



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS
FÍSICAS Y QUÍMICAS

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

TEMA:

“ANÁLISIS DE ABSORCIÓN CAPILAR DE LOS HORMIGONES
EXPUESTOS AL ENTORNO MARINO, APLICADO EN LOS
BALNEARIOS CRUCITA – SAN JACINTO – SAN CLEMENTE,
MANABÍ - ECUADOR”

AUTOR:
NELSON PATRICIO NEVÁREZ ARGÜELLO

TUTOR:
ING. JUAN CARLOS GUERRA MERA

PORTOVIEJO-MANABÍ-ECUADOR

2015

DEDICATORIA

A Dios por sustentar mi vida en su infinito amor, gracia y misericordia.

A mis padres por su incansable sacrificio y dedicación, los valores que me inculcaron y los muchos sabios consejos en busca de hacer de mí un hombre de bien.

Nelson Patricio Nevárez Argüello.

AGRADECIMIENTO

A mi Señor y Salvador Jesucristo por su Gracia y guía en esta etapa de mi vida y el haber dispuesto todo para conseguir esta meta.

A mi tutor Ing. Juan Carlos Guerra por su guía y apoyo en el transcurso del presente trabajo.

A los docentes que supieron inspirar mi camino durante mi paso por las aulas convirtiéndolas en verdaderos templos del saber.

Nelson Patricio Nevárez Argüello.

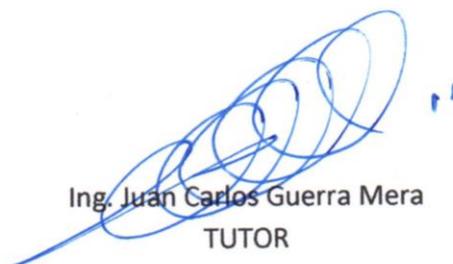
CERTIFICACIÓN

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 Químicas; en mi calidad de Tutor del trabajo de titulación "ANÁLISIS DE ABSORCIÓN CAPILAR DE LOS HORMIGONES EXPUESTOS AL ENTORNO MARINO, APLICADO EN LOS BALNEARIOS CRUCITA – SAN JACINTO – SAN CLEMENTE, MANABÍ - ECUADOR" desarrollada por el profesionista: Señor Nevárez Argüello Nelson Patricio; 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 el profesionista cumple con el diseño metodológico y rigor científico según la modalidad de titulación aprobada.
- Se asesoró oportunamente al estudiante en el desarrollo del trabajo de titulación.
- Presentó 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 el profesionista puso mucho interés en el desarrollo de cada una de las actividades de acuerdo al cronograma trazado.

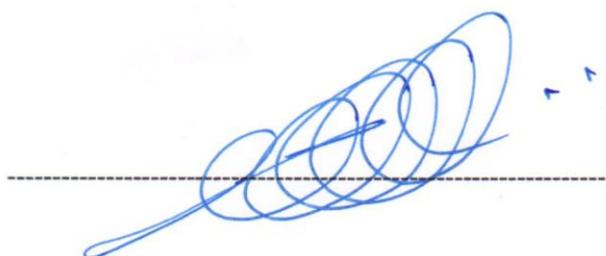
Particular que certifico para los fines pertinentes



Ing. Juan Carlos Guerra Mera
TUTOR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS
AVANCES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

ESTUDIANTE/S: A). Nelson Patricio Nevárez Argüello	CONTACTOS: 0998245470
TITULO DEL PROYECTO: “ANÁLISIS DE ABSORCIÓN CAPILAR DE LOS HORMIGONES EXPUESTOS AL ENTORNO MARINO, APLICADO EN LOS BALNEARIOS CRUCITA – SAN JACINTO – SAN CLEMENTE, MANABÍ - ECUADOR”.	
MODALIDAD: AVANCE TRIMESTRAL: Art. 8 (Reglamento de titulación). El tutor debe presentar informe trimestral del avance del trabajo, a la Comisión de Titulación Especial de la Facultad. Quien suscribe la presente; Tutor del trabajo de titulación, antes referido; certifico que una vez, que los estudiantes autores del trabajo de titulación han cumplido con lo dispuesto en el cronograma valorado, pongo conocimiento de la Comisión de Titulación el avance de ejecución trimestral, bajo los siguientes términos.	
El informe en referencia cumple con los siguientes aspectos:	
CRITERIOS	SI NO
El trabajo desarrollado por los y las estudiantes cumple con el diseño metodológico	X
El trabajo desarrollado por los y las estudiantes cuenta con rigor científico	X
Certifico la originalidad del trabajo de titulación	X
El trabajo desarrollado por los y las estudiantes ha sido presentado de acuerdo al cronograma descrito.	X
Fecha: 03/12/2015	



TUTOR/A

INFORME DE REVISOR. TRABAJO DE TITULACIÓN

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 ABSORCIÓN CAPILAR DE LOS HORMIGONES EXPUESTOS AL ENTORNO MARINO, APLICADO EN LOS BALNEARIOS CRUCITA – SAN JACINTO – SAN CLEMENTE, MANABÍ - ECUADOR" desarrollado por el señor, Nevárez Argüello Nelson Patricio con Cédula No. 1104197486, 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, el autor:

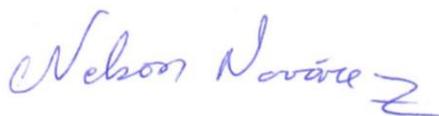
- Ha respetado los derechos de autor correspondiente a tener menos del 10 % de similitud con otros documentos existentes en el repositorio
- Ha aplicado correctamente el manual de estilo de la Universidad Andina Simón Bolívar de Ecuador.
- Las conclusiones guardan estrecha relación con los objetivos 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. Yordi Mieles Bravo
REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACION

DECLARACIÓN DE AUTOR

Quien firma la presente, profesionista; NELSON PATRICIO NEVÁREZ ARGÜELLO, en calidad de autor del trabajo de titulación realizado sobre " ANÁLISIS DE ABSORCIÓN CAPILAR DE LOS HORMIGONES EXPUESTOS AL ENTORNO MARINO, APLICADO EN LOS BALNEARIOS CRUCITA – SAN JACINTO – SAN CLEMENTE, MANABÍ - ECUADOR", por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ, hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o de parte de los que contienen este proyecto, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autor me corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6 ,8 ,19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento. Así mismo las conclusiones y recomendaciones constantes en este texto, son criterios netamente personales y asumo con responsabilidad la descripción de las mismas



NELSON PATRICIO NEVÁREZ ARGÜELLO
AUTOR

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
CERTIFICADO DE TUTOR.....	iv
INFORME DE REVISOR. TRABAJO DE TITULACIÓN	vi
DECLARACIÓN DE AUTOR.....	vi
ÍNDICE	viii
RESUMEN	xi
SUMMARY	xii
CAPÍTULO UNO	13
1. Problematización	13
1.1. Tema	13
CAPÍTULO DOS	14
2. Marco teórico.....	14
2.1. Antecedentes	14
2.2. Justificación.....	15
2.3. Absorción Capilar	16
2.4. Porosidad del hormigón	17
2.5. Permeabilidad	18
2.6. Ensayos de campo	20
2.7. Visualización del alcance del estudio	21
2.7.1. Aporte social.....	21
2.7.2. Aporte económico.....	22
2.7.3. Aporte científico.....	22
2.8. Hipótesis.....	22
2.9. Variables y su operacionalización.....	22
2.9.1. Variable dependiente	22
2.9.2. Variable independiente	22
CAPÍTULO TRES	24
3. Objetivos	24
3.1. Objetivo general	24
3.2. Objetivos específicos.....	24
CAPÍTULO CUATRO.....	25
4. Diseño metodológico	25
4.1. Metodología.....	25
4.2. Muestreo.....	25

4.3. Técnicas de recolección de datos	26
4.4. Instrumentos técnicos	26
CAPÍTULO CINCO	27
5. Desarrollo de la Investigación	27
5.1. Ensayos de agregados	27
5.2. Diseño de hormigón	27
5.3. Pruebas de compresión	27
5.4. Velocidad de absorción y porosidad efectiva	28
5.5. Caracterización del agua de muestreo en base al Índice de Langelier (IL).....	38
CAPÍTULO SEIS.....	40
6. Conclusiones y Recomendaciones.....	40
6.1. Conclusiones	40
6.2. Recomendaciones	41
CAPÍTULO SIETE.....	42
7.1. Presupuesto referencial	42
7.2. Cronograma valorado.....	43
Referencias Bibliográficas	44
ANEXOS.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA #1 Resistencia obtenida a los 7 días de curado.....	30
TABLA #2 Resistencia obtenida a los 14 días de curado.....	30
TABLA #3 Resistencia obtenida a los 28 días de curado.....	30
TABLA #4 Intervalos de tiempo para la obtención de masa de los especímenes.....	32
TABLA #5 Determinación de la Velocidad de absorción y porosidad efectiva de especímenes con muestra obtenida en Crucita.....	33
TABLA #6 Determinación de la Velocidad de absorción y porosidad efectiva de especímenes con muestra obtenida en La Boca.....	35
TABLA #7 Determinación de la Velocidad de absorción y porosidad efectiva de especímenes con muestra obtenida en SAN JACINTO - SAN CLEMENTE.....	37
TABLA #8 Determinación de la Velocidad de absorción y porosidad efectiva de especímenes con muestra de agua potable.....	39
TABLA #9 Valores de velocidad de absorción y porosidad efectiva.....	41
TABLA #10 Temperatura del agua de muestras.....	42
TABLA #11 Dureza del agua de muestras.....	42
TABLA #12 Alcalinidad del agua de muestras.....	42
TABLA #13 Resultados de Índice de Langelier.....	42

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO #1 Velocidad inicial de absorción, muestra de Crucita.....	34
GRÁFICO #2 Velocidad secundaria de absorción, muestra de Crucita.....	34
GRÁFICO #3 Velocidad inicial de absorción, muestra de La Boca.....	36
GRÁFICO #4 Velocidad secundaria de absorción, muestra de La Boca.....	36
GRÁFICO #5 Velocidad inicial de absorción, muestra de SAN JACINTO - SAN CLEMENTE.....	38
GRÁFICO #6 Velocidad secundaria de absorción, muestra de SAN JACINTO - SAN CLEMENTE.....	38
GRÁFICO #7 Velocidad secundaria de absorción, muestra de agua potable.....	40
GRÁFICO #8 Velocidad secundaria de absorción, muestra de agua potable.....	40
GRÁFICO #9 Velocidad de absorción inicial y secundaria de todas las muestras.....	41

RESUMEN

La finalidad del presente trabajo de titulación fue investigar en la zona costera de Manabí, el fenómeno de absorción capilar del hormigón expuesto a entornos marinos utilizando agregados locales. Se seleccionó el tramo Crucita – San Jacinto – San Clemente, incluyendo el sector La Boca, se utilizaron los parámetros mencionados en el artículo publicado por J. J. Howland y A. R. Martín (Howland, 2013)¹ titulado “Estudio de la absorción capilar y sorptividad de hormigones con áridos calizos cubanos”, en la que se estableció límites de 10% de porosidad y 5×10^{-5} m/s^{1/2} de velocidad de absorción.

Se siguieron los lineamientos de la norma guatemalteca COGUANOR NTG41017 h23, la cual es esencialmente equivalente a la norma ASTM C1585, realizando una pequeña modificación al proceso utilizando para el cometido agua de mar proveniente de los sectores de interés obteniendo de esta manera resultados aceptables con hormigones de baja relación a/c y siempre que se cumplan las buenas prácticas constructivas.

Se realizó además mediante la obtención del índice de Langelier la caracterización del agua de las zonas de estudio dando de esta manera otro parámetro influyente en el proceso de absorción capilar del hormigón.

¹ Howland. (10 de 2013). Obtenido de file:///C:/Users/monica/Downloads/1290-1688-2-PB%20(1).pdf

SUMMARY

The purpose of this study was to investigate in the coastal zone of Manabí, the phenomenon of capillary absorption of concrete exposed to marine environments using local aggregates. The area selected was Crucita – San Jacinto - San Clemente, including La Boca, the parameters mentioned in the article published by J.J. Howland (Howland, 2013)² entitled "Study about the capillary absorption and the sorptivity of concretes with cuban limestone aggregates", in which limits of 10% porosity and $5 \times 10^{-5} \text{ m} / \text{s}^{1/2}$ absorption rate was established.

Guatemalan guidelines COGUANOR NTG41017 h23 standard is followed, which is essentially equivalent to the ASTM C1585 standard, making a small modification to the process using seawater made from the sectors of interest thereby obtaining acceptable results with low relation concrete w/c and as long as good construction practices pay off.

It was also produced by obtaining the Langelier index of water characterization study areas thus giving another influential process parameter wicking concrete.

²Howland. (10 de 2013). Obtenido de file:///C:/Users/monica/Downloads/1290-1688-2-PB%20(1).pdf

CAPÍTULO UNO

1. Problematización

1.1. Tema

“ANÁLISIS DE ABSORCIÓN CAPILAR DE LOS HORMIGONES EXPUESTOS AL ENTORNO MARINO, APLICADO EN LOS BALNEARIOS CRUCITA – SAN JACINTO – SAN CLEMENTE, MANABÍ - ECUADOR”.

1.2. Planteamiento del problema

En los balnearios Crucita, San Jacinto y San Clemente no existen estudios concretos sobre los parámetros de absorción capilar de los hormigones diseñados con agregados provenientes de las canteras locales frente a la acción agresiva del agua de mar, lo cual es apremiante si se busca mediante investigaciones lograr técnicas que permitan utilizar el agregado local en obras expuestas a dichos ambientes, además de esto es conocido que existen proyectos para la implementación de la ruta E15 (Costanera) donde se plantea la construcción de un puente en la zona de La Boca.

1.3. Formulación del problema

¿Qué índices de absorción capilar presentan los hormigones fabricados con agregados de canteras de la ciudad de Portoviejo frente a la acción agresiva del agua de mar en los balnearios Crucita – San Jacinto - San Clemente?

1.4. Delimitación del problema

La investigación se la realizará bajo las siguientes características:

1.4.1. Espacial

La investigación se realizó con enfoque en los balnearios Crucita, San Jacinto y San Clemente, utilizando laboratorios de la Universidad Técnica de Manabí, se optó por utilizar agregados de la cantera MEGAROK® de la parroquia Picoazá y se realizaron diseños y mezclas de hormigón en el cantón Manta en las instalaciones de la constructora Ciudad Rodrigo.

1.4.2. Temporal

La presente investigación se desarrolló en el periodo Mayo – Noviembre 2015.

CAPÍTULO DOS

2. Marco teórico

2.1. Antecedentes

Como referente en el presente trabajo se ha tomado a Howland (2013), quien ha realizado varias investigaciones en este campo orientándose frecuentemente en factores que afectan la integridad de las estructuras de hormigón, y cuyos trabajos han servido como guía en el presente trabajo.

En el caso de la investigación realizada por Howland (Howland, 2013)³ se puede citar:

Se llevó a cabo una investigación conjunta entre la CUJAE y el CTDMC que demostró la posibilidad de obtener en Cuba hormigones con valores de porosidad efectiva inferiores al 10%, para resistencias a compresión a 28 días no menores de 25 MPa y con relaciones agua/cemento de 0,4 y 0,5, si se cumplen los requisitos establecidos en la normativa cubana en cuanto a los tiempos mínimos de curado (sin dejar secar la superficie) y la compactación completa de los hormigones. No obstante, los valores de la velocidad de absorción capilar (sorptividad), obtenidos por cálculo a partir del mismo ensayo indicado en la Norma Cubana NC 345, no cumplieron en ninguno de los casos con los requerimientos de la RED DURAR, por lo que se recomienda efectuar una investigación más específica y completa de la velocidad de absorción capilar de los hormigones aplicando el método de ensayo de la ASTM C 1585.

En (Gonzalez, 2011)⁴ se puede conocer algunas afectaciones causadas por la porosidad de hormigones expuestos en costas ecuatorianas donde se encuentra que:

Para el caso de estructuras armadas en hormigón para aplicaciones portuarias, el agua de mar contribuye a acelerar los procesos de corrosión debido principalmente a la concentración de cloruros en el hormigón y/o carbonatación del mismo, resultados de un ambiente agresivo propio del agua de mar. (párr. 1).

³ Howland. (10 de 2013). Obtenido de file:///C:/Users/monica/Downloads/1290-1688-2-PB%20(1).pdf

⁴Gonzalez. (15 de 02 de 2011). Recuperado el 12 de 10 de 2015, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/14712>

2.2. Justificación

La provincia de Manabí lindera con el océano Pacífico lo cual le permite poseer un largo perfil costanero a su territorio. El desarrollo social y económico de la provincia trae consigo el aprovechamiento de este recurso, las obras civiles son un pilar fundamental para el mencionado desarrollo, donde los puentes y obras portuarias son muchas veces parte de estos proyectos, de esta manera se vuelven necesarias investigaciones que planteen soluciones a los problemas que pueda presentar las obras de hormigón frente a las acciones agresivas del entorno marino, mismas que podrían afectar su durabilidad.

Dicho lo anterior se puede citar el ACI 201 (ACI201.2R-08, 2008)⁵ donde se afirma que:

Cuando se construyen estructuras de hormigón en áreas costeras reclamadas por el 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 (sulfato) como la agravación de la corrosión del acero (cloruros). (p. 17).

La realización del presente trabajo trajo consigo parámetros en un campo poco explorado y de gran importancia, esperando ser un punto de partida a futuras investigaciones sobre lo referente a uso de hormigones en el entorno agresivo marino. Dentro de la zona de investigación se encuentra el sector La Boca, mismo donde se ha anunciado desde hace algunos años la construcción de un puente.

Sobre lo dicho anteriormente se puede citar de Manabí Noticias en Línea (Línea, 2013)⁶ que:

Los estudios del tramo de la ruta E15 (Costanera), desde Manta hacia San Clemente, están listos al 100 por ciento. En este consta un puente de 360 metros

⁵ACI, 2. (06 de 09 de 2001). Recuperado el 21 de 10 de 2015, de http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/ACI_201_2R_01.pdf

⁶Línea, M. N. (18 de 04 de 2013). Recuperado el 25 de 10 de 2015, de <http://manabinoticiasenlinea.blogspot.com/2013/04/puente-en-la-boca-sobre-rio-portoviejo.html>

lineales en La Boca, sobre el río Portoviejo en su encuentro con el océano Pacífico. (párr. 1).

En una publicación realizada por El Diario Manabita (Manabita, 2013)⁷ se puede apreciar lo siguiente:

Un puente de 430 metros de longitud en la desembocadura del río Portoviejo, en el sitio La Boca de Crucita, en Portoviejo, es lo que se propone como uno de los básicos de la futura vía entre Manta y Bahía. (párr. 1).

Mediante un comunicado del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPE), 2012)⁸ se conoce que:

Tramo uno: en este tramo se requiere la construcción de un puente de aproximadamente 350 metros de longitud en la desembocadura del río Portoviejo, para enlazar los poblados antes mencionados en el sitio Las Gilces de la parroquia Crucita, cantón Portoviejo. (p. 4).

En vista de lo anteriormente planteado es considerable pensar que la presente investigación sea una fuente de referencia para estudios más específicos y variados sobre los efectos de la porosidad de los hormigones frente a la acción agresiva del entorno marino a lo que corresponde al perfil costanero de Manabí.

2.3. Absorción Capilar

Para entender el concepto de absorción capilar citamos en primer lugar la obra de Bizzotto et al. (Bizzotto, 2006)⁹ Donde se puede citar que:

La transferencia de masa o materia en el hormigón se produce por dos mecanismos básicos; el escurrimiento del agua intersticial en fase líquida y el transporte por

⁷Manabita, E. D. (31 de 03 de 2013). Recuperado el 28 de 10 de 2015, de <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/257529-puente-en-la-boca/>

⁸Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPE). (15 de 09 de 2012). Recuperado el 02 de 11 de 2015, de http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/ReportajeEspecial_Via_Costanera_15-09-2012.pdf

⁹Bizzotto, M. B. (2006). Recuperado el 04 de 11 de 2015, de <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt2006/07-Tecnologicas/2006-T-067.pdf>

difusión en la estructura de poros. En el primer caso, la causa del movimiento del agua es la existencia de un gradiente de presión (fuerza impulsora) ocasionado por una diferencia de presiones hidrostáticas (caso de una presa), por efecto de tensiones capilares (ascenso capilar y secado parcial) u otras situaciones equivalentes.

El parámetro que cuantifica la capacidad de transporte por este mecanismo es la permeabilidad del material. Al poner una muestra de hormigón seco en contacto con el agua se produce un gradiente de presión entre el exterior y el interior y se induce una absorción capilar que conduce el líquido desde las partes más húmedas hacia las más secas. Este movimiento se ve influenciado por las del líquido (viscosidad, densidad y tensión superficial) y por las características del sólido poroso (permeabilidad, estructura de poros y energía superficial). (p. 2).

La mezcla y los materiales utilizados son un punto a tener en cuenta a la hora de prever factores que afecten la capilaridad en los hormigones, citando la obra de Wainzstein y Sota (Wainzstein, s.f.)¹⁰, se entiende que:

La pasta de cemento y los áridos contienen poros. Además el hormigón tiene vacíos causados por compactación incompleta (aire naturalmente incorporado) o por exudación. Luego los hormigones normales endurecidos de construcción tienen volúmenes de poros comprendidos entre el 8 y 25 por ciento, ese volumen de poros nos proporciona sólo la suma de poros en porcentual, pero nada expresa acerca del tamaño de los mismos, de su forma o de la distribución, factores que tienen notable influencia sobre esta propiedad que estamos analizando. (p. 1).

2.4. Porosidad del hormigón

Analizando la obra de (Howland, 2013)¹¹ se puede apreciar:

La porosidad del hormigón está reconocida en todo el mundo como uno de los parámetros que más influye en el mecanismo de transporte de los agentes agresivos hacia el interior de su estructura. Específicamente dentro del estado poroso-capilar del hormigón es la porosidad efectiva, o sea, la porosidad interconectada y conectada a su vez con el exterior, la que tiene una influencia decisiva en el intercambio de humedad

¹⁰ Wainzstein, M. (s.f.). Recuperado el 05 de 11 de 2015

¹¹ Howland. (10 de 2013). Obtenido de file:///C:/Users/monica/Downloads/1290-1688-2-PB%20(1).pdf

con el entorno y por lo tanto en la materialización de dichos mecanismos de transporte, por lo que la medida de la porosidad efectiva de los hormigones es a su vez una medida del grado de durabilidad que estos garantizan a las estructuras de hormigón y hormigón armado, frente a los agentes agresivos. (p. 1).

Queda claro con lo anteriormente analizado que la porosidad del hormigón es un indicador de su durabilidad, dicho esto analicemos el concepto de durabilidad del Comité ACI 201 (ACI201.2R-08, 2008)¹² del cual podemos citar que:

La durabilidad del hormigón de cemento hidráulico se define como su capacidad para resistir la acción de la meteorización, los ataques químicos, la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro. Un hormigón durable conservará su forma, calidad y serviciabilidad originales al estar expuesto a su ambiente. (p. 2).

La seriedad de este asunto es evidente en la obra de Wainzstein (Wainzstein, s.f.)¹³, donde se muestra que:

La durabilidad del hormigón puede ser afectada peligrosamente por la penetración de líquidos agresivos o cuando el hidróxido de calcio que se forma como producto de hidratación del cemento es lavado por circulación del agua dentro del hormigón. Esta penetración del líquido depende de la permeabilidad del hormigón, la que también determina la facilidad con que el hormigón puede ser saturado. (p. 1).

2.5. Permeabilidad

Analizando la obra de (Mattio, 2014)¹⁴ es claro que:

El hormigón es un material poroso. El volumen, tamaño y distribución de los poros y sus características, regulan la rapidez con que el hormigón absorbe agua y otros líquidos y gases, y su permanencia en los mismos. Se entiende como permeabilidad la velocidad con que el agua y otros líquidos fluyen a través del hormigón.

Una permeabilidad mayor del hormigón al agua, va a ser función de la permeabilidad de la pasta, de la permeabilidad y granulometría del agregado y de la

¹²ACI, 2. (06 de 09 de 2001). Recuperado el 21 de 10 de 2015, de http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/ACI_201_2R_01.pdf

¹³ Wainzstein, M. (s.f.). Recuperado el 05 de 11 de 2015

¹⁴Mattio, M. E. (2014). Recuperado el 12 de 11 de 2015, de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1576/PS%20Mattio,%20Mar%C3%ADa%20Eugenia.pdf?sequence=1>

proporción relativa de la pasta con respecto al agregado. La permeabilidad de la pasta depende también de la relación agua/cemento y del grado de hidratación del cemento, además de la duración y calidad del curado.

Un hormigón permeable es propenso a su desintegración, porque el agua que penetra en sus poros se expande por congelación sometándolo a tensiones que no puede soportar. Igualmente la fácil penetración de sulfatos, ácidos y otros productos químicos agresivos aceleran el proceso de destrucción del hormigón, así como de las barras de acero en los hormigones armados. Por lo anteriormente expuesto, la reducción de la permeabilidad es una manera efectiva para mejorar la durabilidad del hormigón. (p. 16).

Influencias de la relación a/c

Citando a Mattio (Mattio, 2014)¹⁵ se analiza que:

La relación a/c afecta no solamente la resistencia a la compresión del hormigón. Sino también su permeabilidad. Con menores relaciones a/c, la concentración creciente de granos de cemento en la pasta deja menos espacio entre ellos para ser ocupados por el agua, al estar unidos unos con otros.

Inicialmente el espacio entre los granos de cemento forma una red continua llena de agua, formada por los poros capilares. A medida que los granos de cemento se van hidratando, generan cristales que bloquean los poros y esto hace al hormigón menos penetrante. Los poros pequeños son bloqueados más fácilmente que los grandes, y mientras más granos de cemento tengan (menor relación a/c) el bloqueo será mayor, con lo que se consigue una menor permeabilidad y un hormigón más durable. (p. 16).

Bajo la línea de Mattio (Mattio, 2014)¹⁶ se puede analizar:

Los agregados ocupan alrededor del 75% del volumen absoluto del hormigón, por lo tanto tienen gran influencia en las propiedades del mismo. No sólo limitan la resistencia del hormigón en muchos casos, sino que sus propiedades también afectan

¹⁵Mattio, M. E. (2014). Recuperado el 12 de 11 de 2015, de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1576/PS%20Mattio,%20Mar%C3%ADa%20Eugenia.pdf?sequence=1>

¹⁶Mattio, M. E. (2014). Recuperado el 12 de 11 de 2015, de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1576/PS%20Mattio,%20Mar%C3%ADa%20Eugenia.pdf?sequence=1>

al desempeño del mismo durante su vida útil (durabilidad). Mientras mayor cantidad de agua demande la granulometría para una cierta trabajabilidad, mayor será la permeabilidad del hormigón frente a sustancias agresivas que lo penetren y lo deterioren; por lo tanto menor será la durabilidad. (p. 17).

Influencia de la interface pasta – agregado

Mattio (Mattio, 2014)¹⁷ nos explica que:

La zona de interface pasta – agregado presenta siempre una mayor porosidad, debido a distintos fenómenos: condiciones de hidratación diferentes, efecto pared, acumulación de agua exudada. El tamaño y la granulometría del agregado afectan las características de exudación del hormigón, lo cual a su vez afecta la resistencia de la zona de transición. Durante los periodos iniciales de hidratación, dicha zona es vulnerable a la fisuración, debido a los pequeños esfuerzos entre la pasta de cemento y el agregado, inducidos generalmente por la retracción por secado, contracción térmica y cargas aplicadas externamente. Las fisuras producidas poseen un tamaño mucho mayor que la mayoría de las cavidades capilares presentes en la matriz de la pasta de cemento, y por lo tanto son capaces de establecer las interconexiones que aumentan la permeabilidad del sistema. (p. 17).

2.6. Ensayos de campo

Para la presente investigación fue necesarios realizar comprobaciones de la resistencia a la compresión a los diseños realizados, donde se optó por trabajar con una resistencia de 35 MPA (350 kg/cm²), una vez comprobadas las resistencias fue necesarios el estudio del agua de los balnearios seleccionados tomando puntos estratégicos los cuales son: Crucita, La Boca, San Jacinto – San Clemente, una vez tomadas las muestras se obtuvo el índice de Langelier, después de identificar los parámetros del agua se procedió a realizar el ensayo de velocidad de absorción y porosidad efectiva.

Índice de Langelier

Analizando el artículo referente al tema en Nord Consultores (Consultores, s.f.)¹⁸ Se puede entender:

¹⁷Mattio, M. E. (2014). Recuperado el 12 de 11 de 2015, de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1576/PS%20Mattio,%20Mar%C3%ADa%20Eugenia.pdf?sequence=1>

¹⁸ Consultores, N. (s.f.). Obtenido de <http://www.nordconsultors.es/indice-langelier.html>

El índice de Langelier es un índice para calcular el carácter incrustante o agresivo del agua y tiene que ver con los diversos equilibrios en el agua del anhídrido carbónico, bicarbonato-carbonatos, el PH, la temperatura, la concentración de calcio y la salinidad total.

Es importante para poder controlar la incrustación o la corrosión en las redes de distribución del agua y para las instalaciones domésticas. 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.

Velocidad de absorción

La Comisión Guatemalteca de Normas ((COGUANOR), 2013)¹⁹ establece:

El desempeño del concreto sujeto a muchos ambientes agresivos, es en gran medida una función de la penetrabilidad del sistema de poros. En un concreto no saturado la velocidad de ingreso del agua y otros líquidos es controlada en gran medida por la absorción debida al ascenso capilar.

2.7. Visualización del alcance del estudio

Tema:

“ANÁLISIS DE ABSORCIÓN CAPILAR DE LOS HORMIGONES EXPUESTOS AL ENTORNO MARINO, APLICADO EN LOS BALNEARIOS CRUCITA – SAN JACINTO – SAN CLEMENTE, MANABÍ - ECUADOR”.

2.7.1. Aporte social

En cuanto al aspecto social, este tipo de investigación al buscar la eficiencia del uso del hormigón en el entorno marino brindará un grado de durabilidad y por ende seguridad a las obras construidas en ambientes costaneros. A lo anterior se suma el proyecto de la construcción de la vía costanera, la cual comprendería un puente en el

¹⁹(COGUANOR), C. G. (09 de 08 de 2013). Recuperado el 12 de 11 de 2015, de file:///C:/Users/monica/Downloads/norma%20ntg%2041017%20h23%20astm%20c1585-13.pdf

sector La Boca, mismo que hace necesarios estudios referentes al efecto del agua sobre el hormigón que se emplee en dicha estructura.

2.7.2. Aporte económico

Referente a lo económico, esta investigación podría ahorrar dinero en lo concerniente a la compra de agregados para hormigón provenientes de partes lejanas a la provincia, esto si los resultados así lo llegasen a indicar.

2.7.3. Aporte científico

Quizás el aporte de mayor importancia, pues se espera con el presente trabajo sentar las bases para futuros estudios que involucren todo el perfil costanero de la provincia de Manabí, en cuanto a las propiedades de los hormigones diseñados con agregados locales frente acciones agresivas del entorno marino.

2.8. Hipótesis

Los hormigones diseñados con agregados locales (cantera MEGAROK®), siguiendo procesos de diseño y dosificación adecuados serán capaces de cumplir con los parámetros recomendados de velocidad de absorción capilar para entornos marinos, asegurando de este modo un parámetro en cuanto a su durabilidad.

2.9. Variables y su operacionalización

2.9.1. Variable dependiente

*Absorción capilar de los hormigones.

2.9.2. Variable independiente

*Entorno marino.

Operacionalización.

Variable dependiente: Absorción capilar de los hormigones.

CONCEPTO	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICA/ INSTRUMENTO
Citando a Bizzotto, Marcela B., Astori, Raúl E., Sanguinetti y Bibiana M. (Bizzotto, 2006) ²⁰ Se puede decir: La transferencia de masa o materia en el hormigón se	Análisis de la absorción capilar.	Velocidad de absorción.	¿Son aptos los hormigones con agregados de la cantera MEGAROK® de cumplir los requerimientos de	Ensayos: Determinación de velocidad de absorción

²⁰Bizzotto, M. B. (2006). Recuperado el 04 de 11 de 2015, de <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt2006/07-Tecnologicas/2006-T-067.pdf>

produce por dos mecanismos básicos; el escurrimiento del agua intersticial en fase líquida y el transporte por difusión en la estructura de poros.		Porosidad efectiva.	<p>velocidad de absorción para entornos marinos?</p> <p>¿Cumplen los requerimientos de porosidad efectiva los hormigones diseñados con agregados de la cantera MEGAROK® ?</p>	Determinación de porosidad efectiva
--	--	---------------------	---	-------------------------------------

Variable independiente: Entorno marino

CONCEPTO	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICA/ INSTRUMENTO
Ecosistema delimitado por zonas costeras, formado por grandes masas de agua.	Índice de Langelier.	<p>Agua en equilibrio (IL = 0).</p> <p>Agua corrosiva (IL < 0).</p> <p>Agua incrustante (IL > 0).</p>	<p>¿Cuál de los balnearios seleccionados cuenta con mayor nivel de corrosión?</p> <p>¿Bajo qué muestra de agua los especímenes sufrirán mayor velocidad de absorción?</p>	<p>Ensayo:</p> <p>Determinación del Índice de Langelier.</p>

CAPÍTULO TRES

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Investigar la absorción capilar de hormigones expuestos al agua de los balnearios Crucita, San Jacinto y San Clemente con materiales de la cantera MEGAROK® de Picoazá.

3.2. Objetivos específicos

- Determinar si los hormigones diseñados con agregados de la cantera MEGAROK® del cantón Picoazá tienen los niveles de velocidad de absorción necesarios para ser utilizados en ambientes marinos.
- Comparar la acción de absorción capilar entre los balnearios seleccionados.
- Realizar un análisis de las características del agua de cada balneario seleccionado.

3.3. Campo de acción

El presente trabajo investigativo toma como campo de acción el estudio del hormigón simple y sus características de permeabilidad exponiéndolo al entorno marino, lo cual es aplicable a todo tipo estudios para obras costaneras, portuarias o donde se desee medir parámetros de capilaridad en hormigones.

CAPÍTULO CUATRO

4. Diseño metodológico

4.1. Metodología

El presente trabajo de titulación es de carácter investigativo, tomando acción de campo, al ser un fenómeno palpable en nuestro medio y exploratorio por ser un campo poco investigado en nuestro medio.

4.2. Muestreo

Diseño del hormigón

Para el diseño de hormigón empleado se utilizaron agregados de la cantera MEGAROK® del cantón Picoazá, donde se eligieron para los diseños piedra #6, piedra no. #7, arena fina y arena homogenizada. El cemento utilizado fue de tipo HE (alta resistencia a edades tempranas), se empleó agua potable de la zona y aditivos de dos tipos: SIKAMENT® - N 100 (superplastificante, reductor de agua) y SIKARETARDER® (retardante de fraguado).

Muestras de agua

Para los ensayos de velocidad de absorción e índice de Langelier se tomaron tres muestras de agua de mar: Crucita, La Boca, San Jacinto – San Clemente.

Resistencia a la compresión del hormigón

Para determinar la resistencia a la compresión del diseño seleccionado (35 MPa) se utilizaron especímenes de 10 x 20 cm y se siguió el proceso normalizado ASTM C 39.

Ensayo de velocidad de absorción

Una vez verificada la resistencia del diseño se procedió a seguir los parámetros del ensayo de velocidad de absorción normalizado utilizando la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR ((COGUANOR), 2013)²¹, la cual es una traducción fiel de la norma americana ASTM C1585 (C1585, 2007)²².

²¹(COGUANOR), C. G. (09 de 08 de 2013). Recuperado el 12 de 11 de 2015, de file:///C:/Users/monica/Downloads/norma%20ntg%2041017%20h23%20astm%20c1585-13.pdf

²²C1585, A. (12 de 2007). Obtenido de ftp://ftp.ecn.purdue.edu/olek/PTanikela/To%20Prof.%20Olek/ASTM%20standards/Rate%20of%20absorption%20of%20water%20C%201585.pdf

Consultores, N. (s.f.). Obtenido de <http://www.nordconsultors.es/indice-langelier.html>

4.3. Técnicas de recolección de datos

Se emplearon técnicas de recolección de datos tales como:

- Observación in situ.
- Uso de guías y normas.
- Uso de páginas web.
- Uso de revistas científicas.
- Ensayos de laboratorio.

4.4. Instrumentos técnicos

- Cámaras fotográficas.
- Cuadernos de apuntes.
- Datos de laboratorio.
- Computadoras.

CAPÍTULO CINCO

5. Desarrollo de la Investigación

5.1. Ensayos de agregados

Los ensayos de agregados orientados a los parámetros de la norma ACI 211 para diseños de mezclas de hormigón se realizaron en la cantera MEGAROK[®], utilizando los agregados de la misma. Los ensayos realizados para el diseño fueron: granulometría, peso unitario, gravedad específica.

Fueron ensayados cuatro tipos de agregado: piedra #6, piedra #7, arena fina y arena homogenizada, cuyos resultados se encuentran detallados en el **Anexo 2** del presente trabajo.

5.2. Diseño de hormigón

Una vez finalizados los ensayos de agregados en la cantera MEGAROK[®] se realizó el diseño del hormigón, donde se contó con la colaboración de la empresa privada CIUDAD RODRIGO[®]. El diseño se efectuó bajo los parámetros de la norma ACI 211 y se optó por un diseño de 35 MPa (350 kg/cm²), el cual se muestra detalladamente en el **Anexo 3**.

5.3. Pruebas de compresión

Se realizaron las pruebas de compresión siguiendo la norma ASTM C39, donde se obtuvieron los siguientes valores de resistencia plasmados en las siguientes tablas:

MUESTRAS DE ANÁLISIS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN						% TOTAL
	PRUEBA A LOS 7 DÍAS DE CURADO - (07/10/2015)						
	PESO (g)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	RESISTENCIA		%	
MPa				kg/cm ²			
ESPÉCIMEN # 1	3920	10,2	20,1	29,07	296,51	84,72	86,05
ESPÉCIMEN # 2	3885	10,2	20,1	30	306,00	87,43	
ESPÉCIMEN # 3	3867	10,2	20,1	29,51	301,00	86,00	

Tabla 1. Resistencia obtenida a los 7 días de curado.

MUESTRAS DE ANÁLISIS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN						% TOTAL
	PRUEBA A LOS 14 DÍAS DE CURADO - (14/10/2015)						
	PESO (g)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	RESISTENCIA		%	
				MPa	kg/cm ²		
ESPÉCIMEN # 1	3910	10,2	20,2	30,77	313,85	89,67	89,53
ESPÉCIMEN # 2	3900	10,2	20,2	30,67	312,83	89,38	
ESPÉCIMEN # 3	3890	10,2	20,2	30,73	313,45	89,56	

Tabla 2. Resistencia obtenida a los 14 días de curado.

MUESTRAS DE ANÁLISIS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN						% TOTAL
	PRUEBA A LOS 28 DÍAS DE CURADO - (29/10/2015)						
	PESO (g)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	RESISTENCIA		%	
				MPa	kg/cm ²		
ESPÉCIMEN # 1	3905	10,2	20,1	37,24	379,85	108,53	109,60
ESPÉCIMEN # 2	3915	10,2	20,3	38,04	388,01	110,86	
ESPÉCIMEN # 3	3880	10,2	20,2	37,55	383,01	109,43	

Tabla 3. Resistencia obtenida a los 28 días de curado.

Según lo visto anteriormente se logró una resistencia óptima llegando a un 109.60 % de la resistencia a los 28 días, lo cual garantiza el buen diseño da paso al estudio planteado.

5.4. Velocidad de absorción y porosidad efectiva

La realización de este ensayo fue guiada por la norma COGUANOR NTG 41017 H23¹⁹, la cual es equivalente a la norma ASTM C1585²⁰

Especímen de ensayo

Luego de la saturación a la que fueron sometidos los cilindros se procedió a realizar los cortes con tronzadora según las medidas especificadas en la norma (diámetro 100 ± 6 mm, altura 50 ± 3 mm).

Preparación de los especímenes

Previo a su acondicionamiento fueron pre-saturados, en este caso al haber sometido a 28 días bajo curado los especímenes se optó por evadir una segunda saturación, una vez saturados los especímenes fueron medidos y pesados con un margen de error de 0.01g, posterior a esto se colocaron los especímenes en un horno o cámara ambiental a una temperatura de 50 ± 2 °C durante 3 días, transcurridos los 3 días se colocaron los

especímenes en recipientes buscando buena ventilación y evitando que toquen las paredes del contenedor, esto se realizó en un periodo de unos 10 a 15 días a 23 °C.

Procedimiento

Se retiraron los especímenes de los contenedores y se tomaron las masas de los especímenes, luego se miden diámetros y se obtienen diámetros promedios.

Obtenidos los datos anteriores se procedió a sellar los especímenes en sus partes laterales, y en la cara destinada a la parte superior se colocó una película de plástico para evitar absorción del ambiente.

Se utilizaron tres muestras de agua de mar (Crucita, La Boca, San Jacinto – San Clemente) y además se tomó como referencia agua potable utilizando cuatro especímenes por muestra de agua (16 en total). Utilizando apoyos de silicona de 5mm se colocaron los especímenes en las distintas muestras de agua y se procedió a seguir los intervalos de toma de masas especificados en la **Tabla 4**.

Tiempo del ensayo		Raíz cuadrada del tiempo ($t^{1/2}$)
Días	s	
	0	0
	60	8
	300	17
	600	24
	1200	35
	1800	42
	3600	60
	7200	85
	10800	104
	14400	120
	18000	134
	21600	147
1	92220	304
2	193200	440
3	268500	518
5	432000	657
6	527580	726
7	622200	789
8	691200	831

Tabla 4. Intervalos de tiempo para la obtención de masa de los especímenes.

CRUCITA:

Datos de espécimen		Tiempo del ensayo		Raíz cuadrada del tiempo ($t^{1/2}$)	Masa (g)	Δ Masa (g)	Masa/área/densidad del agua (mm)	Porosidad efectiva (%)	
Diámetro	101,600 mm	Días	s						
Espesor	50,800 mm		0	0	903,100	0,000	0,000	0	0
Área exp	8,107 mm ²		60	8	905,720	2,620	0,323	0,006	0,646
Área	0,008 m ²		300	17	906,605	3,505	0,432	0,009	0,865
Altura	0,050 m		600	24	908,018	4,918	0,607	0,012	1,213
			1200	35	909,375	6,275	0,774	0,015	1,548
			1800	42	910,568	7,467	0,921	0,018	1,842
			3600	60	912,670	9,570	1,180	0,024	2,361
			7200	85	914,180	11,080	1,367	0,027	2,733
			10800	104	915,318	12,218	1,507	0,030	3,014
			14400	120	918,095	14,995	1,850	0,037	3,699
			18000	134	918,628	15,527	1,915	0,038	3,830
			21600	147	919,783	16,683	2,058	0,041	4,115
		1	92220	304	929,098	25,997	3,207	0,064	6,413
		2	193200	440	932,968	29,867	3,684	0,074	7,368
		3	268500	518	934,313	31,213	3,850	0,077	7,700
		5	432000	657	935,693	32,593	4,020	0,080	8,040
		6	527580	726	936,860	33,760	4,164	0,083	8,328
		7	622200	789	937,995	34,895	4,304	0,086	8,608
		8	691200	831	938,618	35,518	4,381	0,088	8,762

Tabla 5. Determinación de la Velocidad de absorción y porosidad efectiva de especímenes con muestra obtenida en Crucita.

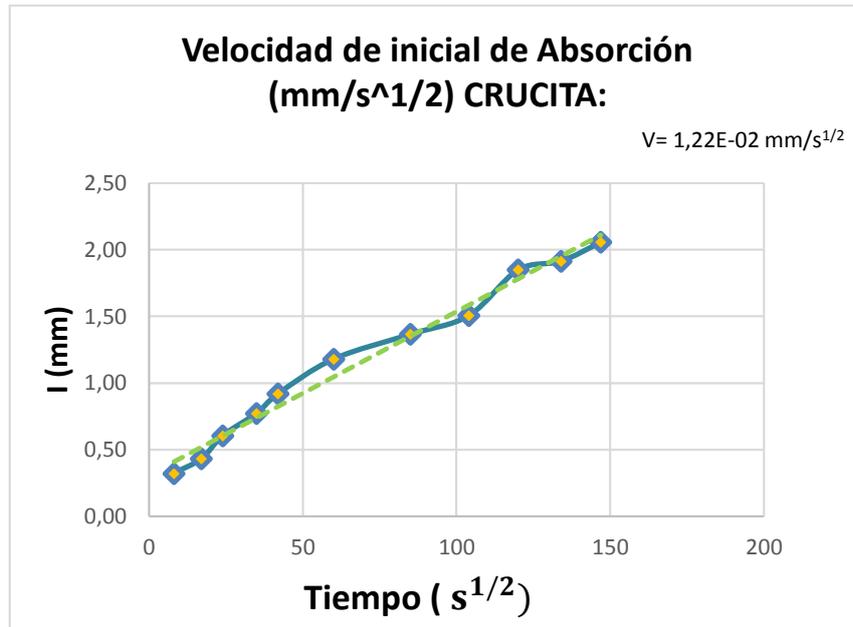


Gráfico 1. Velocidad inicial de absorción, muestra de Crucita.

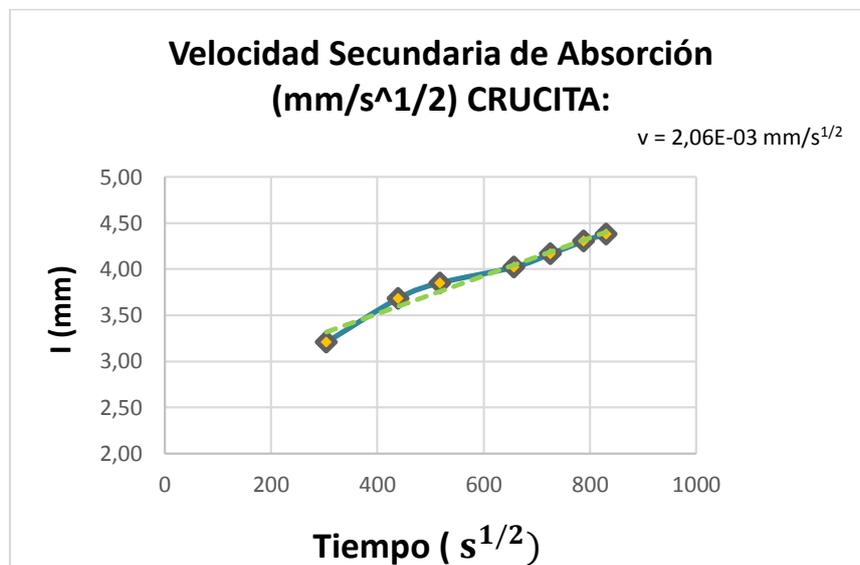


Gráfico 2. Velocidad secundaria de absorción, muestra de Crucita.

LA BOCA:

Datos de espécimen		Tiempo del ensayo		Raíz cuadrada del tiempo ($t^{1/2}$)	Masa (g)	Δ Masa (g)	Masa/área/densidad del agua (mm)	Porosidad efectiva (%)	
Diámetro	101,600 mm	Días	s					0,000	0,000
Espesor	50,800 mm		0	0	927,493	0,000	0,000	0,000	0,000
Área exp	8,107 mm ²		60	8	930,278	2,785	0,344	0,007	0,687
Área	0,008 m ²		300	17	931,450	3,958	0,488	0,010	0,976
Altura	0,050 m		600	24	932,803	5,310	0,655	0,013	1,310
			1200	35	934,185	6,693	0,826	0,017	1,651
			1800	42	935,333	7,840	0,967	0,019	1,934
			3600	60	937,340	9,848	1,215	0,024	2,429
			7200	85	938,800	11,308	1,395	0,028	2,789
			10800	104	939,870	12,378	1,527	0,031	3,053
			14400	120	940,808	13,315	1,642	0,033	3,285
			18000	134	941,300	13,808	1,703	0,034	3,406
			21600	147	942,295	14,803	1,826	0,037	3,652
		1	92220	304	953,050	25,558	3,153	0,063	6,305
		2	193200	440	956,558	29,065	3,585	0,072	7,170
		3	268500	518	958,130	30,637	3,779	0,076	7,558
		5	432000	657	959,033	31,540	3,890	0,078	7,781
		6	527580	726	959,988	32,495	4,008	0,080	8,016
		7	622200	789	960,970	33,478	4,129	0,083	8,259
		8	691200	831	961,515	34,023	4,197	0,084	8,393

Tabla 6. Determinación de la Velocidad de absorción y porosidad efectiva de especímenes con muestra obtenida en La Boca.

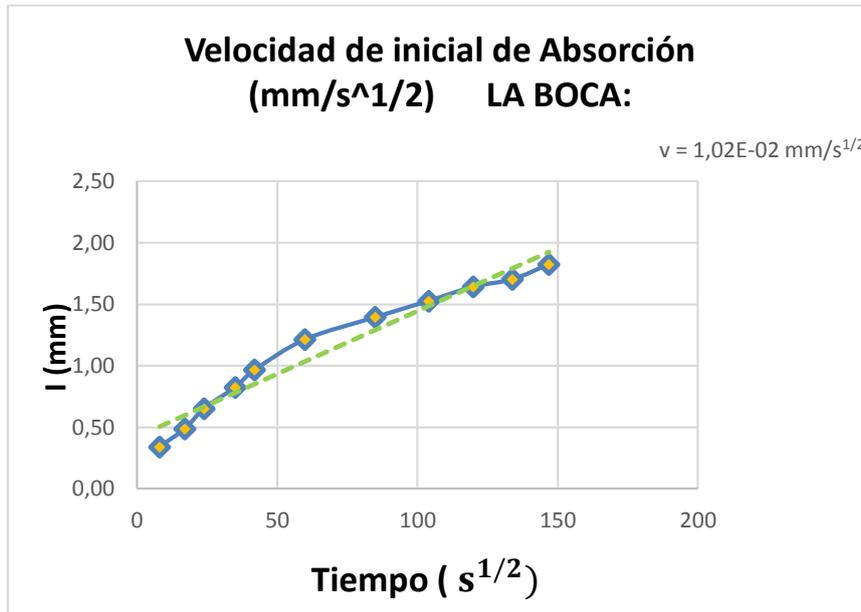


Gráfico 3. Velocidad inicial de absorción, muestra de La Boca.

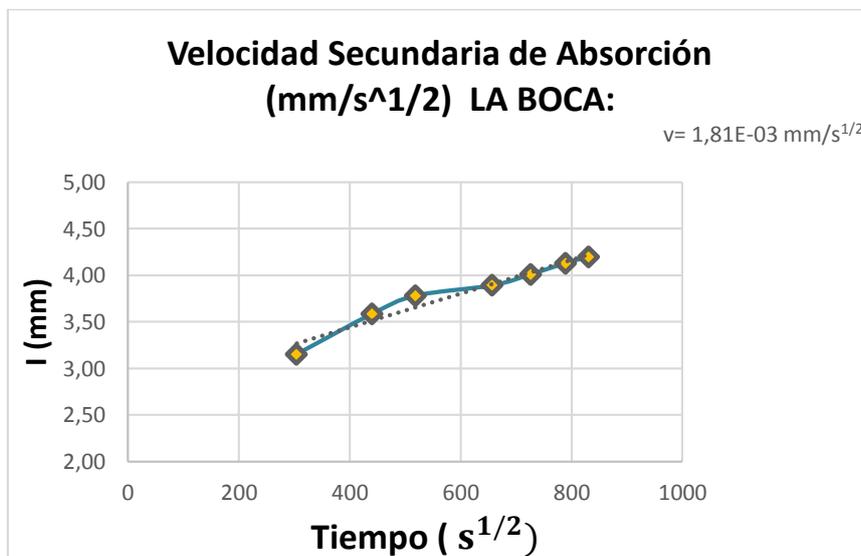


Gráfico 4. Velocidad secundaria de absorción, muestra de La Boca.

SAN JACINTO - SAN CLEMENTE

Datos de espécimen		Tiempo del ensayo		Raíz cuadrada del tiempo (t ^{1/2})	Masa (g)	Δ Masa (g)	Masa/área/densidad del agua (mm)	Porosidad efectiva (%)	
Diámetro	101,600 mm	Días	s					0,000	0,000
Espesor	50,800 mm		0	0	895,218	0,000	0,000	0,000	0,000
Área exp	8,107 mm ²		60	8	899,315	4,098	0,505	0,010	1,011
Área	0,008 m ²		300	17	900,500	5,283	0,652	0,013	1,303
Altura	0,050 m		600	24	901,860	6,643	0,819	0,016	1,639
			1200	35	903,318	8,100	0,999	0,020	1,998
			1800	42	904,578	9,360	1,155	0,023	2,309
			3600	60	907,030	11,813	1,457	0,029	2,914
			7200	85	908,410	13,193	1,627	0,033	3,254
			10800	104	909,603	14,385	1,774	0,035	3,549
			14400	120	910,628	15,410	1,901	0,038	3,802
			18000	134	912,815	17,598	2,171	0,043	4,341
			21600	147	915,388	20,170	2,488	0,050	4,976
		1	92220	304	924,083	28,865	3,561	0,071	7,121
		2	193200	440	927,313	32,095	3,959	0,079	7,918
		3	268500	518	928,540	33,323	4,110	0,082	8,220
		5	432000	657	929,545	34,328	4,234	0,085	8,468
		6	527580	726	930,573	35,355	4,361	0,087	8,722
		7	622200	789	931,728	36,510	4,504	0,090	9,007
		8	691200	831	932,368	37,150	4,582	0,092	9,165

Tabla 7. Determinación de la Velocidad de absorción y porosidad efectiva de especímenes con muestra obtenida en SAN JACINTO - SAN CLEMENTE.

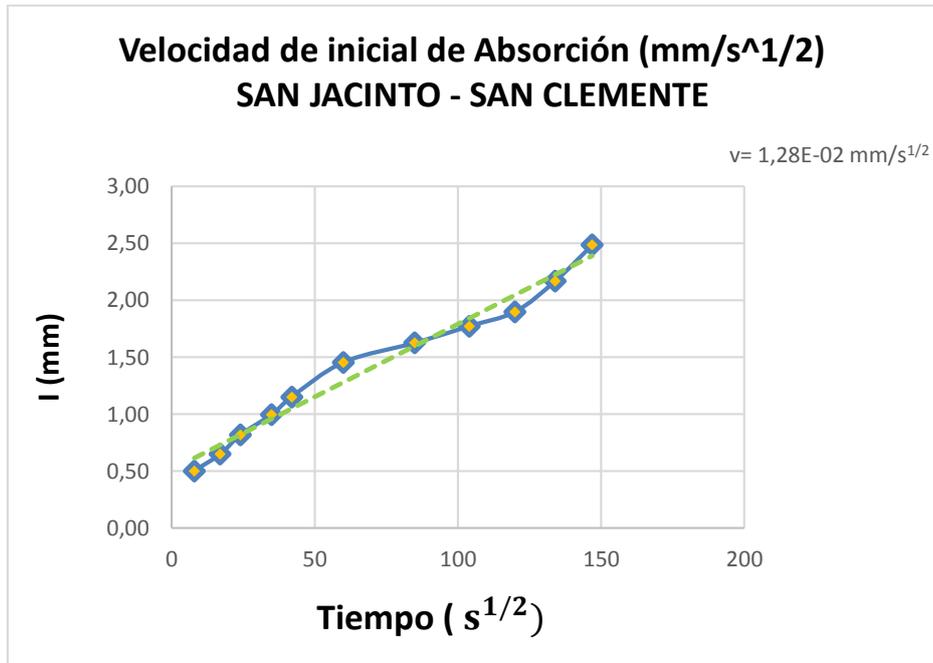


Gráfico 5. Velocidad inicial de absorción, muestra de SAN JACINTO - SAN CLEMENTE.

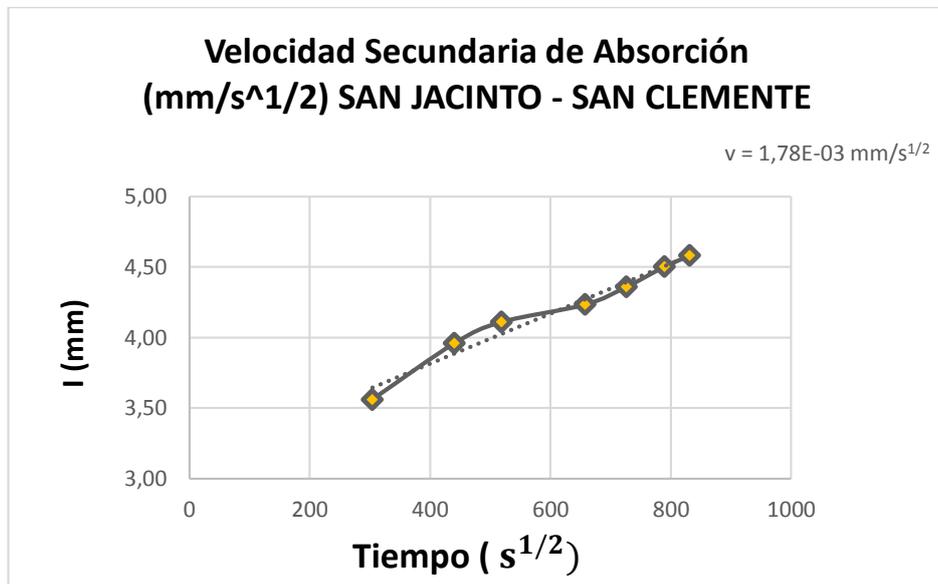


Gráfico 6. Velocidad secundaria de absorción, muestra de SAN JACINTO - SAN CLEMENTE.

AGUA POTABLE

Datos de espécimen		Tiempo del ensayo		Raíz cuadrada del tiempo ($t^{1/2}$)	Masa (g)	Δ Masa (g)	Masa/área/densidad del agua (mm)	Porosidad efectiva (%)	
Diámetro	101,600 mm	Días	s					0,000	0,000
Espesor	50,800 mm		0	0	914,763	0,000	0,000	0,000	0,000
Área exp	8,107 mm ²		60	8	917,818	3,055	0,377	0,008	0,754
Área	0,008 m ²		300	17	921,490	6,728	0,830	0,017	1,660
Altura	0,050 m		600	24	923,395	8,633	1,065	0,021	2,130
			1200	35	925,693	10,930	1,348	0,027	2,696
			1800	42	927,715	12,953	1,598	0,032	3,195
			3600	60	931,608	16,845	2,078	0,042	4,156
			7200	85	934,613	19,850	2,449	0,049	4,897
			10800	104	937,033	22,270	2,747	0,055	5,494
			14400	120	939,248	24,485	3,020	0,060	6,040
			18000	134	940,898	26,135	3,224	0,064	6,447
			21600	147	943,010	28,248	3,484	0,070	6,968
		1	92220	304	970,965	56,203	6,933	0,139	13,865
		2	193200	440	978,700	63,938	7,887	0,158	15,773
		3	268500	518	981,138	66,375	8,187	0,164	16,374
		5	432000	657	981,910	67,148	8,283	0,166	16,565
		6	527580	726	982,505	67,743	8,356	0,167	16,711
		7	622200	789	983,625	68,863	8,494	0,170	16,988
		8	691200	831	984,378	69,615	8,587	0,172	17,173

Tabla 8. Determinación de la Velocidad de absorción y porosidad efectiva de especímenes con muestra de agua potable.

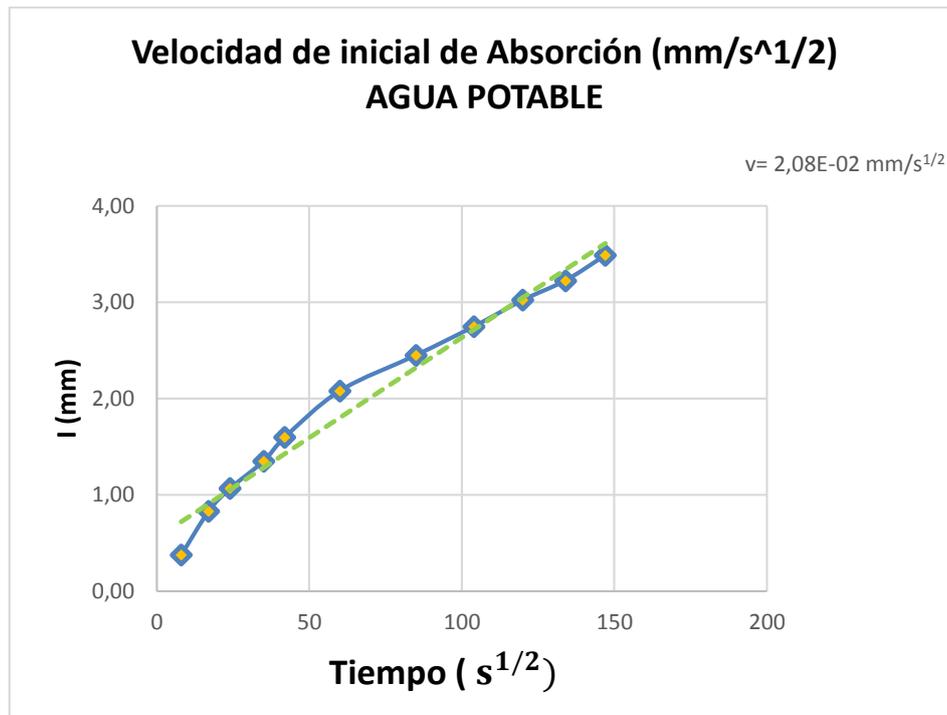


Gráfico 7. Velocidad secundaria de absorción, muestra de agua potable.

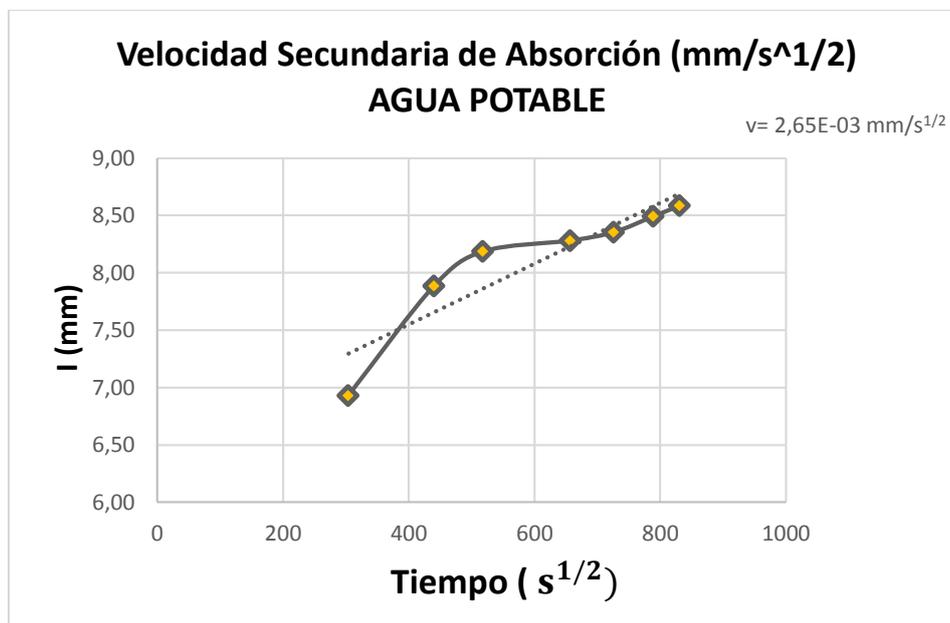


Gráfico 8. Velocidad secundaria de absorción, muestra de agua potable.

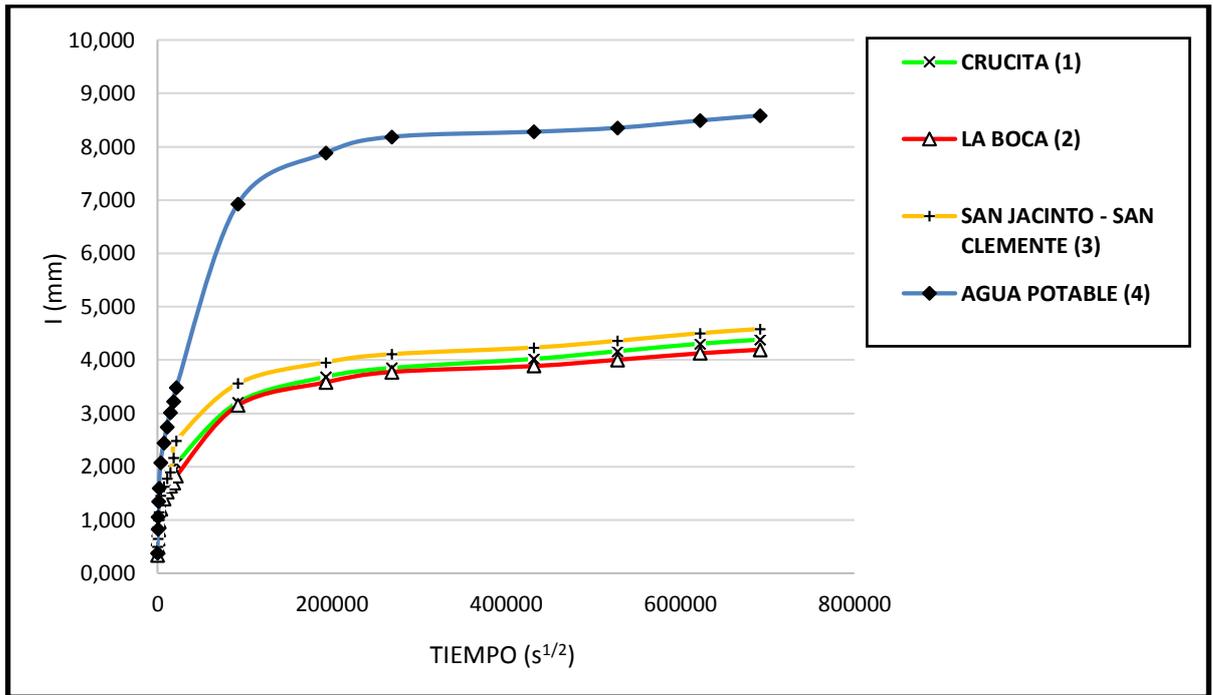


Gráfico 9. Velocidad de absorción inicial y secundaria de todas las muestras.

Resumen de datos:

MUESTRA.	Porosidad efectiva (%)	Velocidad de abs. primaria (mm/s ^{1/2})	Velocidad de abs. secundaria (mm/s ^{1/2})
CRUCITA	8,762	1,20E-02	2,06E-03
LA BOCA	8,393	1,02E-02	1,81E-03
SAN JACINTO - SAN CLEMENTE	9,165	1,28E-02	1,78E-03
AGUA POTABLE	17,173	2,08E-02	2,65E-03

Tabla 9. Valores de velocidad de absorción y porosidad efectiva.

5.5. Caracterización del agua de muestreo en base al Índice de Langelier (IL)

El índice de Langelier define el equilibrio del PH en el agua, definiéndola como corrosiva o incrustante, de manera que:

- Si IL es igual a cero: el agua está perfectamente equilibrada.
- Si IL es negativo: el agua es corrosiva.
- Si IL es positivo: el agua es incrustante.

Para la determinación del Índice de Langelier, se utilizaron los números del uno al tres para referirse a Crucita, La Boca, San Jacinto – San Clemente respectivamente.

Fue necesario obtener: temperatura, dureza, alcalinidad y PH del agua de las zonas del muestro, obteniendo los siguientes resultados:

TEMPERATURA	
MUESTRA	°C
1	27,7
2	27,7
3	27,7

Tabla 10. Temperatura del agua de muestras.

DUREZA			
MUESTRA	EDTA (ML)	DUREZA (g)	DUREZA (ppm)
1	7	4,200	42,000
2	7	4,200	42,000
3	7	4,200	42,000

TABLA #11 Dureza del agua de muestras.

ALCALINIDAD			
MUESTRA	0,02N (ml)	CLORUROS (g)	CLORUROS (ppm)
1	1	20,000	200,000
2	0,2	4,000	40,000
3	0,3	6,000	60,000

Tabla 12. Alcalinidad del agua de muestras.

Resultados:

MUESTRA	IL	CONDICIÓN
1	-0,1035	CORROSIVA
2	-0,8235	CORROSIVA
3	-0,4235	CORROSIVA

Tabla 13. Resultados de Índice de Langelier.

CAPÍTULO SEIS

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

Previo al análisis de resultados cabe destacar que el procedimiento del ensayo de velocidad de absorción contempla el uso de únicamente de agua potable, como se cita a continuación de la norma NTG 41017 h23 ((COGUANOR), 2013)²³:

El procedimiento de absorción se lleva a cabo a una temperatura ambiente de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ con agua potable acondicionada a la misma temperatura. (p. 15).

Como se ha mostrado en la presente investigación, se utilizó el procedimiento normado del ensayo de velocidad de absorción, experimentando este fenómeno con agua de mar y comparándolo con agua potable empleando el mismo muestro de hormigón y obteniendo resultados muy dispares abriendo una brecha entre las muestras de agua de mar y el agua potable.

Los parámetros de referencia en cuanto a la velocidad de absorción y la porosidad efectiva serán referenciados de la investigación de Howland²², donde se establecen como límites el 10% para la porosidad efectiva y $5 \times 10^{-5} \text{ m/s}^{1/2}$ ($5 \times 10^{-2} \text{ mm/s}^{1/2}$) para velocidad de absorción.

Basados en lo dicho anteriormente se concluye que:

- En cuanto a la velocidad de absorción capilar, los especímenes expuestos a las muestras de agua de mar mantuvieron cierta relación de proximidad como vemos en el *GRÁFICO 9*, siendo la muestra #3 la de mayor absorción, registrando un $1.78 \times 10^{-3} \text{ mm/s}^{1/2}$ (*GRÁFICO 6*) valor que coloca dicha muestra por debajo del valor límite mencionado anteriormente ($5 \times 10^{-2} \text{ mm/s}^{1/2}$).
- En cuanto a la porosidad efectiva la muestra #3 alcanzó un 9.165 %, valor ligeramente por debajo de lo establecido anteriormente (no más del 10%). Las

²³(COGUANOR), C. G. (09 de 08 de 2013). Recuperado el 12 de 11 de 2015, de file:///C:/Users/monica/Downloads/norma%20ntg%2041017%20h23%20astm%20c1585-13.pdf

muestras #1 y #2 obtuvieron valores de 8.762 % y 8.393 % respectivamente, los cuales se mantienen en mejor balance respecto al límite establecido.

- Este análisis demuestra que bajo las condiciones de los entornos marinos seleccionados y utilizando los materiales de la cantera MEGAROK® es posible obtener hormigones resistentes a dichos entornos y ofrecer niveles de absorción capilar brindando un parámetro de durabilidad a estructuras portuarias, puentes entre otros que podrían realizarse a futuro en las zonas de muestreo.
- En lo que respecta al Índice de Langelier se pudo constatar que los valores para los tres muestreos fueron negativos, indicando que el agua en de las tres muestras es corrosiva.
- La obvia diferencia entre los resultados obtenidos de velocidad de absorción y porosidad efectiva entre las muestras de agua de mar y el agua potable se debe a la densidad de ambas, donde el agua de mar presenta comúnmente una mayor densidad (1027 kg/m³ aprox.) que el agua potable (1000 kg/m³ aprox.)

6.2. Recomendaciones

- Ampliar la presente investigación utilizando materiales de diversas canteras de la provincia de Manabí.
- Ajuste de los diseños de hormigón con variadas relaciones a/c.
- El muestreo de otras playas de las costas manabitas, determinando la absorción y el índice de Langelier.
- Sería de gran ayuda complementar la presente investigación con estudios de corrosión de estructuras de hormigón armado en el ambiente marino para de esta manera entender los efectos del agua de mar sobre sobre la integridad de una obra civil y las consecuencias de la absorción capilar del hormigón.

CAPÍTULO SIETE

7.1. Presupuesto referencial

Descripción	valor
Transporte	\$200
Alimentación	\$150
Ensayos y estudios	\$250
Alquiler de equipos	\$120
Hojas y copias e impresiones	\$100
Anillado y empastado	\$50
Imprevistos	\$150
Total	\$1020

7.2. Cronograma valorado

Total: \$1020

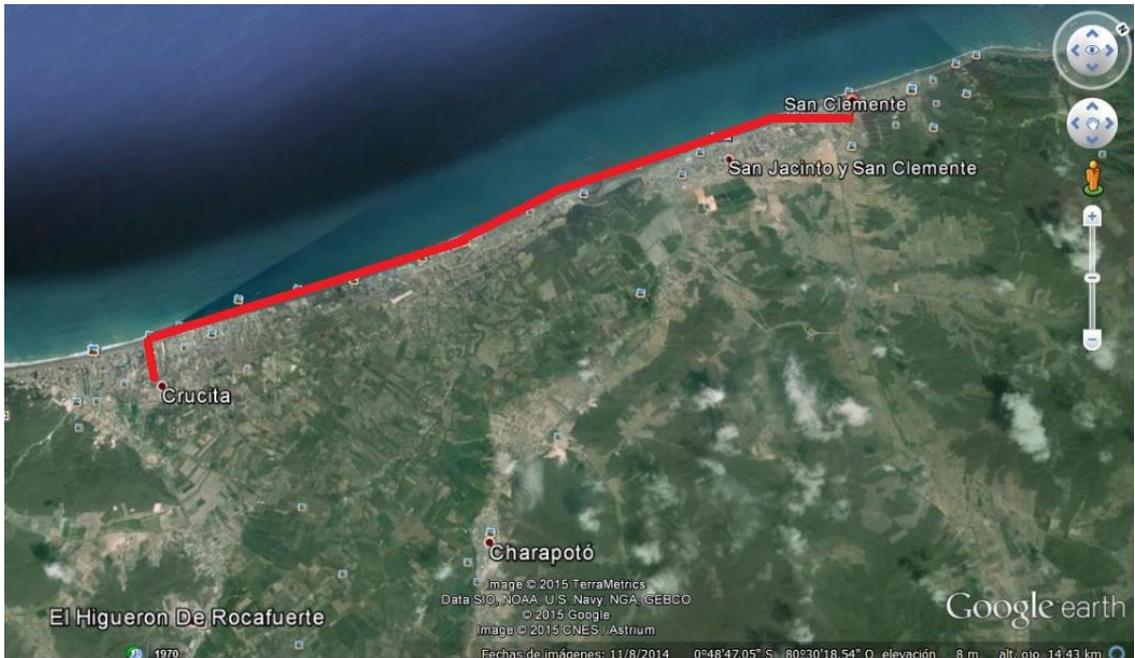
Actividades	Tiempo en semanas										Recursos		Valor
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Humanos	Materiales	
Estudio	X										Grupo de tesis, director de tesis	Equipos de laboratorio.	\$ 200
Diagnóstico		X	X								Grupo de tesis, director de tesis	Visita técnica	\$ 200
Análisis			X	X							Grupo de tesis, director de tesis	Visita técnica – laboratorio.	\$ 300
Cálculo y diseño				X	X	X	X	X	X		Grupo de tesis, director de tesis	Equipos de laboratorio	\$ 250
Sustentación										X	Grupo de tesis, tribunal de tesis	Equipos de oficina	\$ 70

Referencias Bibliográficas

1. (COGUANOR), C. G. (09 de 08 de 2013). Recuperado el 12 de 11 de 2015, de <file:///C:/Users/monica/Downloads/norma%20ntg%2041017%20h23%20astm%20c1585-13.pdf>
2. ACI, 2. (06 de 09 de 2001). Recuperado el 21 de 10 de 2015, de http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/ACI_201_2R_01.pdf
3. Bizzotto, M. B. (2006). Recuperado el 04 de 11 de 2015, de <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt2006/07-Tecnologicas/2006-T-067.pdf>
4. C1585, A. (12 de 2007). Obtenido de <ftp://ftp.ecn.purdue.edu/olek/PTanikela/To%20Prof.%20Olek/ASTM%20standards/Rate%20of%20absorption%20of%20water%20C%201585.pdf>
5. Consultores, N. (s.f.). Obtenido de <http://www.nordconsultors.es/indice-langelier.html>
6. Gonzalez. (15 de 02 de 2011). Recuperado el 12 de 10 de 2015, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/14712>
7. Howland. (10 de 2013). Obtenido de [file:///C:/Users/monica/Downloads/1290-1688-2-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/monica/Downloads/1290-1688-2-PB%20(1).pdf)
8. Línea, M. N. (18 de 04 de 2013). Recuperado el 25 de 10 de 2015, de <http://manabinoticiasenlinea.blogspot.com/2013/04/puente-en-la-boca-sobre-rio-portoviejo.html>
9. Manabita, E. D. (31 de 03 de 2013). Recuperado el 28 de 10 de 2015, de <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/257529-puente-en-la-boca/>
10. Mattio, M. E. (2014). Recuperado el 12 de 11 de 2015, de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1576/PS%20Mattio,%20Mar%20C3%ADa%20Eugenia.pdf?sequence=1>
11. *Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB)*. (15 de 09 de 2012). Recuperado el 02 de 11 de 2015, de http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/ReportajeEspecial_Via_Costanera_15-09-2012.pdf
12. Wainzstein, M. (s.f.). Recuperado el 05 de 11 de 2015

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del proyecto



Zona de estudio del presente proyecto Crucita – San Jacinto – San Clemente.

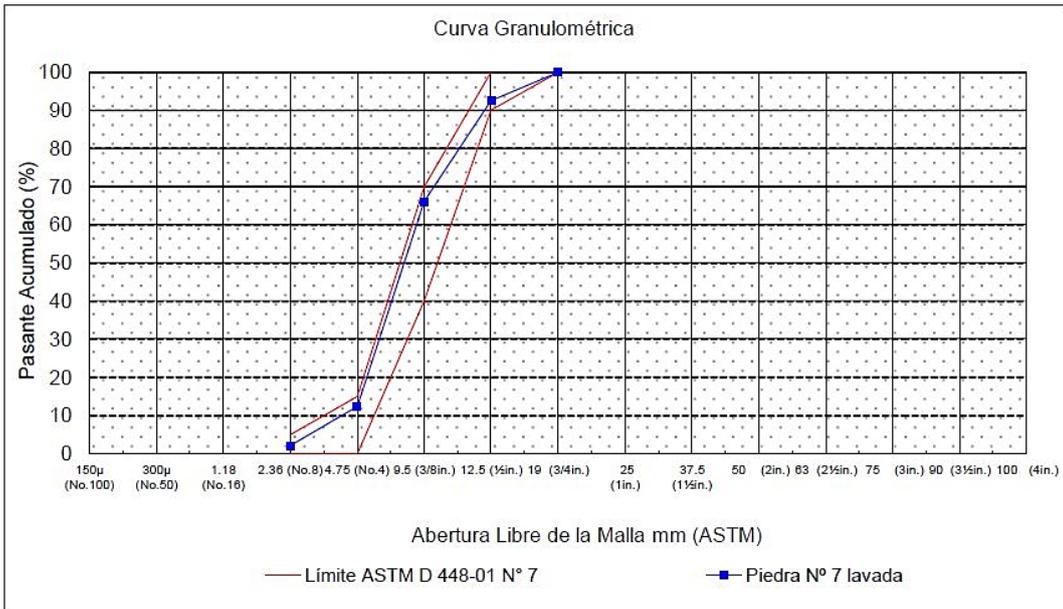
Anexo #2 Ensayos de agregados para diseño de hormigón.



Megarok s.a

Granulometría de Agregado Grueso

Planta:	Picoazá		Fecha de Muestreo:	08-09-15	
Agregado:	Piedra N° 7 lavada		Fecha de Ensayo:	08-09-15	
Fuente:	Stock (Producción)		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

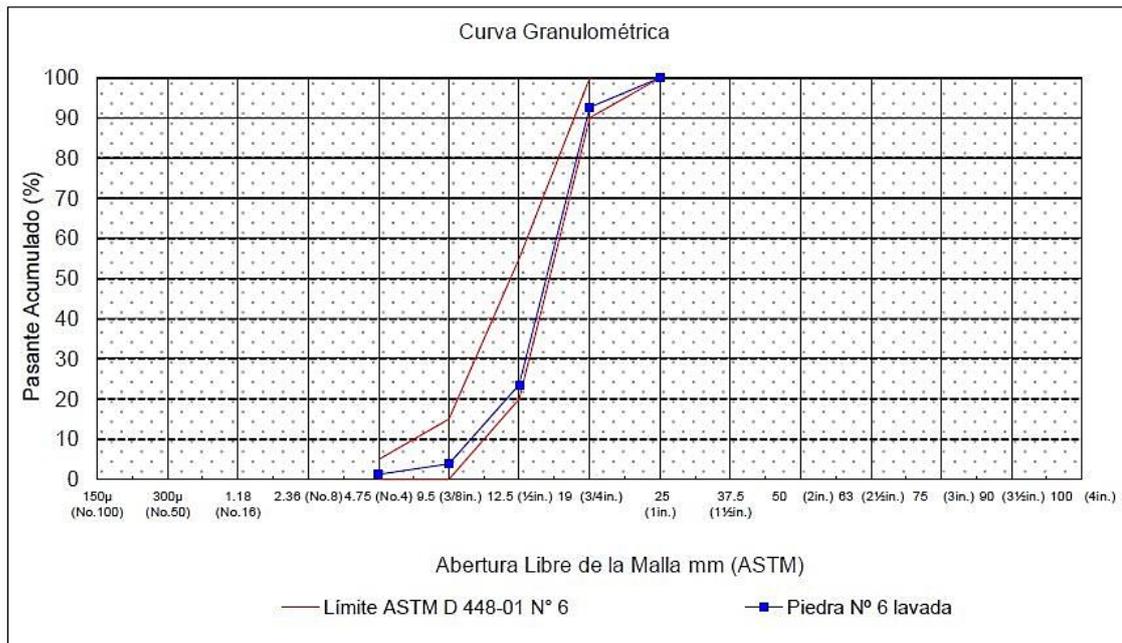


MEGAROK S.A.

Granulometría de Agregado Grueso

KMAT-H00-RC05

Planta:	Picoazá			Muestreo fecha:	08-09-15
Agregado:	Piedra Nº 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

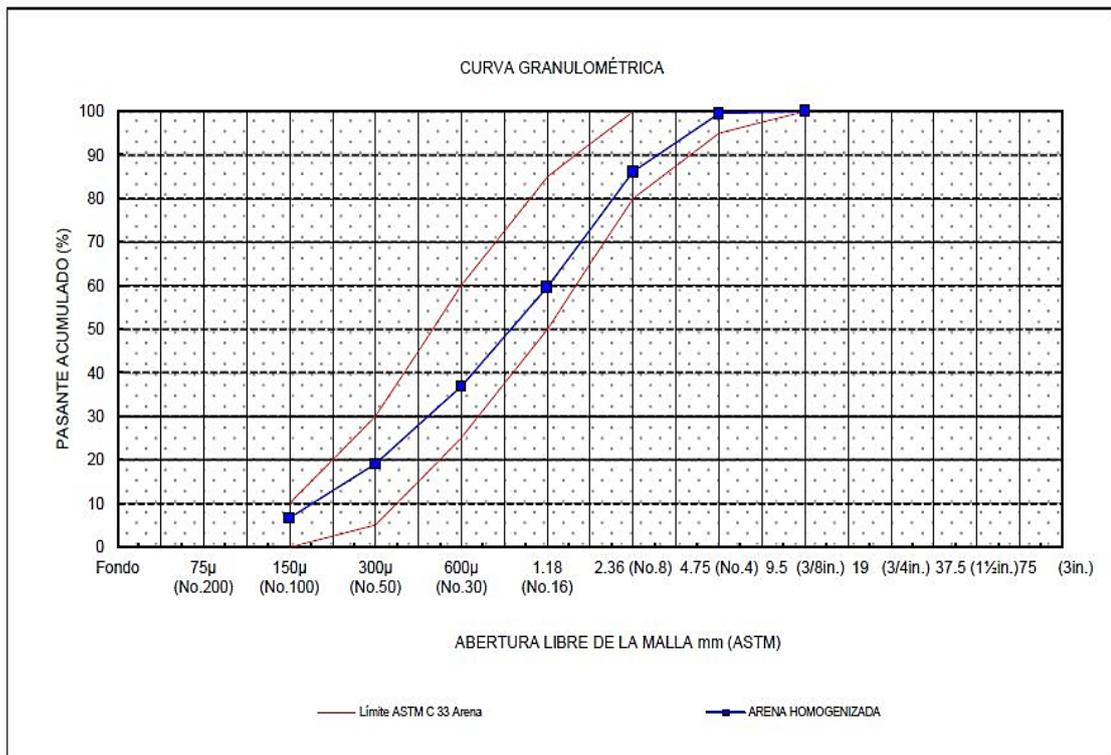


Megarok S.A.

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

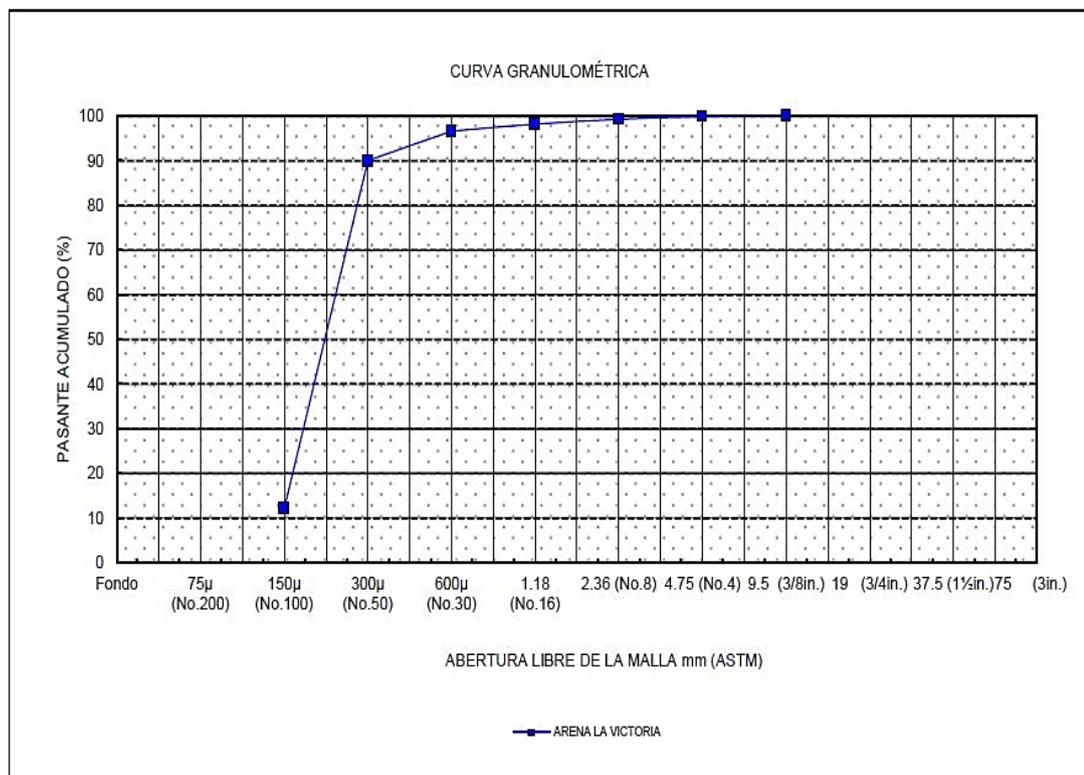


Megarok S.A.

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



Masa Unitaria Suelta y Compactada NTE INEN 858

Planta: Holcim Picoazá											
Fecha	Muestra	Origen	Recipiente		Recipiente+Muestra Suel		PUS kg/m ³	Recipiente+Muestra Comp		PUC kg/m ³	Hecho Por
			Vol. cm ³	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 Ecuador S.A.

Agregado Grueso Densidad y Absorción de Agua

KMAT-H00-RC06

Planta: Picoazá										
Fecha	Muestra	Origen	A g	B g	C g	Ds kg/m ³	Dsss kg/m ³	D kg/m ³	Po %	Hecho Por
20-Aug-15	Piedra N°6	Picoazá	4317	4491	2770	2502	2603	2784	4.03	Luis Mora
20-Aug-15	Piedra N°7	Picoazá	2825.8	2833.5	1810	2509	2605	2775	3.81	Luis Mora

- NORMA: Nomenclatura según norma INEN 857:
- A: Masa en el aire de la muestra secada al horno
 - B: Masa en el aire de la muestra en estado saturado superficialmente seco
 - C: Masa en el agua de la muestra en estado saturado
 - Ds: Densidad de Volumen a 23 C del árido grueso seco
 - Dsss: Densidad de Volumen a 23 C del árido grueso en estado saturado superficialmente seco
 - D: Densidad aparente del árido a 23 C
 - Po: Porcentaje de absorción de agua del árido grueso



Agregado Fino Densidad y Absorción de Agua

KMAT-H00-RC07

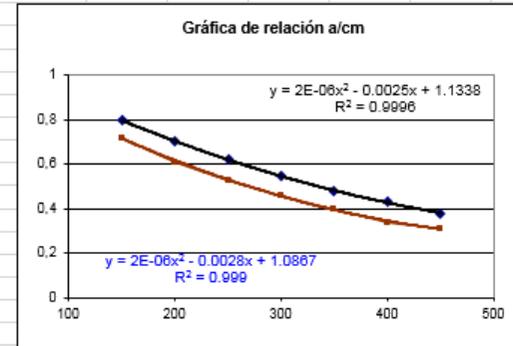
Planta: Picoazá											
Fecha	Muestra	Origen	A g	B g	S g	C g	Ds kg/m ³	Dsss kg/m ³	D kg/m ³	Po %	Hecho Por
26-Aug-15	Arena fina	Planta	401.6	670.9	500	975.6	2510.9	2554	2624	1.7	Luis Mora
26-Aug-15	Arena Hogeni	Planta	468.8	670.9	500	986.1	2283.3	2435	2694	6.7	Luis Mora

- Nomenclatura Según INEN 856
- A: Masa en el aire de la muestra secada al horno
 - B: Masa del matraz lleno de agua hasta la marca de calibración
 - S: Masa en el aire de la muestra en estado saturado superficialmente seco
 - C: Masa del matraz con la muestra lleno de agua hasta la marca de calibración
 - Ds: Densidad de Volumen a 23 C del árido fino seco
 - Dsss: Densidad de Volumen a 23 C del árido fino en estado saturado superficialmente seco
 - D: Densidad aparente del árido fino a 23 C
 - Po: Porcentaje de absorción de agua del árido fino

Responsable: Luis Mora

Anexo 3. Diseño de hormigón basado en ACI 211

Hoja de cálculo para mezclas según ACI 211													
Datos de Mezcla			Resistencia a 28 días Kglcm²		Relación a/cm								
Resistencia	350	Kglcm ²			sin aire	con aire							
Tamaño Piedra	19	mm	450	0,38	0,31								
Módulo de Arena	2,92		400	0,43	0,34								
Aire Incorporado	no		350	0,48	0,4								
Asentamiento	120	mm	300	0,55	0,46								
Densidad Cemento	3000	Kglm ³	250	0,62	0,53								
Densidad Agua	1000	Kglm ³	200	0,7	0,61								
Densidad Piedra	2604	Kglm ³	150	0,8	0,72								
Densidad Arena	2435	Kglm ³											
PUC Piedra	1498,665	Kglm ³											
PUS Piedra	1387	Kglm ³											
PUC Arena	1566,94	Kglm ³											
PUS Arena	1428,3	Kglm ³											
% Reducción agua por Aditivo	18	%											
Sobre volumen	0	%											
Desviación Standard	3												
Porcentaje Aditivo 1	0,4	%	Retarder	Tabla para agua efectiva									
Porcentaje Aditivo 2	1	%	N100	Tamaño de Piedra (mm)									
Porcentaje Aditivo 3	0	%		Asentamiento	9,5	12,5	19	25	37,5	50	75	150	
				25	50	207	193	190	179	166	154	130	113
				75	100	228	216	205	193	181	169	145	124
				150	175	243	228	216	202	190	178	160	
				% Aire incorporado		3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Cálculo de Dosificación					Tabla volumen compactado de agregado								
Resistencia de diseño	391,004	Kglcm ²			T. Piedra								
Relación aguacemento	0,46				Módulo de finura arena								
Ajuste de agua	4	litros			mm	2,4	2,6	2,8	3,0				
Agua efectiva tabla	205	litros			9,5	0,5	0,48	0,46	0,44				
Agua efectiva con ajustes	171	litros			12,5	0,59	0,57	0,55	0,53				
Porcentaje de aire	2	%			19	0,66	0,64	0,62	0,6				
Cantidad de Cemento	444	Kg			25	0,71	0,69	0,67	0,65				
Volumen compactado piedra	0,6				37,5	0,75	0,73	0,71	0,69				
Peso Piedra	899	Kg			50	0,78	0,76	0,74	0,72				
Volumen Cemento	0,147889	m ³			75	0,82	0,8	0,78	0,76				
Volumen Agua	0,17138	m ³			150	0,87	0,85	0,83	0,81				
Volumen Piedra	0,3453145	m ³											
Volumen Aire	0,02	m ³											
Volumen Arena	0,3154165	m ³											
Peso Arena	768	Kg											
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							



Página 1

Diseño Final en peso en SSS	Producto	350	Kg/cm ²	Asentamiento	12	cm	Densidad	2288	Kg/m ³	a/c	0,386281		
	Cemento	444	Agua	Piedra 1	Piedra 2	Arena 1	Arena 2	Aditivo 1	Aditivo 2	Aditivo 3			
		171	629	270	768	0	1,77	4,43667	0				
Diseño Final al volumen	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			
Diseño Final en peso corregidas humedades	Producto	3000	Kg/cm ²	Asentamiento	149,8665	cm	Densidad	2288	Kg/m ³	a/c	0,394193		
	Cemento	444	Agua	Piedra 1	Piedra 2	Arena 1	Arena 2	Aditivo 1	Aditivo 2	Aditivo 3			
		175	618	268	778	0	1,77	4,43667	0				
Bacth	30	litros											
	cemento	agua	piedra 6	piedra 7	arena hom.	retarder	n100						
	13.31	5.25	18.55	8.03	23.34	53.24	133.10						

Anexo 4. Ensayo de materiales en la cantera MEGAROK®



Junto al Ing. Mario Macías tomando material para realizar ensayos.



Junto al Ing. Mario Macías sometiendo a saturación agregado grueso.

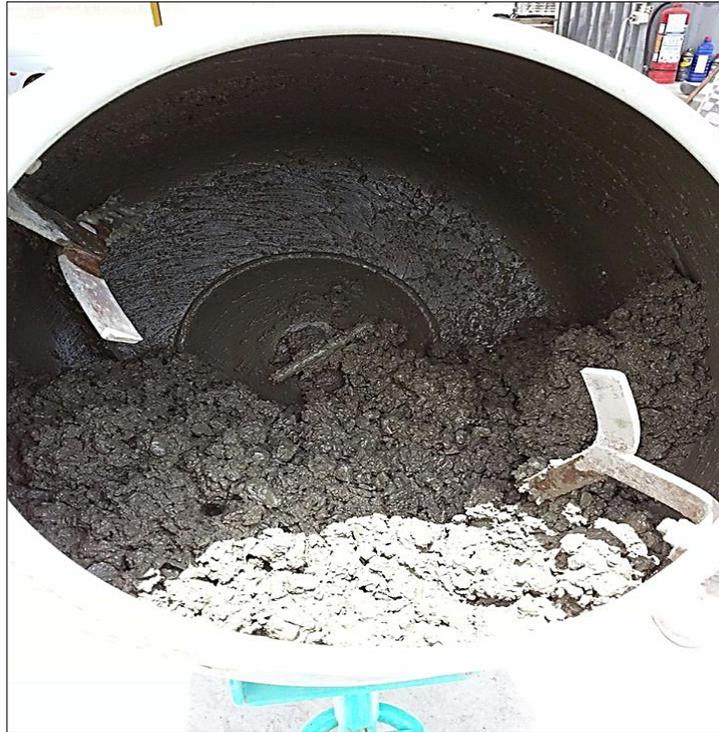


Utilizando el Matraz para Ensayo de Gravedad Específica de agregado fino.



Secado en materias en cocina.

Anexo 5. Preparación del hormigón de 35 MPa.



Mescla en concretera de cemento y agregados.



Prueba de revenimiento.



Vertimiento de concreto fresco en moldes.



Cilindros de hormigón 100x200 mm.



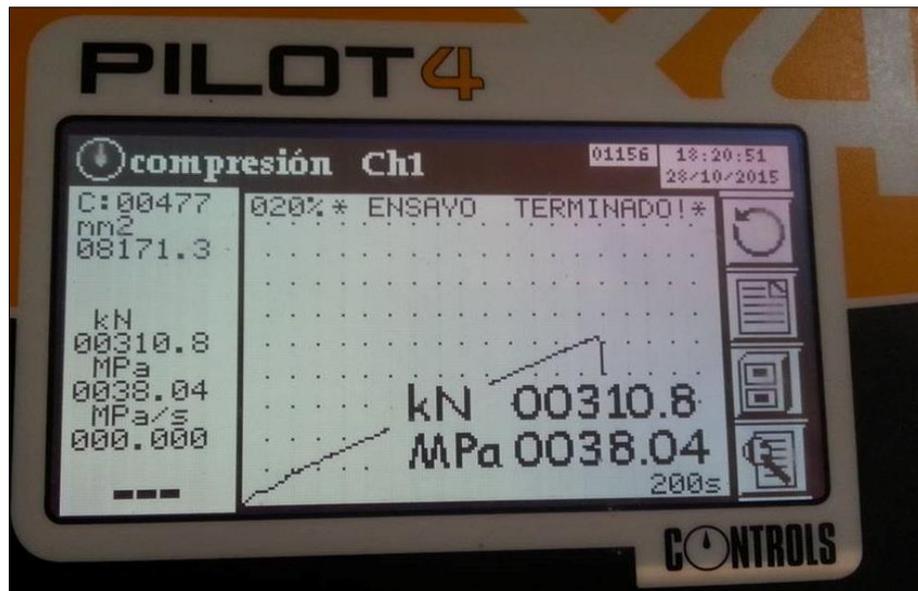
Cilindros de hormigón luego de 24 horas en molde listos para el curado.



Cilindros marcados en proceso de curado.



Prueba de compresión de hormigón.

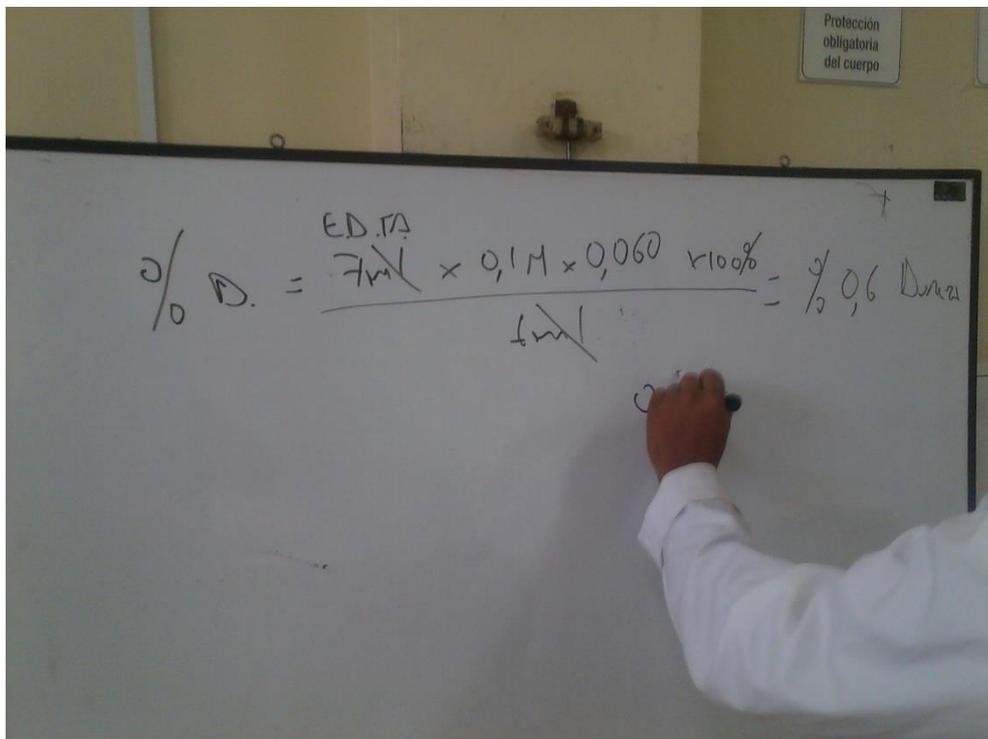


Resultado de panel digital emitido por máquina de compresión, prueba a los 28 días.

Anexo 6. Proceso para obtención de Índice de Langelier.



Muestras de agua de los balnearios Crucita, La Boca, San Jacinto – San Clemente.



Explicación de fórmula de dureza.



Ensayos para la determinación del índice de Langelier.

Anexo 7. Preparación de especímenes para ensayo ASTM C1585.



Junto al tutor del presente trabajo Ing. Juan Carlos Guerra Mera en el proceso de corte de cilindros con máquina tronzadora para ensayo ASTM C1585.



Corte con tronzadora.



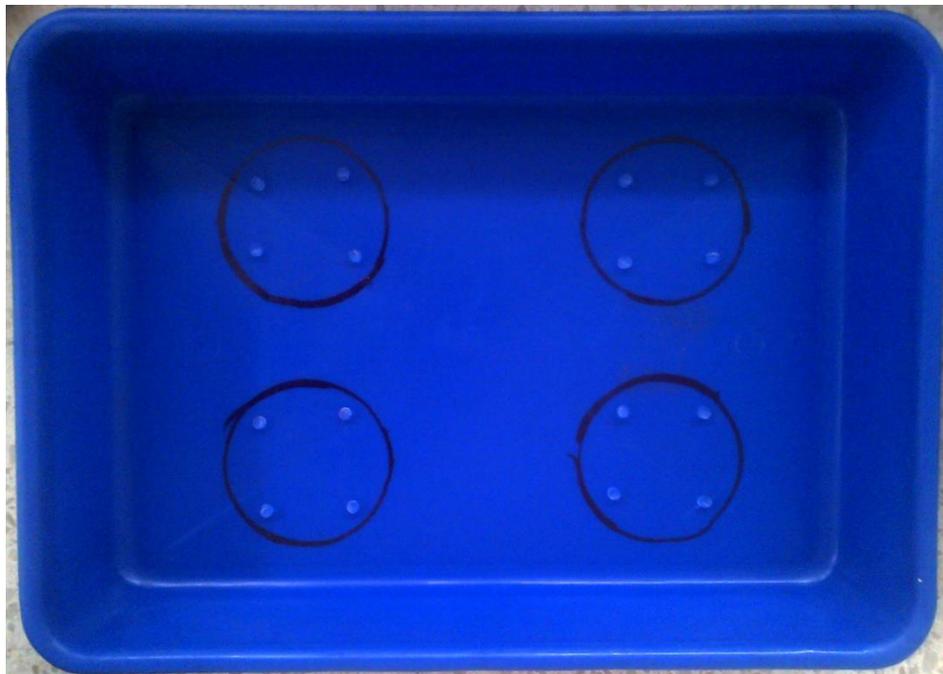
Cilindros cortados en medidas normadas para ensayo ASTM C1585 (100X50 mm).



Pequeña cocina eléctrica utilizada para derretir parafina.



Espécimen sellado con parafina en los bordes y tapada con funda plástica y una liga para proteger la cara superior.



Lavacara rectangular utilizada para colocar los discos con agua.



Pesaje de discos previo a la exposición de agua.



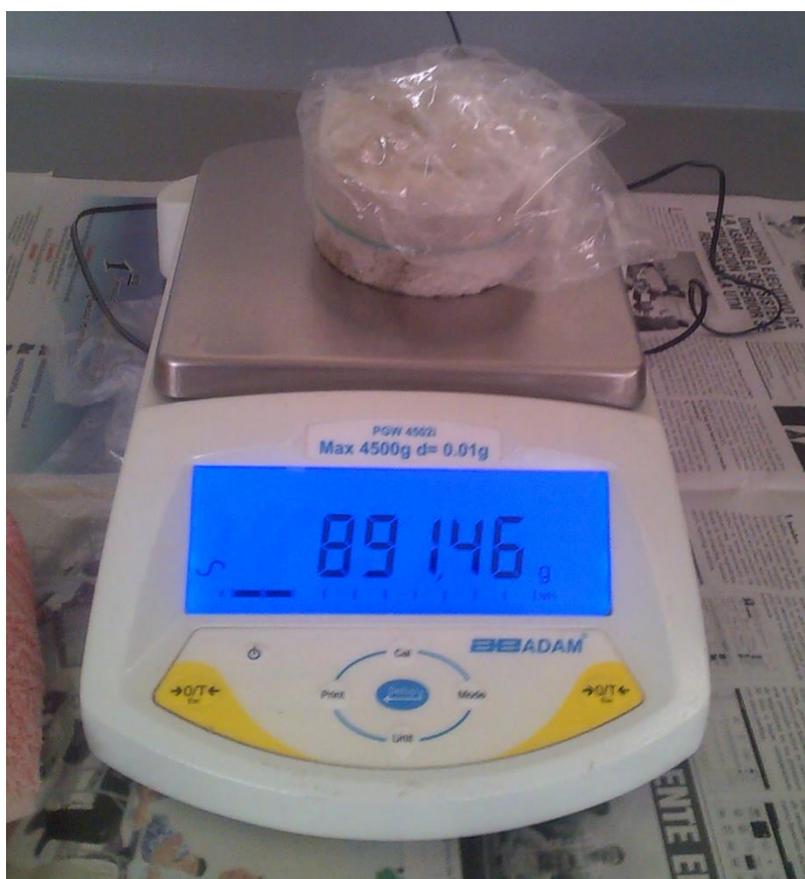
Cilindros sellados listos para ensayo ASTM C1585.



Vertimiento del agua en lavacaras con especímenes.



Especímenes expuestos a muestras de agua de mar y potable.



Pesaje de especímenes siguiendo los intervalos normados de tiempo.