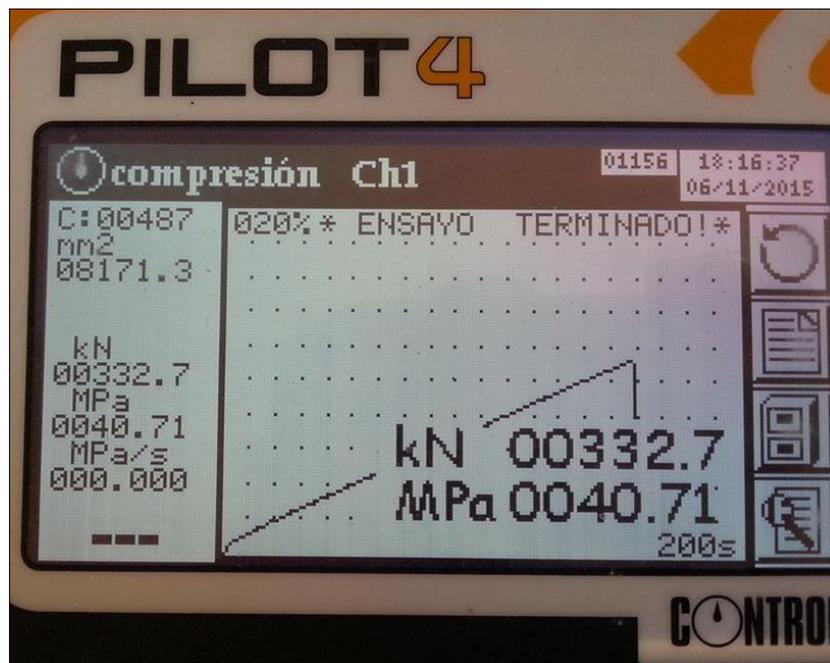
Fotografía #41 - Resistencia obtenida del cilindro de hormigón curado a los 29 días en agua de mar.



Fotografía #42 - Verificación de la ruptura del testigo, curado a los 29 días en agua de mar.



Fotografía #43 - Aplicación de los datos de los cilindros de hormigón para su ensayo a compresión a los 38 días de curado en agua potable.



Fotografía #44 - Resistencia obtenida del cilindro de hormigón curado a los 38 días en agua potable.



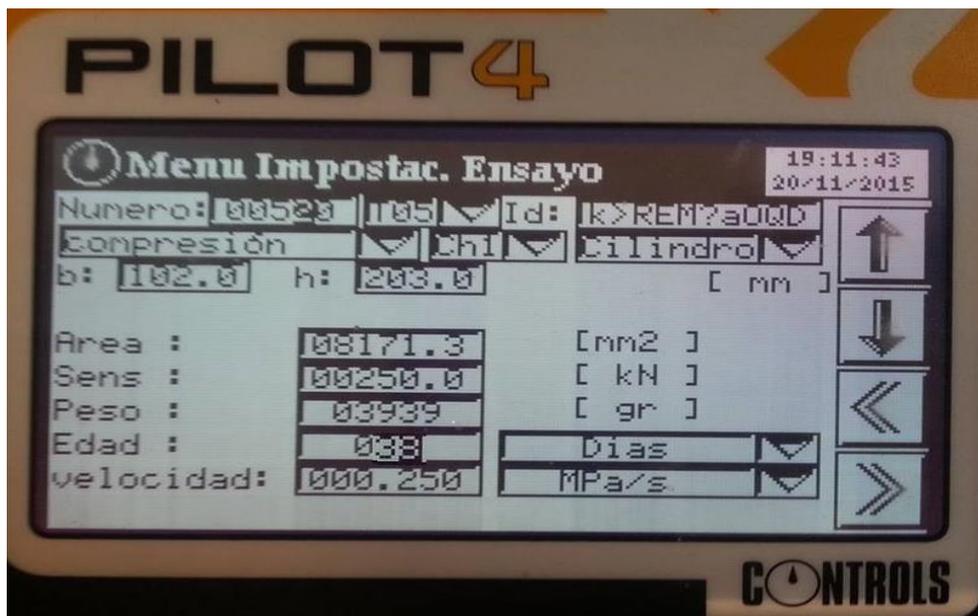
**Fotografía #45 - Verificación de la ruptura del testigo, curado a los 38 días en agua potable.**



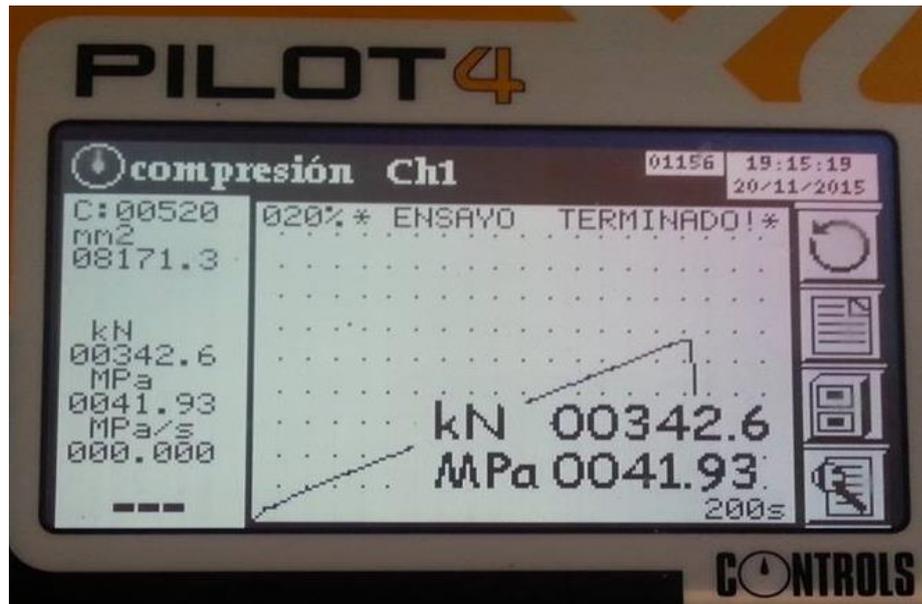
**Fotografía # 46 - Extracción de los testigos curados en agua de mar de la Pila #24 para así realizar el ensayo de compresión en el laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Manabí.**



Fotografía # 47 – Testigos curados en agua de mar con un tiempo establecido de 38 días, para realizarle el ensayo de compresión



Fotografía # 48 - Aplicación de los datos de los cilindros de hormigón para su ensayo a compresión a los 38 días de curado en agua de mar.



Fotografía # 49 - Resistencia obtenida del cilindro de hormigón curado a los 38 días en agua de mar.



Fotografía # 50 - Verificación de la ruptura del testigo, curado a los 38 días en agua de mar.

16.5. Anexo 5 – Resultados obtenidos del ensayo a compresión:



HOJA 1DE1

PROYECTO: ANALISIS DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGON SIMPLE EN EL AMBIENTE MARINO      FECHA DE ENTREGA : 07/11/15  
 LOCALIZACIÓN : BAHIA DE CARAQUEZ PUENTE LOS CARAS      TIPO DE MUESTRA: CILINDROS  
 AUTORES: DARLIN MOREIRA - BRYAN SORNOZA      NORMA: ASTM C 39  
 TUTOR: ING. JUAN CARLOS GUERRA      CURADOS EN AGUA POTABLE

Nº MUESTRA	DATOS DE LA MUESTRA		FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO DE ROTURA	EDAD DE LA MUESTRA (DÍAS)	RESISTENCIA REQUERIDA (Kg/cm2)	ESPESOR Ó ALTURA (mm)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA DE LA MUESTRA (mm2)	SENSIBILIDAD KN	VELOCIDAD Mpa/S	MASA (gr)	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD (gr/cm3)	RELACIÓN L/D	CARGA MÁXIMA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm2)	RESISTENCIA %	OBSERVACIONES		
																						IDENT.	A1
1			30-Sep-15	07-Oct-15	7	350,00	201	102	8171,30	50,00	0,25	3885	16424,32	0,237	2	237,60	29,08	296,6	301,2	86,05%	✓		
2			30-Sep-15	07-Oct-15	7	350,00	201	102	8171,30	50,00	0,25	3885	16424,32	0,237	2	245,10	30,00	306,0					
3			30-Sep-15	07-Oct-15	7	350,00	201	102	8171,30	50,00	0,25	3867	16424,32	0,235	2	241,10	29,51	301,0					SI CUMPLE
4			30-Sep-15	14-Oct-15	14	350,00	202	102	8171,30	50,00	0,25	3885	16506,03	0,235	2	251,40	30,77	313,8	313,4	89,53%	✓		
5			30-Sep-15	14-Oct-15	14	350,00	202	102	8171,30	50,00	0,25	3885	16506,03	0,235	2	250,60	30,67	312,8					
6			30-Sep-15	14-Oct-15	14	350,00	202	102	8171,30	50,00	0,25	3867	16506,03	0,234	2	251,10	30,73	313,4					SI CUMPLE
7			30-Sep-15	29-Oct-15	29	350,00	201	102	8171,30	50,00	0,25	3915	16424,32	0,238	2	304,30	37,24	379,8	383,6	109,60%	✓		
8			30-Sep-15	29-Oct-15	29	350,00	203	102	8171,30	50,00	0,25	3915	16587,74	0,236	2	310,80	38,04	388,0					
9			30-Sep-15	29-Oct-15	29	350,00	202	102	8171,30	50,00	0,25	3880	16506,03	0,235	2	306,80	37,55	383,0					SI CUMPLE
10			30-Sep-15	07-Nov-15	38	350,00	202	102	8171,30	50,00	0,25	3900	16506,03	0,236	2	321,70	39,37	401,6	406,3	116,08%	✓		
11			30-Sep-15	07-Nov-15	38	350,00	202	102	8171,30	50,00	0,25	3900	16506,03	0,236	2	322,00	39,41	401,9					
12			30-Sep-15	07-Nov-15	38	350,00	202	102	8171,30	50,00	0,25	3897	16506,03	0,236	2	332,70	40,72	415,3					SI CUMPLE

NOTA: 1MPa= 10.2 kg/cm2  
 NOTA 2: Las muestras fueron recibidas en el Laboratorio

Universidad Técnica de Manabí



PROYECTO: ANALISIS DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGON SIMPLE EN EL AMBIENTE MARINO FECHA DE ENTREGA : 07/11/15  
 LOCALIZACION : BAHIA DE CARAQUEZ PUENTE LOS CARAS TIPO DE MUESTRA: CILINDROS  
 AUTORES: DARLIN MOREIRA - BRYAN SORNOZA NORMA: ASTM C 39  
 TUTOR: ING. JUAN CARLOS GUERRA CURADOS EN AGUA DE MAR

ENSAYOS DE COMPRESIÓN																							
Nº MUESTRA	DATOS DE LA MUESTRA		FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO DE ROTURA	EDAD DE LA MUESTRA (DÍAS)	RESISTENCIA REQUERIDA (Kg/cm2)	ESPESOR Ó ALTURA (mm)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA DE LA MUESTRA (mm2)	SENSIBILIDAD KN	VELOCIDAD Mpa/S	MASA (gr)	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD (gr/cm3)	RELACIÓN L/D	CARGA MÁXIMA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm2)	RESISTENCIA %	OBSERVACIONES		
1	ELEMENTO	CILINDROS	IDENT.	A1	30-Sep-15	14-Oct-15	14	350,00	201	101	8011,87	50,00	0,25	3885	16103,85	0,241	2	259,80	32,43	330,8	328,3	93,79%	✓
2			IDENT.	A2	30-Sep-15	14-Oct-15	14	350,00	201	101	8011,87	50,00	0,25	3885	16103,85	0,241	2	256,30	31,99	326,3			
3			IDENT.	A3	30-Sep-15	14-Oct-15	14	350,00	201	101	8011,87	50,00	0,25	3867	16103,85	0,240	2	257,40	32,13	327,7			
4			IDENT.	B1	30-Sep-15	29-Oct-15	29	350,00	202	102	8171,30	50,00	0,25	3885	16506,03	0,235	2	333,90	40,86	416,8	424,2	121,19%	✓
5			IDENT.	B2	30-Sep-15	29-Oct-15	29	350,00	201	102	8171,30	50,00	0,25	3885	16424,32	0,237	2	335,10	41,01	418,3			
6			IDENT.	B3	30-Sep-15	29-Oct-15	29	350,00	202	101	8011,87	50,00	0,25	3867	16183,97	0,239	2	343,60	42,89	437,4			
7			IDENT.	C1	30-Sep-15	07-Nov-15	38	350,00	203	102	8171,30	50,00	0,25	3885	16587,74	0,234	2	339,20	41,51	423,4	424,7	121,34%	✓
8			IDENT.	C2	30-Sep-15	07-Nov-15	38	350,00	203	102	8171,30	50,00	0,25	3885	16587,74	0,234	2	342,60	41,93	427,7			
9			IDENT.	C3	30-Sep-15	07-Nov-15	38	350,00	203	102	8171,30	50,00	0,25	3867	16587,74	0,233	2	338,90	41,47	423,0			

NOTA: 1MPa= 10.2 kg/cm2  
 NOTA 2: Las muestras fueron recibidas en el Laboratorio

Universidad Técnica de Manabí



JULIO SABANDO CORDOVA  
 INGENIERO LABORATORISTA  
 TECNICO CERTIFICADO MTOP

Deimcomsu