

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



**“COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES
PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR”**

PRESENTADO POR:

SELVIN ADEMIR ALVARADO FUNES
NELSON GEOVANNY GUZMAN ROMERO
GEOVANY EUGENIO HENRIQUEZ TOBIAS

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DE 2009

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

SECRETARIO GENERAL:

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO:

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR:

ING. FREDY FABRICIO ORELLANA CALDERON

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO CIVIL

Título:

**“COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES
PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR”**

Presentado por:

SELVIN ADEMIR ALVARADO FUNES
NELSON GEOVANNY GUZMAN ROMERO
GEOVANY EUGENIO HENRIQUEZ TOBIAS

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docentes Directores:

ING. DILBER ANTONIO SANCHEZ VIDES
ING. JOAQUIN MARIANO SERRANO CHOTO

Docente Director Externo:

ING. RAFAEL ALEJANDRO GONZALEZ MAGAÑA

San Salvador, Febrero de 2009

Trabajo de graduación aprobado por:

Coordinador y asesor:

Ing. Dilber Antonio Sanchez Vides

Asesor interno:

Ing. Joaquin Mariano Serrano Choto

Asesor externo:

Ing. Rafael Alejandro Gonzalez Magaña

RECONOCIMIENTO

A nuestra alma mater, la “**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**”, por habernos formado durante nuestro tiempo de estudios superiores, y convertido en profesionales capaces para prestar nuestros servicios a la comunidad salvadoreña de manera seria y responsable.

A las personas e instituciones que colaboraron desinteresadamente y incondicionalmente a la realización de este trabajo de graduación brindándonos su apoyo. Nuestro mayor agradecimiento sea extensivo a las siguientes instituciones:

- Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto (ISCYC)
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)
- Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

Quienes con la donación de sus productos e información actualizada fueron el impulso para la conclusión de esta investigación.

Para los profesores que nos dieron sus enseñanzas, consejos y recomendaciones, así como también al personal administrativo y técnico de las instituciones antes mencionadas: Ing. Fredy Orellana, Ing. Carcamo, Ing. Landaverde, Margarita, Raquel, Carlos, Juancito, Osmin; Ing. Burgos, Julio Hernández, Maritza, bibliotecario y personal técnico del laboratorio; y Lic. Rosa María Araujo.

A todas y todos..... que nos brindaron su apoyo para continuar adelante y lograr de una manera satisfactoria nuestro objetivo propuesto.

Al Ing. Dilber Antonio Sanchez Vides:

Nuestro coordinador y asesor de trabajo de graduacion, por su colaboracion, orientacion y comprecion. Gracias por motivarnos a seguir siempre adelante y por estar siempre pendiente en todas las etapas de nuestro proyecto y todo lo conserniente a nuestro equipo de trabajo. Que Dios le conceda a usted y a su familia muchas bendiciones.

Al Ing. Joaquin Mariano Serrano Choto:

Nuestro asesor interno a quien le agradecemos sus valiosos consejos, dedicacion y objetividad, asi como su apollo incondicional en todo momento en la orientacion de nuestro trabajo de graduacion, y en especial por su esfuerzo y apoyo para darle seguimiento y conclusion a nuestro proyecto. Que Dios le conceda a usted y a su familia muchas bendiciones.

Al Ing. Rafael Alejandro Gonzalez Magaña:

Nuestro asesor externo, a quien le agradecemos mucho por sus valiosos concejos, tiempo, creatividad, y por compartir con nosotros su amplia experiencia, su dedicacion incondicional en todo momento para la orientacion y desarrollo de nuestro trabajo de graduacion, y en especial por su apoyo en el seguimiento de poder concluir nuestro proyecto. Dicho esfuerzo le agradecemos y perdurara siempre en nuestro recuerdo. Que Dios le conceda a usted y a su familia muchas bendiciones, le de salud, y que siga manteniendo ese carisma para ayudar a los demas.

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso por darme la fuerza necesaria para salir adelante y vencer todos los obstáculos que se me presentaron para alcanzar con éxito uno de mis importantes propósitos de mi vida. A nuestra madre virgen María y demás héroes espirituales que me sirvieron como estandarte para vencer esta batalla.

A mis padres, Hermanos, Esposa, Hija, Sobrinos, familiares, amigos y a mis clientes. Que de una manera directa o indirectamente contribuyeron para ser realidad el triunfo alcanzado. Para todos ellos muchas gracias y que Dios los bendiga.

SELVIN ADEMIR ALVARADO FUNES

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso por darme la fuerza necesaria para salir adelante y vencer todos los obstáculos que se me presentaron, para alcanzar con éxito uno de mis importantes objetivos de mi vida.

A MI MAMA: Rosa Marta Guzmán, por darme su amor y comprensión incondicional y por ser mi mayor motivo para seguir adelante, y poder culminar con uno de mis objetivos más importantes de mi vida.

A MI HERMANO Y HERMANA: Ovidio Álvaro Guzmán, y Mayra Cecilia Guzmán, quienes han sido mis segundos padres que me apoyaron incondicionalmente y me motivaron para seguir adelante y concluir con mi objetivo.

A MI ESPOSA: Julissa Melania Álvarez por darme todo su amor y su paciencia, su apoyo y comprensión, y preocuparse por culminar con mi objetivo

A MIS HIJOS: Christopher Geovanny Guzmán, Melany Camila Guzmán, quienes han sido el impulso de mi vida para poder salir adelante.

A MI FAMILIA: Tío Martin Guzmán y demás familia

NELSON GEOVANNY GUZMAN ROMERO

DEDICATORIA

Existen unas personas bien cerca de nosotros que en la mayoría de las ocasiones nos brindan su amistad, su apoyo y su cooperación justo en el momento cuando mas lo necesitamos. Y en esta ocasión deseo expresar mi gratitud a todas estas personas.

En primer lugar voy agradecer a Dios por lo vivido en todo sentido, por las cosas que puedo hacer, recibir y realizar, por la suerte de tener salud y ser sano, por un mañana que siempre abriga una nueva esperanza para cada cual, y hacer verdadero el pensamiento de que la victoria pertenece a quien persevera más.

Quiero agradecer desde lo más profundo de mi corazón a mi abuelo, Eugenio Tobías, que partió de este mundo, y a quien agradeceré por siempre sus enseñanzas, su amor de padre, su apoyo, su tiempo que una vez compartimos y disfrutamos, nunca lo perderemos, pues vivirá en los recuerdos de quienes lo amamos, convirtiéndolo en parte de nosotros mismos.

MI MADRE: Sonia Tobías, quien desde que me concibió fue luz en la obscuridad, tu corazón ha sabido comprender cuándo he necesitado una amiga, tu fuerza y tu amor me han dirigido por la vida y me han dado las alas que necesitaba para volar, gracias por tu apoyo, ánimos, comprensión y dedicación. Gracias por este logro que es también tuyo.

MI FAMILIA Y MIS HERMANOS: A mi abuela Alicia Peña, mis tías Nelly y Menche, que siempre me han brindado su apoyo y su amor; que me han enseñado que la familia es el eterno retorno a uno mismo, el pasado y el destino, que es la piedra fundamental de quienes somos y lo que queremos. A mis tíos Francisco, Raúl, Dago y mis primos Ladislao, Tito y Roland. Agradezco a mis hermanos Jimmy, Oscar y Javier, gracias por apoyarme, y mi sobrino Jimmito. por dibujar una sonrisa en mí cara cuando fue necesaria.

MIS AMIGOS: Frank, Geovany, Mauricio, Rodrigo, Rosmery, Héctor y Jorge agradezco su apoyo, su interés por escuchar, gracias por ayudarme a crecer y a seguir con este proyecto. Agradezco a Elton (chupacabras), el chele, Marlene, Rubén, Lorena, a mis compañeros de trabajo y mis compañeros de formula Zelvin y Nelson.

GEOVANY EUGENIO HENRIQUEZ TOBIAS

RESUMEN DEL TRABAJO DE GRADUACION

TITULO: "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES
PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR"

PRESENTAN: SELVIN ADEMIR ALVARADO FUNES,
NELSON GEOVANNY GUZMAN ROMERO
GEOVANY EUGENIO HENRIQUEZ TOBIAS

ORIGEN: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TIPO DE
DOCUMENTO: INVESTIGACION EXPERIMENTAL

FECHA DE
PUBLICACION: FEBRERO, 2009

RESUMEN

Esta investigación ha sido desarrollada con el propósito de aumentar los conocimientos sobre los efectos que producen las condiciones ambientales propias de nuestro país, al concreto hidráulico, en estado fresco, en las principales zonas del país representado por las zonas central, oriental y occidental; enfatizando y siendo pioneros en tratar el tema, al hacer un análisis de la forma en se comporta y puede variar la resistencia mecánica, para determinadas condiciones.

El trabajo ha sido presentado en seis capítulos. En el primero se tratan las partes principales que compone el anteproyecto de la investigación, como lo son: introducción, antecedentes, planteamiento del problema, objetivos, alcances, limitaciones, y justificación, como también una breve reseña actualizada que en marca de forma general, el contenido del trabajo de graduación y los motivos por los cuales se pretende realizarlo.

El segundo capítulo, presenta un bosquejo teórico, de los aspectos fundamentales sobre el concreto; tales como los materiales que lo componen, características, propiedades físicas y químicas que estos poseen. También se estudiarán los aspectos básicos del concreto en estado fresco y endurecido, analizando términos como lo son la trabajabilidad, consistencia, curado etc.

En el tercer capítulo se estudian aspectos generales de la climatología de El Salvador, haciendo un enfoque principal, a las condiciones ambientales de los departamentos de Santa Ana, San Salvador y San Miguel; analizándolos bajo la guía estandarizada A.C.I. 305-R-91. Se exponen los registros de los dos últimos años del periodo de prueba, recolectados por el Servicio Nacional de

Estudios Territoriales y se presentan los resultados de las mediciones de las variables ambientales tomadas, mientras se elaboraban las pruebas de campo en los departamentos de San salvador, San miguel y Santa Ana.

En el cuarto capitulo, se realizan los análisis, a los componentes del concreto; de manera de comparar resultados con las normativas internacionales A.S.T.M., y utilizarlos en la elaboración de una mezcla de diseño, siguiendo la guía estandarizada por el A.C.I. 211-1, especificada con una resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ representativa, a las elaboradas comúnmente en nuestro país. Además se recolecta la información de la procedencia de los componentes del concreto utilizado.

Con los resultados obtenidos de los ensayos hechos en laboratorio y en campo se verifico si estos se encuentran en los parámetros asignados por las normas A.S.T.M. y el comité A.C.I. Atravez de esta investigación se pretende obtener un mayor conocimiento sobre el comportamiento del concreto en las principales zonas de nuestro país, ante la exposición de los factores ambientales propios de los departamentos de San Salvador, san Miguel y Santa Ana, como puntos de representación para las tres principales zonas de nuestro territorio.

En los proyectos de construcción que se desarrollan en nuestro país; es común observar una buena atención a las elevadas temperaturas, con que se puede encontrar el concreto a la hora de su elaboración; mas sin embargo con este documento los constructores tendrán una idea mas clara, y darán mayor importancia a las condiciones ambientales, que se vean expuestos sus

proyectos; pues de una forma muy rápida podrán obtener tasas de evaporación del concreto en estado plástico y pues podrán hacerse de un mejor criterio, para la aceptación o rechazo de la utilización de las mezclas.

El quinto capítulo de este estudio, se hace un análisis de los resultados obtenidos a los componentes del concreto, los ensayos mecánicos hechos a las mezclas de las mezclas de prueba en las tres zonas; también se presentan los registros hechos al concreto fresco durante cada ensayo.

Se presenta un análisis de aceptabilidad y comparación del comportamiento del concreto entre la mezcla de diseño y especímenes de prueba en estado endurecido sometidos a esfuerzos de compresión y flexión a veintiocho días, expuestos durante ese periodo a los efectos de las condiciones ambientales, propias del clima tropical para nuestro país, establecidas por la ACI 305- R91.

Los criterios, de aceptabilidad mantienen de base la guía del A.C.I. 318-99 y también se hace un análisis estadístico siguiendo el A.C.I. 214-06, con el objeto de revisar la confiabilidad de los datos. Se cuantifico, finalmente la velocidad de la tasa de evaporación de agua teórica, promedio utilizando el método propuesto por el A.C.I. 305-R-91 en los departamentos de Santa Ana, San Salvador y San Miguel.

Son las conclusiones y recomendaciones las que encontramos en el sexto y último capítulo; y en donde se revisan el cumplimiento de los objetivos propuestos a la realización de este trabajo de graduación.

INDICE

CONTENIDO	PAGINA
CAPITULO I	
GENERALIDADES	
1.1 Introducción.	1
1.2 Antecedentes	3
1.3 Planteamiento del problema .	10
1.4 Objetivos .	13
1.5 Alcances .	15
1.6 Limitaciones .	18
1.7 Justificaciones.	20
CAPITULO II	
FUNDAMENTOS SOBRE CONCRETO.	
2.1 Introducción.	21
2.2 Materiales que componen el concreto.	22
2.3 Cemento .	22
2.3.1 Cementos Portland.	24
2.3.2 Tipos de cementos.	25
2.3.3 Composición química del cemento Portland	29

2.3.4	Propiedades físicas del cemento Portland	32
2.4	Agua de mezclado para concreto	36
2.5	Agregados para Concreto.	37
2.5.1	Características de los agregados.	37
2.5.2	Granulometría de los agregados.	41
2.5.3	Agregados con granulometría discontinua.	44
2.5.4	Forma de la partícula y textura superficial.	45
2.5.5	Pesos volumétricos y vacíos.	45
2.5.6	Peso específico de los materiales.	48
2.5.7	Absorción y humedad superficial.	49
2.5.8	Propiedades de humedecimiento y secado.	51
2.5.9	Resistencia al desgaste	51
2.5.10	Resistencia mecánica.	52
2.6	Concreto en estado fresco.	52
2.6.1	Mezclado	53
2.6.2	Trabajabilidad y consistencia.	54
2.6.3	Hidratación, segregación, exudación y sangrado	56
2.6.4	Temperatura.	57
2.6.5	Contenido de aire..	57
2.7	Concreto Endurecido	58
2.7.1	Curado húmedo	59
2.7.2	Velocidad de secado del concreto	62
2.7.3	Resistencia a compresión y flexión.	63

CAPITULO III

EFFECTO DEL CLIMA TROPICAL EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO

3.1 Generalidades.	64
3.2 Climatología de El Salvador	66
3.2.1 Zonas climáticas	67
3.3 Climatología de las zonas de estudio	70
3.3.1 Climatología del municipio de San Salvador	71
3.3.2 Climatología del municipio de San Miguel	78
3.3.3 Climatología del municipio de Santa Ana	85
3.4 Condiciones ambientales de las zonas de estudio	92
3.5 Análisis comparativo de las condiciones ambientales propias del clima tropical, por zona de estudio..	97
3.6 Efectos del clima tropical en las propiedades del concreto	100
3.6.1 Efectos sobre el concreto fresco.	103
3.6.2 Efectos sobre el concreto endurecido.	103

CAPITULO IV

ENSAYOS DE LABORATORIO, MEZCLA DE DISEÑO Y PRUEBAS DE CAMPO.

4.1 Generalidades	105
4.2 Pruebas a los componentes	106
4.2.1 Cemento	106
4.2.2 Agregado fino.	107
4.2.3 Análisis granulométrico agregado fino (ASTM C - 136 - 01)	108
4.2.4 Prueba de impurezas orgánicas para agregado fino (ASTM C 40 - 99).	113

4.2.5 Gravedad específica y absorción de agregado fino (ASTM C 128 - 00).	114
4.2.6 Peso volumétrico de agregado fino (ASTM C 29 - 97).	114
4.2.7 Contenido de humedad de agregado fino (ASTM D 2216).	118
4.2.8 Agregado grueso.	118
4.2.9 Análisis granulométrico para agregado grueso (ASTM C 136 - 01).	118
4.2.10 Gravedad específica y absorción para agregado grueso (ASTM C 127 01)	122
4.2.11 Determinación del Peso volumétrico para agregado grueso (ASTM C 29).	123
4.2.12 Resistencia al desgaste de agregado grueso (ASTM C 131 - 03).	126
4.3. Mezcla de diseño.	129
4.4. Concreto utilizado en las tres zonas de análisis	134
4.5 Elaboración de especímenes.	135
4.6 Concreto endurecido.	143
4.6.1 Curado de los especímenes.	143
4.6.2 Resistencia a la compresión.	144
4.6.3 Resistencia a la flexión.	146

CAPITULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Generalidades.	148
5.2 Componentes.	149
5.2.1 Cemento.	149
5.2.2 Agregados	149
5.3 Concreto fresco.	154
5.3.1 Elaboración de mezcla de diseño.	154

5.3.2 Mezclas de campo.	158
5.3.3 Prueba de revenimiento	173
5.4 Análisis de la influencia de las condiciones ambientales del clima tropical	
en el concreto hecho en las mezclas de campo	175
5.4.1 Análisis comparativo de la resistencia a la compresión.	199
5.4.2 Análisis comparativo de la resistencia a la Flexión.	201
5.4.3 Análisis estadístico	204
5.4.4 Cuantificación de la velocidad de evaporación de agua teórica	
máxima para las zonas de análisis	214

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones	235
6.2 Recomendaciones	239

BIBLIOGRAFIA	242.
---------------------	------

GLOSARIO	246
-----------------	-----

ANEXOS	257
---------------	-----

CAPITULO I

1.1.- INTRODUCCIÓN

El concreto es, por su naturaleza, un sistema heterogéneo constituido esencialmente por agregados, cemento y adiciones, agua y aditivos, para formar una matriz endurecida que correctamente elaborado, colocado y curado, ofrece una larga vida de servicio ante la mayoría de los ambientes naturales e industriales; así mismo se considera que el concreto es el material de construcción más utilizado en las sociedades modernas; sus prestaciones mecánicas y la poca necesidad de mantenimiento le han hecho el material más competitivo de entre todos los posibles.

El deterioro de las estructuras de concreto es causado principalmente por un medio ambiente agresivo, lo que se agrava por la utilización de materiales no apropiados y por prácticas constructivas deficientes. La ejecución y el control de calidad son primordiales para asegurar una durabilidad adecuada, ya que una mala práctica en obra, puede conducir a un concreto poco durable, aun habiendo sido fabricado con materiales de elevada calidad.

La determinación de las condiciones de exposición de cualquier elemento de concreto se deben evaluar con anticipación en atención al medio ambiente y dependen de la posición geográfica, del carácter urbano, rural o industrial del lugar y las condiciones climáticas que este medio ambiente le pueden ocasionar, desde el momento de su elaboración.

En el caso de las condiciones que prevalecen en el interior del concreto, la más inestable que afecta la durabilidad del mismo, es la que se produce por las reacciones entre el cemento y los agregados.

El clima tropical, propio de nuestra región puede causar problemas en el mezclado, colocación y curado del concreto hecho con cementos hidráulicos, que pueden afectar adversamente sus propiedades.

Las situaciones mencionadas anteriormente, las podemos encontrar con bastante frecuencia en las principales zonas del país, por lo que es de suma importancia destacar los aspectos que hay que conocer en estos casos y conocer valores de estos parámetros ambientales que están presentes al momento de la elaboración de concreto.

Esta investigación toma como guía la normativa del Instituto Americano del Concreto ACI-305-R-91, para proponer la identificación de los parámetros ambientales más importantes a tomar en cuenta, además estudiar mediante investigaciones y pruebas las variaciones del comportamiento del concreto endurecido sometido a esfuerzos de compresión y flexión en especímenes de prueba expuestos al clima tropical en un punto de las principales zonas del país.

1.2- ANTECEDENTES

Quizás nunca sabremos con exactitud quien inventó el primer concreto, ya que los primeras mezclas probablemente resultaron en materiales quebradizos o fácilmente desintegrables, cualquier indicio de éstos se han desvanecido desde hace mucho tiempo. Una cosa es clara: el concreto no apareció completamente desarrollado, gradualmente evolucionó a través de los siglos.

En el año de 1912 se inicio una nueva época en la construcción, al introducirse el concreto armado, sistema monolítico y antisísmico, utilizado en edificios ubicados en el centro de la capital como el Teatro Nacional, el Telégrafo, la ex casa presidencial, etc. y otros en el interior de la república como la torre de San Vicente, el palacio Municipal de Usulután etc.¹

En años recientes, una preocupación importante surgió en la mayoría de los países industrializados y fue el gasto tan alto que implicaba reparar y sustituir una infraestructura existente, pues muchas estructuras de concreto enfrentaban problemas de deterioro. Por ejemplo, no pocos se preguntaban cómo se daba el deterioro de las cubiertas de puentes, las estructuras de carreteras elevadas, el recubrimiento de túneles y los edificios. Aunque desde el inicio del concreto siempre hubo interés por su durabilidad; fue en las últimas décadas cuando adquirió mayor relevancia por las erogaciones requeridas para dar mantenimiento a las numerosas estructuras que se deterioraron prematuramente. Durante algún tiempo, este problema se asocio principalmente con los efectos dañinos al resultar de los ciclos de

¹ "Estudio de Concreto Con Alta Resistencia a la Agresión Provocada por la Contaminación del Medio Ambiente", Santos Fernando Alberto Santos, Trabajo de Graduación, UES, 1994, pp.4.

congelación y deshielo del concreto, por lo cual no se le considero la debida importancia en las regiones que por su situación geográficos no experimenta clima invernal severo.

Tradicionalmente los reglamentos de construcción han ignorado y/o tratado superficialmente los efectos que el medio ambiente ejercen sobre las estructuras de concreto. Cuando el concreto simple, se mezcla, transporta y se coloca bajo condiciones ambientales de alta temperatura, baja humedad relativa, o viento. Se requiere tener el conocimiento de estos fenómenos y los efectos que estos causan sobre las propiedades de concreto en condiciones plásticas y endurecidas. Las condiciones climatológicas influyen en el comportamiento de estas y pueden ser causa de esfuerzos y agrietamientos indeseables.

Para el año 1970, el nuevo reglamento de construcción de edificios del American Concrete Instituto (ACI), establece los factores de carga de ruptura que deben aplicarse a los efectos de la temperatura y la retracción; el Comité Europeen du Béton (CEB), y la Federation Internationale de la Precontrainte (FIP) presentan ese mismo año, las recomendaciones internacionales para el proyecto y construcción de estructuras de concreto, las que son mucho más precisas y establecen el procedimiento a seguir en lo relativo a la retracción del concreto en las estructuras. En esta investigación se relacionan las condiciones ambientales de un lugar determinado, medidas por los datos disponibles en los observatorios meteorológicos, para relacionarlos con el comportamiento de las estructuras de concreto sometidas a dichos efectos ambientales.

“En nuestro medio, el clima caluroso produce en el cemento una rápida hidratación, acelerando por lo tanto la rapidez del fraguado, aumentando la evaporación del agua del concreto y demandando por lo tanto, mayor cantidad de agua de mezclado. No se puede decir exactamente en que cantidad disminuye el concreto su resistencia en relación a la temperatura, pues depende de la humedad ambiental, del calor de hidratación y del tipo de cemento que se usa, etc.”²

En el año de 1971, en la ciudad de México se presentó un seminario organizado por el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC); “Sobre control de calidad del concreto y técnicas de la construcción”; el cual trató principalmente sobre los problemas asociados con el colado del concreto en clima cálido y seco. Tres años más tarde 1974, la república de México a través del mismo instituto, hacen propios los procedimientos antes mencionados por la A.C.I., C.E.B., F.I.P., para realizar sus propias investigaciones acerca de la influencia del medio ambiente sobre las estructuras de concreto, para la gran mayoría de ciudades mexicanas.

Para 1982 el Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC), retoma la importancia del curado del concreto en condiciones tempranas a la colocación del mismo en la construcción, ya que este proceso de curado se ve afectado directamente por las condiciones ambientales imperantes en el lugar de colocación del concreto, bautizando de una manera peculiar los efectos que el medio ambiente hace al concreto como la “enfermedad de la mañana”, ya que para su caso particular es perjudicial colocar concreto en estas horas del día, recomendando por consiguiente colocar pavimentos de concreto hidráulico a partir de las cuatro de la tarde en

² “Datos Prácticos Sobre Control y Supervisión del Concreto en la Construcción”, Alfredo Candel Herodier, Trabajo de Graduación, UES, 1967, pp. 41.

adelante, para contrarrestar los efectos nocivos que causan los parámetros ambientales en ese lugar.³

El reporte del comité del Instituto Americano del Concreto ACI-305-R91, presenta, prácticas estándar, y comentarios, destinados para la planeación, ejecución, diseño, o supervisión de obras, realizadas en colados de concreto en clima caluroso, donde en dicho reporte un clima caluroso es definido como aquel que durante un periodo de tres días continuos se logre mantener una temperatura ambiente mayor a los 25 °C, lo que para países con climas tropicales es usual mantenerlas y en el caso propio de El Salvador, las tiene en las tres principales zonas geográficas que se ha dividido, oriente, occidente y centro.

En el país no se cuenta con mucha documentación referenciada acerca del comportamiento del concreto en climas tropicales o que describan situaciones de variaciones climáticas extremas, ya que en nuestro territorio la situación más desfavorable para la elaboración de concreto es la de clima cálido, es por ello que nuestra guía fundamental de trabajo será el ACI 305-R-91, a pesar de esta poca información se pueden citar algunos proyectos en donde se han mantenido los mayores controles de calidad en la colocación de concreto hidráulico y puesta de prácticas con medidas preventivas establecidas por normas y reportes internacionales (ASTM, ACI etc.) contra los efectos que las condiciones ambientales le producen al concreto; entre estos proyectos se pueden citar; la Interconexión Nejapa – Apopa – Trocal del Norte – Boulevard Constitución,

³ “Consideraciones Sobre la Mezcla de diseños y el Control de Calidad del Concreto de Cementos para Pavimentos”, Boletín N° 41 del Instituto Colombiano de Productores de Cemento, 1982, ICPC, pp. 5

Autopista San Salvador Aeropuerto Internacional de El Salvador, Huizucar - Rancho Navarra, Prolongación Calle Chiltiupan, actualmente uno de los proyectos en construcción donde se toman estas medidas es el del Boulevard Diego de Holguín.⁴

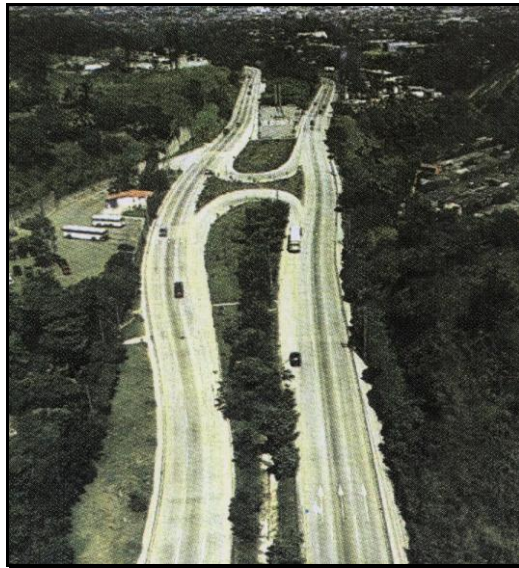
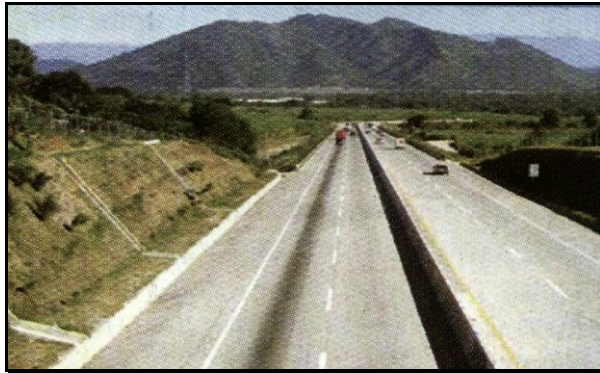


Fig. 1.1 – En la fotografía superior se muestra la Interconexión Nejapa – Apopa – Troncal del Norte – Boulevard Constitución, durante su construcción se mantuvo una temperatura promedio de 27 °C y una humedad relativa promedio de 70%, en la fotografía inferior una vista aérea de la autopista San Salvador aeropuerto Comalapa construida entre los años de 2001 y 2002, el clima presento una temperatura promedio de 29 °C, una humedad relativa de 80 %.

⁴ “Art. Proyectos Exitosos”, Revista del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto, ISCYC, N° 43, Año 11, Dic. 2006, pp.23.

“Art. Proyectos Exitosos”, Revista del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto, ISCYC, N° 44, Año 12, Marzo 2007, pp.19.

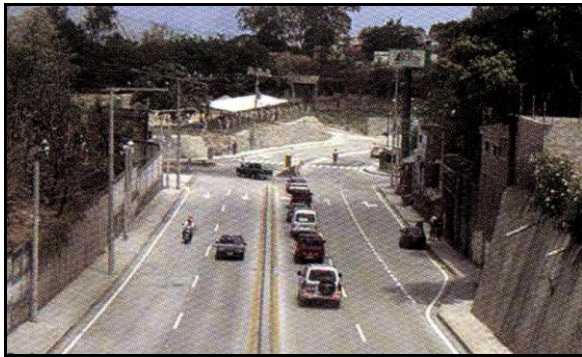


Fig. 1.2 - Calle a Huizucar Rancho Navarra, ubicada entre los departamentos de San Salvador - La Libertad, durante su construcción (2004) presento una temperatura ambiente promedio de 28 °C y una humedad relativa de 80%.



Fig. 1.3 - Prolongación Calle Chiltiupan; en el departamento de San Salvador.

Entre sus características posee un espesor de rodadura de 20 cm. de concreto hidráulico, con un modulo de ruptura $MR = 40 \text{ kg/cm}^2$, durante su construcción entre los meses de Marzo – Noviembre de 1999, el clima presento una temperatura ambiente promedio de 28 °C y una humedad relativa promedio igual al 80 %.

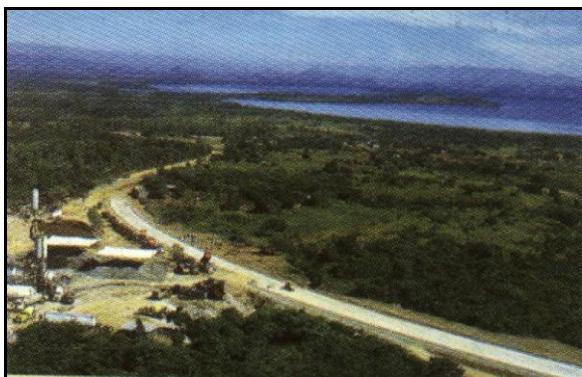


Fig. 1.4 - By Pass La Unión, construida entre los años 2003 – 2004. Entre sus características geométricas y estructurales posee una longitud de 12 Kms. Con un espesor de rodadura de 23 cms. con dispositivo de transferencias de carga de dovelas; la temperatura ambiente promedio durante su construcción fue de 33 °C y una humedad relativa promedio de 35%.

Finalmente se puede decir que en las regiones cálidas se incrementan los efectos de las condiciones ambientales sobre el comportamiento del concreto, que hacen insuficientes los códigos de edificación europeos o norteamericanos, que se basan en su mayoría en la experiencia del hemisferio norte.

1.3- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El medio ambiente tiene una influencia muy importante en la fabricación del concreto, al igual que todos los materiales que lo componen. El colado en condiciones ideales o normales no se da en la mayoría de los casos de las obras y podríamos decir que es más probable que se tengan situaciones extremas para que el concreto desarrolle y alcance sus máximas capacidades. La durabilidad del concreto, que es la resistencia a las acciones del medio ambiente, ataques químicos, físicos u otros procesos de deterioro durante el ciclo de vida para el cual fue diseñado; variará entonces conforme tales factores sean más o menos extremos, y también de acuerdo con las propiedades de sus componentes que lo conforman, el proporcionamiento de la mezcla, las condiciones en el momento del colado y curado que se hayan aplicado.

La planeación y el diseño deberán entonces no solamente estar basados en el uso de la estructura, sino también en las condiciones ambientales, como variaciones diarias, estacionales y condiciones ambientales como de temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad del viento entre otras; así como también en la vida útil esperada de la misma, siendo esta el periodo de tiempo en el que la estructura conserva sus características geométricas, de funcionalidad y de seguridad para las cuales fue proyectado sin costos inesperados de reparación o mantenimiento. Estas definiciones básicas deberán estar reflejadas en los materiales y especificaciones de construcción, y tanto en el concepto como en los detalles estructurales.

Nuestro país se ubica en una latitud tropical, donde los procesos periódicos diarios y la circulación local de Meso escala; dominan el clima, la influencia del Océano Pacífico es importante, produciendo amortiguamiento en las fluctuaciones térmicas, existiendo durante todo el año condiciones térmicas de poca variabilidad, además de aportar en forma importante la humedad productora de lluvia que en menor grado llega del Océano Atlántico, a diferencia del resto de los países Centroamericanos; siendo también la orografía un factor que acondiciona el clima.

La cadena montañosa se localiza en sotavento de los Alisios, de ahí que es común observar ciertos tipos de microclimas, distribuidos en las principales zonas geográficas, observando variaciones de temperatura, intermitencias de lluvias, o velocidades de viento. En El Salvador durante la estación seca las lluvias disminuyen significativamente comparado con los países que tienen costas en la Vertiente del Caribe.

El régimen de lluvias presenta variaciones durante todo el año, existiendo una estación seca (Noviembre - Abril) y otra lluviosa (Mayo - Octubre), bien definidas.

Por el momento no se cuenta con antecedentes registrados en nuestro país, de los parámetros ambientales más influyentes durante los procesos de colado de concreto y los efectos que las condiciones ambientales le producen a las propiedades del mismo, en estado endurecido; la posibilidad de tener problemas causados por clima caluroso puede ocurrir en cualquier momento en climas tropicales o áridos.

El conocimiento de los fundamentos básicos sobre concreto y los parámetros ambientales locales, permitirá obtener valores típicos promedios de velocidades de evaporación del agua en el concreto en estado plástico de los que por el momento no se cuentan y que según el ACI-305-R-91 es el factor que sirve de parámetro para la medición de algunas condiciones climáticas, que producen agrietamiento por contracciones plásticas sobre el concreto.

En todo El Salvador existen diversas obras importantes tales como: edificios, carreteras, puentes, presas hidroeléctricas, puertos, etc. Las cuales han estado expuestas al momento de su construcción a los factores ambientales y se seguirán construyendo debido al desarrollo mismo del país; por lo que es necesario y de importancia realizar un trabajo de investigación para encontrar un parámetro de la velocidad de evaporación del agua en el concreto fresco y conocer el comportamiento de las variaciones del mismo en estado endurecido, sometido a esfuerzos de compresión y flexión, para la zona occidental, central y oriental del país.

1.4 – OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

- Encontrar mediante la medición y recolección de parámetros ambientales, siguiendo la guía estandarizada A.C.I. 305-R-91, un valor de la velocidad de evaporación del agua teórica máxima en el concreto fresco para un punto representativo de las principales zonas del país.
- Estudiar mediante investigaciones y pruebas, las variaciones sobre el comportamiento del concreto en estado endurecido sometido a esfuerzos de compresión y flexión, en especímenes de prueba a siete y veintiocho días, curado por aspersión con aditivo y expuestos al clima tropical propias de la zona central, occidental y oriental de nuestro país.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar una mezcla de diseño de concreto siguiendo la guía estandarizada A.C.I. – 211.1 con la resistencia a compresión más utilizada en El Salvador ($f'c = 210 \text{ kg./cm}^2$) sometiendo los especímenes de prueba de laboratorio a esfuerzos de compresión y flexión a edades de siete y veintiocho días utilizando para la elaboración del concreto cemento Portland tipo I (ASTM C-150) y agregados disponibles en nuestro medio .

- Determinar los parámetros de las condiciones ambientales, tales como temperatura ambiente, humedad relativa, y velocidad de viento propuesta por el ACI-305-R-91 para obtener un inventario zonificado en un periodo, presentes durante la elaboración de concreto en las ciudades de San Salvador, San Miguel y Santa Ana,.
- Obtener la cuantificación de la velocidad de evaporación de agua teórica máxima, que se podrá determinar en el concreto en estado plástico, durante su elaboración utilizando el A.C.I.-305-R-91 (ANEXO A- 1).
- Conocer los efectos producidos por las condiciones ambientales propias de la zona central, oriental y occidental sobre el concreto fresco y el concreto endurecido a una edad de siete y veintiocho días, cuyo proceso de curación sea por membrana de curado, siguiendo la guía estandarizada ACI 305-R-91, por medio de especímenes de cilindros y vigas que se ensayarán a compresión y flexión, bajo los requerimientos propuestos por las normas ASTM C - 39 - 01 y ASTM C - 78 - 02.
- Realizar un análisis comparativo de la variación del comportamiento del concreto entre la mezcla de diseño y especímenes de prueba hechos en campo expuestos a los efectos de las condiciones ambientales, propias del clima tropical de la zona occidental, central y oriental del país; ensayados en estado endurecido sometidos a esfuerzos de compresión y flexión a edades promedio de siete y veintiocho días.

1.5 - ALCANCES

- Elaborar una mezcla de diseño de concreto que se vea expuesto a las condiciones ambientales, propias del clima tropical para un punto de los departamentos de Santa Ana, San Salvador y San Miguel, donde se mantendrán condiciones representativas de cada zona del país, llevando a cabo una estadística, registrando las resistencias de esfuerzos a compresión y del esfuerzo flexionante del concreto; haciendo un número de cinco muestras de cilindros (diez especímenes) para ensayar a siete días y veinte muestras (cuarenta especímenes de cilindros y veinte especímenes de vigas) para ensayar a veintiocho días en cada punto de estudio, basado en el A.C.I.-318 - 99, Cap. 5 Tabla 5.3.1.2.(ANEXO A-2).
- Recolectar valores de medición de parámetros ambientales, tales como temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad de viento, temperatura del concreto en estado plástico, para obtener valores típicos de velocidades de evaporación teórica máxima del agua en el concreto fresco, para la zona central, occidental y oriental del país, siguiendo la guía estandarizada ACI -305-R-91.
- Las pruebas de laboratorio y de campo de resistencia a la compresión como a la flexión del concreto endurecido se realizarán a la edad de siete y veintiocho días, con especímenes cilindros de 12" x 6" (30 x 15 cm.) A.S.T.M. C - 39 - 01 y vigas cuyas dimensiones serán de 24" x 6" x 6" (60 x 15 x 15 cm.) A.S.T.M. C - 78 - 02.

- Identificar las condiciones ambientales más influyentes para un periodo de tiempo, de las ciudades de Santa Ana, San Salvador y San Miguel, basadas en investigaciones y datos meteorológicos del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (S.N.E.T.), propias del clima tropical que según el ACI-305-R-91, afectan al concreto fresco y especímenes de concreto endurecidos, obteniendo muestras estadísticamente representativas de valores de esfuerzos a compresión y flexión ensayados a siete y veintiocho días en especímenes de prueba, expuestos a los efectos de las condiciones ambientales, de cada zona.

- Llevar a cabo ensayos que estarán regidos por normas estándar internacionales donde la mayoría de pruebas y características se mencionan en la ASTM C - 33, tales como; análisis granulométrico para agregado fino (ASTM C - 13 - 01), gravedad específica y absorción de agregado fino (ASTM C-128-00), determinación del peso volumétrico de agregado fino (ASTM C - 29 C-29 / C-29M - 97), prueba de impurezas orgánicas para agregado fino (ASTM C - 40 - 99), análisis granulométrico para agregado grueso (ASTM C - 40 - 99), gravedad específica y absorción para agregado grueso (ASTM C - 127 - 01), determinación del peso volumétrico para agregado grueso (ASTM C - 29 / C - 29M - 97), contenido de humedad de agregado grueso (ASTM D - 2216), resistencia al desgaste de agregado grueso (ASTM C - 131 - 03), práctica estándar para la elaboración y curado de especímenes de prueba (ASTM C - 31/ C - 31M - 03a), método de prueba estándar para determinar el revenimiento de concreto hidráulico (ASTM C - 143 - 00), práctica estándar para muestreo de concreto fresco (ASTM C - 172 - 99),

prueba estándar para toma de temperatura de concreto fresco (ASTM C - 1064 - 01)
resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto
(ASTM C - 39 - 01), prueba estándar para la resistencia a la flexión de vigas de
concreto (ASTM C - 78 - 02), entre otras.

1.6 - LIMITACIONES

- Esta investigación se fundamentará únicamente en las condiciones ambientales de clima tropical propias de nuestro país que estén establecidas por el comité del Instituto Americano del Concreto, (por sus siglas en inglés ACI) “Colado del Concreto en Clima Caluroso ACI 305-R-91”.
- La investigación de las condiciones ambientales de El Salvador, estará fundamentada en los registros y estadísticas, presentadas en los últimos dos años, específicamente en los mismos periodos en que se desarrollen las pruebas, y que sean avalados por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (S.N.E.T.); más los que puedan ser medibles en el período de tiempo en que se desarrollen los especímenes en los departamentos de Santa Ana, San Salvador y San Miguel.
- Los sitios elegidos para cada zona de El Salvador, han sido Santa Ana, San Salvador y San Miguel, que se han seleccionado de acuerdo a la representatividad de las condiciones climáticas de cada zona y la factibilidad de obtención de datos ambientales para el desarrollo de esta investigación y no así por los valores máximos de condiciones ambientales que podemos encontrar en el país durante el año.
- El análisis del comportamiento del concreto, se basará fundamentalmente, en la obtención y comparación de la variación de resistencias a esfuerzos a la compresión y flexión a veintiocho días, entre la mezcla de diseño y las pruebas de campo, hechas para cada punto de la zona de análisis, más se ensayaran cinco muestras de

cilindros a la compresión para siete días, para obtener dos puntos de la curva del efecto de la edad sobre la resistencia a la compresión del concreto (Tropel, Davis y Kelly, 1968). Además este análisis estará limitado por el esfuerzo a la resistencia a compresión de $f_c=210 \text{ kg./cm.}^2$ y al curado por membrana, que son los más usados en las obras de construcción en el país.

- El desarrollo de ensayos de laboratorio y mediciones de condiciones ambientales especificadas por las normas A.S.T.M. y el ACI 305-R-91 respectivamente, se realizarán con el equipo disponible del Laboratorio de Suelos y Materiales de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de El Salvador (UES), y el Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto (ISCYC); los datos cuyo equipo de avanzada sea de difícil acceso y de vital importancia para el desarrollo de esta investigación; serán obtenidos de valores teóricos y/o registrados por organizaciones o empresas que lleven a cabo tales mediciones.

1.7 - JUSTIFICACIONES

En El Salvador, el ingeniero civil, que se desempeña como proyectista, consultor, diseñador, contratista, supervisor, así como empresas dedicadas a la construcción, deben tomar conciencia sobre la importancia de conocer los efectos que las condiciones ambientales producen a una estructura de concreto durante su construcción y servicio; proporcionando un diseño completo, que se refiera a datos necesarios para condiciones que generan los daños más comunes que afectan al concreto en su durabilidad; considerando todos los aspectos que vayan a tener efecto durante la construcción.

Por lo cual surge interés por el estudio del comportamiento del concreto en climas tropicales; ya que en nuestro medio no es frecuente revisar las condiciones ambientales, propias de la zona en donde se desarrolle colocación de concreto; el ACI-305 R-91, plantea que cuando la velocidad de evaporación del agua, sobrepasa de $1 \text{ Kg./m}^2/\text{hr.}$; se deberán tomar precauciones para contrarrestar, efectos negativos sobre el concreto, tales como el agrietamiento por contracción plástica, incrementos en la demanda de agua, disminución de resistencia en el concreto endurecido, entre otras; siendo la velocidad de evaporación del agua, un parámetro para calcular la pérdida de humedad superficial en el concreto y que toma en consideración los valores de condiciones ambientales tales como; temperatura del aire, humedad relativa, y la velocidad del viento.

De tal manera que se hace necesaria una investigación del comportamiento del concreto en climas tropicales para las principales zonas de El Salvador.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS SOBRE CONCRETO

2.1 – INTRODUCCIÓN

El concreto puede considerarse como un material, artificial obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, cuyos componentes esenciales son cemento; agua, agregados y aire (incluido o no) y en algunas ocasiones aditivos. La calidad del concreto depende en gran medida de la calidad de la pasta, que constituye del diez al cuarenta por ciento del volumen total de concreto y que está compuesta de cemento Portland, agua y aire atrapado o incluido. En un concreto elaborado adecuadamente, cada partícula de agregado está completamente cubierta con pasta y también todos los espacios entre partículas de agregado.

Al entrar en contacto el cemento con el agua se inicia una reacción química; llamada hidratación, la cual genera el fraguado; así el concreto pasa de estado fluido o semifluido a un estado rígido y al finalizar este proceso se inicia la ganancia de resistencia.

El comportamiento del concreto y sus características, deben considerarse en términos relativos según el tipo de servicio que prestará la estructura y el clima de la región en que se construirá, siendo de importancia el cumplimiento de las exigencias razonables a que puede ser sometida la estructura misma durante su vida de servicio en conceptos de funcionabilidad, seguridad y apariencia.

2.2 – MATERIALES QUE COMPONEN EL CONCRETO.

Es de importancia la calidad de los materiales que constituyen el concreto para poder obtener una resistencia estable, una durabilidad óptima y bajos costo en los proyectos de construcción; el buen trabajo de la matriz cementante con los agregados, dependerá entonces de diversos factores de los que podríamos mencionar las características físicas y químicas del cementante, la composición mineralógica y petrográfica de las rocas que constituyen los agregados, la forma tamaño máximo y textura superficial de estos.

Sabemos que la durabilidad del concreto esta ligada a la durabilidad individual de sus componentes, y de éstos los agregados son los señalados como los principales modificadores de esta; ya que la producción de cemento esta normada y tecnicada en el país, no así la producción y obtención de pétreos, sin embargo; son normas internacionales estándar, las que rigen su uso para ser empleadas siempre y cuando cumplan con la calidad deseada.

2.3 – CEMENTO

Es un polvo químico seco, que al mezclarse con el agua adquiere propiedades aglutinantes, tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto.

Se pueden distinguir dos tipos de cementantes los aéreos; que solamente fraguan y endurecen en contacto con el aire y los cementantes hidráulicos que se utilizan para la fabricación del concreto, que fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua, aún estando inmersos en ella a esta reacción se le conoce como hidratación, la cual a medida

se desarrolla vuelve al concreto más duro y resistente. La mayor parte de la hidratación y del desarrollo de la resistencia del concreto tiene lugar durante el primer mes de ciclo de vida del concreto y luego continúa pero más lentamente durante un largo período. El cemento forma entre el siete y el quince por ciento del volumen total del concreto⁵.

Entre los principales cementantes hidráulicos se pueden mencionar los cementos hidráulicos y las cales hidráulicas, pero al referirse al concreto convencional, estas últimas se pueden excluir. En la tabla 2-1 se detallan diversas clases de cementos hidráulicos que se pueden utilizar en forma individual o combinados entre si.

DIVERSAS CLASES DE CEMENTOS HIDRÁULICO⁶

CEMENTOS HIDRÁULICOS	
CLASES	PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS
Pórtland	Arcilla y caliza. (Materiales individuales)
Aluminoso	Bauxita Caliza.
Sobresulfatado	Escoria granulada de alto horno.
Expansivo	Clinker Portland, escoria, bauxita, yeso.
Natural	Caliza arcillosa. (Un solo material)

- Tabla 2.1 Diversas clases de cemento hidráulico

⁵ "Diseño y Control de Mezclas de Concreto" Steven H. Kosmatka, William C Panerese, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto IMCYC, A.C., Primera Edición, México; 1992, pp.13.

⁶ Comisión federal de Electricidad, "Manual de Tecnología del Concreto Sección 1", Editorial Limusa Noriega Editores, México 1994, pp.5.

2.3.1 - CEMENTOS PORTLAND

Los cementos Pórtland son en la actualidad, los más utilizados en la industria de la construcción, y su invención se le atribuye a Joseph Aspdin, el cual obtuvo en 1824 la patente del producto que denominó cemento Pórtland debido a que producía un concreto que en color semejaba a una caliza natural que se explotaba en la isla de Pórtland, península en el Canal de la Mancha.

Para la elaboración del clinker Pórtland se utilizan materias primas que aportan principalmente cal y sílice, óxido de hierro y alúmina, para lo cual se seleccionan materiales calizos y arcillosos. Estos materiales se trituran, dosifican y se mezclan hasta su completa homogeneización, ya sea en una forma seca o en húmedo; introduciendo la materia procesada en hornos rotatorios donde se calcinan a temperaturas del orden de 1400 °C. A este material fragmentado resultante de la calcinación se le denomina clinker Pórtland.

Una vez frío el clinker se muele conjuntamente con una reducida proporción de yeso, que tiene la función de regular el tiempo de fraguado y con ello se obtiene el polvo fino de color gris que se conoce como cemento Pórtland simple. Además durante la molienda, el clinker puede combinarse con una escoria o un material puzolánico, para producir un cemento mezclado Pórtland – escoria, Pórtland – puzolana o materiales de carácter sulfa-calci-aluminoso para obtener cementos expansivos.

2.3.2 - TIPOS DE CEMENTO PÓRTLAND

Existen ocho tipos de cemento Pórtland ASTM C-150, cinco tipos de cemento hidráulico mezclado ASTM C-595, tres tipos de cemento para mampostería ASTM C-91, dos tipos de cemento plástico, tres tipos de cemento expansivos y varios cementos especiales Pórtland o mezclados. Ahora se cuenta con varios tipos de cemento de fraguado rápido o de ganancia rápida de resistencia con los cuales cumplen con las especificaciones de la ASTM C-595 a continuación se listan los cementos Pórtland estándar.

TIPO I, CEMENTO DE USO GENERAL (ASTM C-150). Se utiliza en concretos que no estén sujetos al ataque de factores agresivos, tales como ataque de sulfatos existentes en el suelo o el agua o en concretos que tengan un aumento cuestionable de temperatura debido al calor generado durante la hidratación. Entre sus usos incluyen pavimentos, edificios de concreto reforzado, puentes, tanques, mamposterías varias entre otros.

TIPO II, MODERADA RESISTENCIA A LOS SULFATOS (ASTM C-150). Se puede especificar calor moderado de hidratación manteniendo límites máximos, este cemento puede ser empleado en estructuras de volumen considerable, concretos expuestos al agua de mar, muros de contención, estribos gruesos, etc. Su uso reduce el aumento de la temperatura por lo que es idóneo utilizarlos en colados de concreto en climas cálidos o tropicales.

TIPO III, ALTA RESISTENCIA TEMPRANA (ASTM C-150). Este cemento se obtiene por un molido más fino. El concreto tiene una resistencia a la compresión a los tres días aproximadamente igual a la resistencia a la compresión a los 7 días, para los tipos I y II, y una resistencia a la compresión a los siete días casi igual a la resistencia a la compresión a los

veintiocho días, para los tipos I y II, sin embargo la resistencia última es más o menos la misma o menor que la de los tipos I y II.

TIPO IV, BAJO CALOR DE HIDRATACIÓN (ASTM C-150). El calor de hidratación es menor que el de los otros tipos, y se desarrolla con más lentitud. El desarrollo de la resistencia es mucho más lento; este cemento se usa para estructuras de concreto masivo, con bajas relaciones superficie/volumen. Requiere mucho más tiempo de curado que los otros tipos.

TIPO V, RESISTENCIA AL SULFATO (ASTM C-150). Este tipo de cemento se usa en el concreto expuesto a los sulfatos alcalinos del suelo, a los sulfatos de las aguas freáticas, y para exposición de agua de mar. Su resistencia es adquirida más lentamente que el cemento tipo I. La elevada resistencia a los sulfatos del cemento tipo V se atribuye al bajo contenido de aluminato tricálcico (C_3A). La resistencia a los sulfatos se incrementa si se incluye aire o se aumentan los contenidos de cemento, (relaciones agua - cemento bajas). El cemento tipo V, al igual que los demás cementos Pórtland, no es resistente al ataque de ácidos ni de otras sustancias corrosivas.

TIPO IA, IIA, Y IIIA, INCLUSORES DE AIRE (ASTM C-150). Estos tipos de cemento tienen una composición semejante a los cementos tipo I, II, y III, excepto que durante la fabricación se muele junto con el clinker Pórtland un material inclusor de aire. Estos cementos producen concretos con resistencias mejoradas contra la acción de la congelación – deshielo y contra la descamación provocada por la aplicación de productos químicos para remover hielo y nieve.

CEMENTOS HIDRÁULICOS MEZCLADOS (ASTM C-595). Estos cementos consisten en mezclas que se muelen juntas, de clinker y ceniza muy fina, puzolana natural o calcinada. También pueden consistir en mezclas de cal de escoria y cal de puzolana. En general, pero no necesariamente, estos cementos dan lugar a una resistencia mayor a la reacción álcali – agregado, al ataque por sulfato y al ataque del agua de mar, pero requieren un curado de mayor duración y tienden a ser menos resistentes a los daños por la sal para deshelar y descongelar. Los cementos hidráulicos mezclados deben concordar con los requisitos de la norma ASTM C-595, que reconoce la existencia de cinco clases de cementos mezclados:

- Cemento Pórtland de escoria de alto horno, tipo IS.
- Cemento Pórtland puzolana, tipo IP y tipo P.
- Cemento de escoria, tipo S.
- Cemento Pórtland modificado con puzolana tipo I (PM).
- Cemento Pórtland modificado con escoria tipo I(SM).

CEMENTOS HIDRÁULICOS PARA MAMPOSTERÍA (ASTM C-91). Este cemento se produce como los tipos N, S, y M. En general son cementos para emplearse en morteros para construcciones de mampostería. Se componen de algunos o varios de los siguientes compuestos: cemento Pórtland, cemento Pórtland puzolana, cemento Pórtland de escoria de alto horno, cemento de escoria, cal hidratada y cemento natural; además contienen materiales como cal hidratada, caliza, creta, conchas calcáreas, talco, escoria o arcilla. Los materiales se seleccionan de acuerdo a su capacidad para impartir trabajabilidad, plasticidad y retención de agua a los morteros.

CEMENTO PÓRTLAND BLANCO (ASTM C-150). El cemento blanco, cumple con los requisitos del tipo I o del tipo III, o los de ambos, sin embargo en el proceso de manufactura se utilizan materias primas de bajo hierro y bajo manganeso y un agregado especial para producir un color blanco puro. Este cemento se utiliza principalmente para fines arquitectónicos como muros precolados, paneles de fachada, recubrimientos de terrazo, pegamento de azulejos o como concreto decorativo.

CEMENTOS EXPANSIVOS (ASTM C-845). Este tipo de cemento hidráulico, se expande ligeramente durante el período de endurecimiento a edad temprana después del fraguado. Debe satisfacer los requerimientos de la ASTM C-845, la cual se le designa como cemento tipo E-1, comúnmente se reconocen tres variedades de cemento expansivo, mismas que se designan como K, M y S, las cuales se asignan como sufijo al tipo E1 cemento tipo E1(K), cemento tipo E1(M), y cemento tipo E1(S). Cuando la expansión se restringe, por ejemplo debido al refuerzo, el concreto de cemento expansivo, que es un compensador de contracciones, puede ser usado para:

- 1- Compensar la disminución de volumen ocasionada por la contracción por secado.
- 2- Inducir esfuerzos de tensión en el refuerzo.
- 3- Estabilizar a largo plazo las deformaciones de las estructuras de concreto post tensado respecto al diseño original.

Una de las ventajas de utilizar cemento expansivo en el concreto consiste en controlar y reducir las grietas de contracción por secado.

CEMENTOS PLÁSTICOS. El cemento plástico se produce al moler un agente plastificante mineral junto con el clinker de cemento Pórtland que satisfaga los requisitos del cemento tipo I y tipo II ASTM C-150; sin embargo estos agentes no deben sobrepasar el doce por ciento del volumen total. El cemento plástico cumple con la ASTM C-150, excepto por el residuo insoluble, la inclusión de aire y las adiciones subsecuentes hasta la calcinación. Por la gran cantidad de aire el cemento plástico no se recomienda para concreto.

CEMENTOS PARA POZOS PETROLEROS (ESPECIFICACIÓN API 10). Estos cementos son empleados para sellar pozos de petróleo, normalmente están hechos de clinker Pórtland o de cementos hidráulicos mezclados; Generalmente deben tener un fraguado lento y deben ser resistentes a temperaturas y presiones elevadas: Las especificaciones para ensayos y materiales para cementos destinados a pozos del American Petroleum Institute (Especificación API 10), incluye los requisitos para nueve clases de cemento para pozo, aplicable para usarse a un cierto rango de profundidades de pozo, temperaturas, presiones y ambientes sulfatados (Clases A hasta H y J).

Los diferentes tipos de cemento Pórtland se fabrican para poder manejar, ciertas propiedades físicas y químicas, que de no controlarse pueden generar problemas o aun daños a la estructura a construir.

2.3.3 - COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO PÓRTLAND.

La composición química de un clinker Pórtland se define convenientemente mediante la identificación de cuatro compuestos principales, cuyas variaciones relativas determinan los

diferentes tipos de cemento Pórtland. A continuación se presentan los compuestos fundamentales, sus formulas químicas y sus abreviaturas.

COMPUESTOS QUÍMICOS EN EL CEMENTO PÓRTLAND.

COMPUESTO	FORMULA DEL OXIDO	NOTACIÓN ABREVIADA
Silicato tricalcico	3CaO SiO_2	C_3S
Silicato dicalcico	2CaO SiO_2	C_2S
Aluminato tricalcico	$3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Aluminoferrico tetracalcico	$4\text{CaO Al}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

- Tabla 2.2 Compuestos químicos en el cemento portland⁷

Como los compuestos más deseables, para el cemento podrían considerarse los silicatos de calcio (C_3S y C_2S), por que al hidratarse forman los silicatos hidratados de calcio (S-H-C), que son responsables de la resistencia mecánica y otras propiedades del concreto. Normalmente el C_3S aporta resistencia a corto y a mediano plazo, y el C_2S , a mediano y largo plazo, es decir se complementa bien para que la adquisición de resistencia se realice en forma sostenida.

El Aluminato tricalcico, (C_3A), es el compuesto que se hidrata con mayor rapidez, y por ello propicia mayor velocidad en el fraguado y en el desarrollo de calor de hidratación en el concreto. El yeso que se agrega al cemento durante la molienda final, retrasa la velocidad de hidratación del C_3A . Los cementos con bajos porcentajes de C_3A , son particularmente resistentes a los suelos y a las aguas que contienen sulfatos.

El compuesto que es relativamente inactivo es el aluminoferrito tetracalcico (C_4AF), ya que contribuye poco a la resistencia del concreto y su presencia es más bien útil como fundente

⁷ "Diseño y Control de Mezclas de Concreto" Steven H. Kosmatka, William C Panerese, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto IMCYC, A.C., Primera Edición, México; 1992, pp.21.

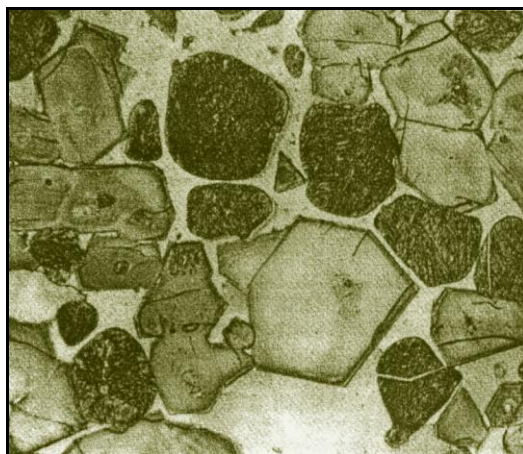
durante la calcinación del clinker. Durante la elaboración de los cinco tipos normalizados del clinker Pórtland, se realizan ajustes para regular la presencia de los principales compuestos químicos, siendo los principales, los que a continuación se presentan.

CEMENTOS PORTLAN NORMALIZADOS POR LA ASTM C - 150

TIPO	CARACTERÍSTICA	NOTACIÓN ABREVIADA
I	Sin características especiales.	Sin ajustes específicos en este aspecto
II	Moderado calor de hidratación y resistencia a los sulfatos.	Moderado C_3A
III	Alta resistencia rápida	Alto C_3A
IV	Bajo calor de hidratación	Alto C_2S , moderado C_3A
V	Alta resistencia a los sulfatos	Bajo C_3A

- Tabla 2. 3 Ajustes en los cinco tipos de cemento pórtland normalizados por la ASTM C-150⁸.

En el clinker y en el cemento, el C_3A y el C_2S , son también conocidos como alita y belita, respectivamente, a estos y otros compuestos se le puede observar y analizar por medio del empleo de técnicas microscópicas, como se muestra en la siguiente figura.



- Figura 2.1 Vista microscópica de alita (C_3A) donde se observan cristales grises claros y angulares, mostrando además belita (C_2S) como los cristales más oscuros y redondeados. Aumento a 400x.

⁸ Comisión federal de Electricidad, "Manual de Tecnología del Concreto Sección 1", Editorial Limusa Noriega Editores, México 1994, pp.19.

2.3.4 - PROPIEDADES FÍSICAS DEL CEMENTO PÓRTLAND.

Las propiedades más importantes del cemento Pórtland, están expresadas en algunas normas de la ASTM, el conocimiento del significado de estas es provechoso para interpretar el resultado de las pruebas al cemento, entre las más destacadas se mencionan:

FINURA (ASTM C-115, C-204, C-430).

El grado de finura del cemento tiene efectos ambivalentes en el concreto. Al aumentar la finura el cemento se hidrata y adquiere resistencia con más rapidez y también se manifiesta un aumento en la cohesión, manejabilidad y capacidad de retención de agua en las mezclas de concreto. Como contrapartida, una finura más alta representa mayor velocidad en la generación del calor liberado y mayor velocidad de hidratación, por lo tanto el desarrollo de la resistencia que se ve afectada principalmente durante los primeros siete días, al haber disminuido la cantidad de agua necesaria. Todo esto trae como consecuencias adicionales, cambios volumétricos de los concretos y posibles agrietamientos en las estructuras.

Por esta razón, el cemento del tipo III, se muele más fino que los otros tipos, por que se sobreentiende que requiere mayor finura para cumplir con la función de obtener alta resistencia a edad temprana.

SANIDAD (ASTM C-151).

La sanidad se refiere a la capacidad de una pasta endurecida para conservar su volumen después del fraguado. La falta de sanidad o expansión destructiva retardada, es provocada por un exceso en las cantidades de cal libre o de magnesia. La mayor parte de

especificaciones para el cemento limitan las proporciones de magnesio, así como la expansión registrada en la prueba de autoclave (ASTM C-151), desde que en 1943 se adoptó dicha prueba no han ocurrido casos de expansión que puedan atribuirse a falta de sanidad.

CONSISTENCIA (ASTM C-230).

La consistencia se refiere a la movilidad relativa de una pasta de cemento o mortero recién mezclado o bien su capacidad de fluir. Los métodos de consistencia normal y el de la prueba de fluidez, pueden regular los contenidos de agua en las pastas y morteros.

TIEMPO DE FRAGUADO (ASTM C-191, C-266).

Se efectúan pruebas para determinar si una pasta de cemento permanece en estado plástico el tiempo suficiente para permitir un colado normal. El yeso regula el tiempo de fraguado en el cemento, como también la finura del mismo, la relación agua/cemento en el concreto y los aditivos usados. Las pruebas para determinar el fraguado se realizan con el aparato de Vicat ASTM C-191 y la aguja de Gilmore ASTM C-266.

FALSO FRAGUADO (ASTM C-451).

El falso fraguado se pone en evidencia por una gran pérdida de plasticidad, sin generar mucho calor un poco después de haber mezclado el concreto. Este fenómeno desaparece al aumentar el tiempo de mezclado en el concreto.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C-109).

La resistencia a la compresión de cemento Portland es obtenida de cubos estándar de dos pulgadas de lado, con una relación constante agua/cemento igual a 0.485, para las pruebas

de resistencia a la compresión. El mortero consta de 1 parte de cemento y 2.75 partes de arena graduada estándar mezclados con agua. Las resistencias a las diferentes edades son indicadores de las características del cemento, con precisión a causa de las muchas variables que intervienen en la mezcla de concreto. La resistencia a la compresión está influida por el tipo y la finura del cemento.

En general, las resistencias de los cementos, obtenidas en base a la norma ASTM C - 109, no se pueden usar para predecir las resistencias de los concretos con exactitud, debido a la gran cantidad de variables, en las características de los agregados, mezclas de concreto y procedimientos constructivos.

CALOR DE HIDRATACIÓN (ASTM C-186).

El calor de hidratación es generado cuando reacciona el cemento con el agua; es decir se genera calor por una reacción exotérmica. La cantidad de calor generado depende principalmente de la composición química del cemento, la finura y de las temperaturas existentes en el curado. En estructuras con grandes masas de concreto, la rapidez y la cantidad de calor generado es importante, si este calor no se disipa rápidamente, puede estar acompañado de dilataciones térmicas y el enfriamiento posterior del concreto endurecido a la temperatura ambiente puede crear esfuerzos perjudiciales en la estructura.

RESISTENCIA Y CALOR DE HIDRATACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND

TIPO DE CEMENTO PÓRTLAND (ASTM C 150)		% DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS CONCRETOS, OBTENIDA RESPECTO A LOS RESULTADOS DEL CEMENTO TIPO I.				% DE CALOR DE HIDRATACIÓN GENERADOS POR LOS DIFERENTES TIPOS DE CEMENTO EN FUNCIÓN DEL CEMENTO TIPO I.
		1 DÍA	7 DÍAS	28 DÍAS	3 MESES	
I	NORMAL	100	100	100	100	100
II	MODERADO	75	85	90	100	80 – 85
III	RÁPIDO	190	120	110	100	150
IV	BAJO	55	55	75	100	40 – 60
V	RESISTENTE	65	75	85	100	60 – 75

- Tabla 2. 4 Resistencia y calor de hidratación del cemento pórtland⁹.

PERDIDA POR IGNICIÓN (ASTM C-114).

La pérdida por ignición del cemento Pórtland se determina calentando una muestra de cemento de peso conocido al rojo vivo (de 900 a 1000 grados centígrados) hasta obtener un peso constante, luego se determina la pérdida de peso de la muestra que normalmente no excede al 2%. Una elevada pérdida por ignición es indicador de pre hidratación o carbonatación que puede ser producida por almacenamiento incorrecto y prolongado.

PESO ESPECÍFICO (ASTM C-188).

El peso específico del cemento Pórtland es aproximadamente de 3.15, el cemento Pórtland de escoria de altos hornos puede tener pesos específicos de aproximadamente de 2.90. El peso específico de un cemento no indica la calidad del mismo; su uso principal es para el proyecto de mezclas, el peso específico del cemento elaborado en nuestro país es de 3.10.

⁹ Staff Pórtland Cement Association, "Proyecto y control de mezclas de concreto", Editorial Limusa, Primera Impresión, México, 1978, pp.21.

2.4 - AGUA DE MEZCLADO PARA CONCRETO

En relación con su empleo en el concreto, el agua tiene dos diferentes aplicaciones; como ingrediente en la elaboración de las mezclas y como medio de curado de las estructuras recién construidas. Al estudiar el primer caso el agua como elemento al reaccionar con el cemento, genera las propiedades aglutinantes, forma del 10 al 25 % del volumen del concreto recién mezclado; dependiendo del tamaño máximo de agregado que se utilice y del revenimiento que se requiera¹⁰. “Casi cualquier agua natural que pueda beberse y que no tenga sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Sin embargo algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto.”¹¹

En diversas especificaciones y prácticas recomendadas, al establecer la calidad necesaria en el agua de mezclado, se pone más énfasis en la evaluación de los efectos que producen en el concreto. Los efectos indeseables que el agua de mezclado de calidad inadecuada puede producir en el concreto, son a corto, mediano y largo plazo. Los efectos a corto plazo normalmente se relacionan con el tiempo de fraguado y las resistencias iniciales, los de mediano plazo con la resistencia posterior a 28 días o más y los de largo plazo, pueden consistir en el ataque de sulfatos, la reacción álcali - agregado y la corrosión de acero de refuerzo.

La prevención de los efectos a largo plazo se consiguen por medio del análisis químico del agua antes de emplearla, verificando que no contenga cantidades excesivas de sulfatos, álcalis cloruros y dióxido de carbono disuelto. Para prevenir los efectos a corto y mediano

¹⁰ “ACI Comité 2007. Report 207.1R Mass Concrete”, American Concrete Institute, Detroit, Michigan, 1987.

¹¹ “Diseño y Control de Mezclas de Concreto” Steven H. Kosmatka, William C Panerese, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto IMCYC, A.C., Primera Edición, México; 1992, pp.27.

plazo se hace una evaluación del agua mediante pruebas comparativas de tiempo de fraguado y de resistencia a compresión a 7 y 28 días. El criterio americano dice que el fraguado inicial ASTM C - 191, no deberá variar considerablemente y que la resistencia a la compresión a la edad de 28 días ASTM C - 109, deberá ser mayor que el 90% (85% también es un límite satisfactorio) de la obtenida con los especímenes hechos con agua aceptada. En cambio el criterio británico acepta una tolerancia de 30 minutos de fraguado inicial y una resistencia no menor del 80%.

2.5 - AGREGADOS PARA CONCRETO.

En mezclas de concreto convencional, los agregados suelen representar entre el 60 y 75 %, aproximadamente del volumen absoluto de todos los componentes (70 – 85 % en peso) y tienen notablemente influencia en las propiedades del concreto recién mezclado y endurecido, así como en las propiedades de la mezcla y en la economía.

2.5.1 - CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS.

- AGREGADO FINO.

Material granular que pasa por el tamiz de 3/8" (9.5 mm), y casi pasa por completo por el N° 4 (4.75 mm), y es retenido de modo predominante por el N° 200 (75 µm) y que resulta de la desintegración y abrasión naturales de la roca o al procesar arenisca.

Los requisitos de calidad que se esperan es que las partículas del agregado fino estén libres de impurezas orgánicas, arcilla ó cualquier material dañino o de un exceso de partículas con un tamaño menor de malla N° 100.

TABLA 2-5 - ELEMENTOS PERJUDICIALES EN EL AGUA DE MEZCLA.¹²

IMPUREZAS	ELEMENTO ESPECIFICO QUE CONTIENE	EFEECTO EN EL FRAGUADO	EFEECTO EN LA RESISTENCIA	CONCENTRACIÓN MÁXIMA.
CARBONATOS Y BICARBONATOS ALCALINOS	Carbonato de sodio	Acelera	Reduce	1000 ppm* *Partes por millón (ppm.)
	Bicarbonatos	Aceleran Retardan (Según concentración)	Reduce	
CLORUROS	Iones de cloruro	Sin efecto	Sin efecto	20 000 ppm
SULFATOS	Sulfato de sodio	Sin efecto	Sin efecto	3 000 ppm
SALES COMUNES	Carbonato de calcio, Carbonato de magnesio	Sin efecto	Sin efecto	400 ppm
	Cloruro de magnesio, sulfato de magnesio	Sin efecto	Sin efecto	40 000 y 25 000 ppm
SALES DE HIERRO	Hierro	Sin efecto	Sin efecto	40 000 ppm
SALES INORGÁNICAS	zinc, cobre, plomo	variación	Reduce	-----
	Yodato de sodio, fosfato de sodio, arsenato de sodio, borato de sodio	Retarda	Reduce	500 ppm
	Sulfuro de sodio	Sin efecto	Sin efecto	100 ppm
AGUAS ACIDAS	Acido clorhídrico, sulfúrico, ácidos inorgánicos.	Sin efecto	Sin efecto	10 000 ppm pH< 3.0.
AGUAS ALCALINAS	Hidróxido de sodio	Sin efecto	Sin efecto	0.5% del peso del cemento
	Hidróxido de potasio	Sin efecto	Sin efecto	1.2 % del peso del cemento.
AGUAS DE DESPERDICIOS INDUSTRIALES	SOMETER EL AGUA A ENSAYOS Y PROBARLA SIEMPRE			
AGUAS NEGRAS	NUNCA USARLA A MENOS QUE PROVENGA DE UN BUEN SISTEMA DE TRATAMIENTO.			
AZÚCAR	Sacarosa	Retarda	Retarda a los 7 días, pero aumenta a los 28 días.	0.03 a 0.15 % del peso del cemento.
		acelera	Reduce la resistencia a los 28 días.	0.25 % del peso del cemento.
SEDIMENTOS	Arcilla o partículas finas de rocas.	PUEDE INFLUIR SOBRE LAS PROPIEDADES DE ALGUNAS MEZCLAS.		2 000 ppm
ACEITES	Aceite mineral (petróleo)	Sin efecto	Reduce la resistencia en más del 20%.	2.5 % del peso de cemento.
ALGAS	Algas adheridas en la superficie de los agregados.	Sin efecto	Reducción excesiva. Debido a la hidratación del cemento o por la variación de agua en el concreto.	-----

¹² "Diseño y Control de Mezclas de Concreto" Steven H. Kosmatka, William C Panerese, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto IMCYC, A.C., Primera Edición, México; 1992, pp.27 - 30.

Dentro de los lugares de procedencia del agregado fino se pueden mencionar:

- De ríos: éstas son las más usadas ya que se obtienen directamente y generalmente se encuentran lavadas, sus granos son redondeados.
- De mina: éstas se encuentran casi siempre en estado sucio y sus granos son angulosos.
- De playa: éstas son bastante finas y antes de ser utilizadas deben ser lavadas con agua dulce.
- De planicies aluvionales.
- Artificiales: éstas se obtienen de la trituración de las rocas y pueden ser obtenidas de diferentes tamaños.

El tamaño de los granos del agregado fino varía según la retención dentro de los diferentes tamices que la clasifican y se dividen en:

- Gruesas: pasan por un tamiz N° 4 (4.75 mm.).
Son retenidas en el tamiz N° 8 de (2.36 mm.).
- Las Medias: pasan por un tamiz N° 8 (2.36 mm.).
Son retenidas por el N° 40 (0.5 mm.).
- Finas: pasan por un tamiz N° 40 (0.5 mm.) de diámetro.

Desde hace mucho tiempo, en nuestro país la fuente principal de extracción de arena ha sido el río Las Cañas, que recorre los municipios de Soyapango, Ilopango y Tonacatepeque; así

como otros ríos situados a su alrededor. En la actualidad, el río tiene puntos de extracción o arenales focalizados como lo son: Vista Hermosa, El Sauce y Arenales, que son principales puntos de explotación. Entre otros bancos de arena se encuentran el de Río Jiboa en la paz, Laguna de Aramuaca en San Miguel.

- AGREGADO GRUESO

Material granular que es retenido de modo preponderante por el tamiz N° 4 (4.75 mm) y que resulta de la desintegración y abrasión natural de la roca o al procesar un conglomerado débilmente ligado. Generalmente los agregados gruesos consisten en una grava o agregado triturado, de tamaño entre 9.5 mm. (3/8 pulg.) y 37.5 mm. (1 ½ pulg.).

Los tipos de agregado grueso más utilizados con el concreto son:

Piedras trituradas: producidas por la trituración de piedras de cantera, la roca puede ser de tipo volcánica y/o metamórfica. Su superficie angulosa ayuda a obtener mayores resistencias en el concreto, aunque es menos manejable en el mezclado y colocación.

Grava natural: se produce por el desgaste en las piedras debido a la acción del agua que corre en los fondos y riveras de ríos. Su superficie redondeada produce menores resistencias que la roca triturada, aunque origina una mezcla más manejable.

Algunas de las canteras principales de gravas en nuestro país se encuentran, en Panchimalco, Ateos y San Diego. Puede afirmarse que el concreto es más resistente mientras más resistentes son sus agregados y se encuentren ordenados en la forma más

densa posible. Es decir, la graduación de las partículas de los agregados es de mucha importancia para producir un arreglo compacto.

2.5.2 – GRANULOMETRÍAS DE LOS AGREGADOS (ASTM C-136).

La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado. La distribución de las partículas por tamaño tiene un notable efecto en la cantidad de agua necesaria para un concreto hecho con un determinado agregado y por lo tanto influye en todas las propiedades del concreto relacionadas con su contenido de agua. El análisis granulométrico mide la distribución de los diferentes tamaños que componen una muestra de agregados por medio de tamizado (ASTM C-136) y nos ayuda a determinar la uniformidad, capacidad de bombeo, las relaciones de porosidad en la masa de concreto y así como su trabajabilidad para un mejor manejo y compactación del mismo.

En el uso normal del concreto, el requisito mínimo consiste en dividir los agregados en dos fracciones cuya frontera nominal es de 4.75 mm, siendo la denominación y los intervalos nominales de estas fracciones como siguen:

DENOMINACIÓN DE LOS AGREGADOS.

DENOMINACIÓN DE FRACCIONES	INTERVALO NOMINAL (mm)	MALLAS CORRESPONDIENTES (ASTM)
Agregado fino o arena	0.075 – 4.75	Nº 200 – Nº 4
Agregado grueso o grava	4.75 – variable*	> Nº 4

- Tabla 2. 6 Denominación de los agregados.

* El límite superior en el intervalo nominal del agregado grueso y la designación de la malla correspondiente depende del tamaño máximo de la grava que se utilice.

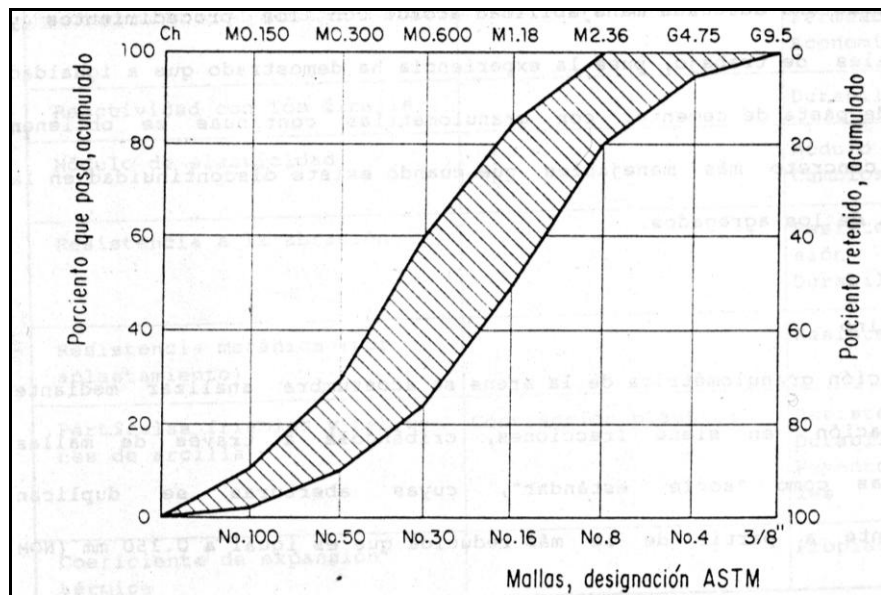
- GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO (ASTM C-136).

La composición granulométrica de la arena, se realiza cribándolas a través de mallas normalizadas que se duplican sucesivamente a partir de la más reducida. Las arenas muy finas resultan de alto costo económico, las arenas muy gruesas y agregados muy gruesos pueden producir mezclas rígidas no trabajables; por lo que se puede decir que aquellos agregados que no tiene una gran deficiencia o exceso de cualquier tamaño y tienen una curva granulométrica suave y producirán los resultados más satisfactorios. Las especificaciones de agregado para concreto (ASTM C-33), requieren que en cada fracción exista una proporción de partículas comprendidas dentro de ciertos límites establecidos. Los límites de la norma ASTM C-33 con respecto al tamaño de las cribas se indican a continuación:

LÍMITES GRANULOMÉTRICOS ESPECIFICADOS PARA LA ARENA.

TAMAÑO DE MALLA	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
9.52 mm (3/8")	0	100
4.75 mm (N° 4)	0 a 5	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	0 a 20	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	15 a 50	50 a 85
0.60 mm (N° 30)	40 a 75	25 a 60
0.30 mm (N° 50)	70 a 90	10 a 30
0.15 mm (N° 100)	90 a 98	2 a 10

- Tabla 2-7 Límites granulométricos especificados para la arena.



- Figura 2.2 Curva que indica los límites especificados en la norma ASTM C-33 para agregado fino.

El análisis granulométrico de la arena se complementa calculando su modulo de finura (FM) obtenido conforme a la ASTM C-136, que es igual a la centésima parte de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en cada una de las mallas de la serie estándar. El modulo de finura es un índice de la finura del agregado entre mayor sea el modulo de finura más grueso será el agregado; para la fabricación de un adecuado concreto la arena deberá presentar valores de modulo de finura no menores de 2.30 ni mayores que 3.10.

- GRANULOMETRÍA DE AGREGADO GRUESO (ASTM C-136).

La norma ASTM C-33, permite un amplio rango de granulometría y una diversidad de tamaños de granos. Los diseños de mezcla se vuelven confiables muchas veces, sin el requerimiento de agregar más cemento, debido a que la granulometría para un agregado grueso con un tamaño máximo puede variar dentro de un rango moderado; sin que se

produzca dicha demanda de cemento y agua, produciendo aun así un concreto de buena trabajabilidad.

La composición granulométrica de la grava, es menos influyente que la de la arena, en la manejabilidad de las mezclas de concreto, para analizar la composición granulométrica de la grava en conjunto se le criba por mallas cuyas aberturas se seleccionan de acuerdo con el intervalo dimensional dado por el tamaño máximo; buscando dividir este intervalo en suficientes fracciones que permitan juzgar su distribución de tamaños a fin de compararla con los límites granulométricos que le sean aplicables.

Debido a la costumbre a veces ocurren confusiones sobre lo que se quiere decir con el tamaño máximo del agregado. La norma ASTM C-125 y el ACI-116 definen este término y lo diferencian del tamaño máximo nominal del agregado. El tamaño máximo de un agregado, es el menor tamaño de malla por el cual todo el agregado debe pasar. El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de malla por el cual debe pasar la mayor parte de agregado.

2.5.3 – AGREGADOS CON GRANULOMETRÍAS DISCONTINUAS

Son agregados en donde se han omitido ciertos tamaños de partícula. Las mezclas con granulometrías discontinuas se utilizan para obtener texturas uniformes en concretos con agregados expuestos, así como también en concretos estructurales normales, ya que proporcionan mejoras en densidad, permeabilidad, resistencia y consolidación.

Se debe evitar la segregación de las mezclas con granulometrías discontinuas; restringiendo el revenimiento al valor mínimo de acuerdo a una buena consolidación. También es necesario

un estrecho control de la granulometría y del contenido de agua por que las variaciones pueden ser causa de segregación.

2.5.4 - FORMA DE LA PARTÍCULA Y TEXTURA SUPERFICIAL.

La forma de partícula y la textura superficial de un agregado influye más en las propiedades del concreto fresco que en el endurecido. Las partículas naturales de agregado pueden ser esféricas; los agregados triturados pueden ser de forma cúbica o tener muchos ángulos con vértices agudos. Para producir un concreto trabajable, las partículas alargadas, angulares de textura rugosa necesitan más agua que los agregados compactos, redondeados y lisos. En consecuencia las partículas de agregado angulares necesitan mayor contenido de cemento para mantener la misma relación agua – cemento.

La adherencia entre la pasta de cemento y un agregado generalmente aumenta a medida que las partículas van cambiando de lisas y redondeadas a rugosas y angulares.

Los contenidos de vacíos del agregado compactado fino o grueso se pueden usar como un índice de las diferencias en la forma y textura de agregados con igual granulometría. La demanda de agua de mezclado y de mortero tiende a aumentar a medida que aumenta el contenido de vacíos del agregado.

2.5.5 - PESO VOLUMÉTRICO Y VACÍOS (ASTM C-29).

El peso volumétrico es la relación que existe entre el peso del material y el volumen ocupado por el mismo, se le denomina peso volumétrico y está generalmente expresado en Kg/m³. El volumen involucrado en esta relación está constituido por el que ocupa el material y el ocupado por los vacíos, entre las partículas de agregado. El peso volumétrico aproximado de

un agregado usado en un concreto de peso normal varía aproximadamente entre 2200 a 2550 Kg./m³. El valor del término peso volumétrico no es considerado como una medida de calidad del material que se ensaya, pero se ve involucrado en muchos otros cálculos como por ejemplo, en el diseño de las proporciones para el concreto, en la conversión de cantidades en peso a cantidades de volumen.

Es obvio que el peso volumétrico depende de que tan densamente se comprima el agregado, y variará en función de los siguientes parámetros: forma, tamaño y distribución de las partículas.

La cantidad de compactación, la forma del agregado, la textura superficial y las cantidades de los tamaños de las partículas, es decir su gradación, influyen de manera importante sobre la cantidad de espacio entre las partículas de agregado o vacíos. Los contenidos de vacíos varían entre el 30% a 45% para los agregados gruesos y 40% a 50% para el agregado fino. Las mezclas de agregado grueso y fino darán lugar a un contenido menos de vacíos que el de cada componente medido por separado, debido al entre mezclado de sus tamaños.

En la siguiente tabla se representa el nivel aproximado que ocupan en la escala de pesos unitarios, cinco diferentes clases de concreto cuyas designaciones, pesos unitarios y usos comunes se detallan conjuntamente.

Los agregados deben cumplir ciertas reglas para darles un uso en la ingeniería y deben consistir en partículas, durables limpias, duras, resistentes, libres de recubrimientos de arcilla,

**TABLA 2.-8 – CLASES DE CONCRETO, USO Y TIPOS DE AGREGADOS EMPLEADOS
EN LA FABRICACIÓN DE CONCRETO CON DIFERENTE PESO UNITARIO.¹³**

CLASE DE CONCRETO	PESO UNITARIO (Intervalo usual, Kg./m³)	USO Y TIPO DE AGREGADO QUE LO COMPONEN
Baja densidad	300 – 800*	Aislamiento térmicos acústico de muy baja resistencia (menos de 70 Kg. /m ²). Compuesto por agregados como escoria, perlita, vermiculita y diatomita.
Ligero intermedio	800 – 1400*	Uso no estructural, de baja resistencia (de 70 a 175 Kg./m ²). Compuesto por agregados como perlita expandida, pumicita, escoria volcánica.
Ligero estructural	1400 – 1900*	Uso estructural de mediana y alta resistencia (de 175 a 500 Kg./m ²). Compuesto por agregados como esquisto, pumicita pizarra, arcilla y escoria volcánica.
Peso normal	2200 – 2550**	.Uso no estructural y estructural, desde muy baja hasta muy alta resistencia (de 70 a 1200 Kg./m ²). Compuestos por agregados como arenas y gravas, naturales o manufacturadas, piedra triturada y escoria de alto horno.
Pesado	2600 – 5500**	Blindaje contra radiaciones, contra pesos para puentes levadizos y otras aplicaciones especiales con diversos requisitos de resistencias. Compuesto por agregados como barita, gestita, limolita, magnetita, ilmelita, hematina.

(*) Concreto seco al aire.

(**) Concreto saturado.

de productos químicos y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento.

¹³ Comisión federal de Electricidad, "Manual de Tecnología del Concreto Sección 1", Editorial Limusa Noriega Editores, México 1994, pp.72.

2.5.6 - PESO ESPECÍFICO DE LOS MATERIALES (ASTM C-127, C-128).

El peso específico relativo, o gravedad específica de un agregado expresa la relación del peso del aire en una unidad de volumen de un material al peso de un volumen igual de agua en un mismo estado de temperatura.

Según la condición en que se encuentre el material, a si se determinaran distintos tipos de pesos específico.

a) **Peso específico relativo en masa.**

Es la relación del peso en aire de una unidad de volumen de agregado (incluyendo los huecos dentro de las partículas permeables e impermeables, pero no incluyendo los vacíos entre las partículas) al peso del aire en un volumen igual de agua destilada libre de gas en un mismo estado de temperatura. Es utilizado para cálculos cuando el agregado se encuentra seco o se asume que lo está. La variación de densidad relativa para agregados naturales que producen un concreto de peso normal es de 2.4 y 2.9, con unidad adimensional ya que es el cociente de dos magnitudes con iguales unidades.

b) **Peso específico relativo en masa, en base a la condición de superficie seca saturada.**

Es la relación de peso en aire de una unidad de volumen de agregado, incluyendo el peso de agua que llena los huecos (condición que se consigue sumergiendo el agregado en agua durante aproximadamente 24 horas no incluyendo los huecos entre partículas), al peso en aire de un volumen igual de agua destilada libre de gas en un mismo estado de temperatura. El peso específico determinado en base a la

superficie seca saturada (SSS), es utilizado si el agregado esta mojado, y debe saturarse aproximadamente por 24 horas.

c) Peso específico relativo aparente.

Es la relación del peso en aire de una unidad de volumen de una porción impermeable de agregado al peso de un volumen igual de agua destilada libre de gas en un mismo estado de temperatura.

El peso específico aparente atañe a la densidad relativa del material solidó. Haciendo de caso que las partículas constituyentes no incluyen espacios porosos, dentro de si misma ni entre ellas, a los que el agua es accesible.

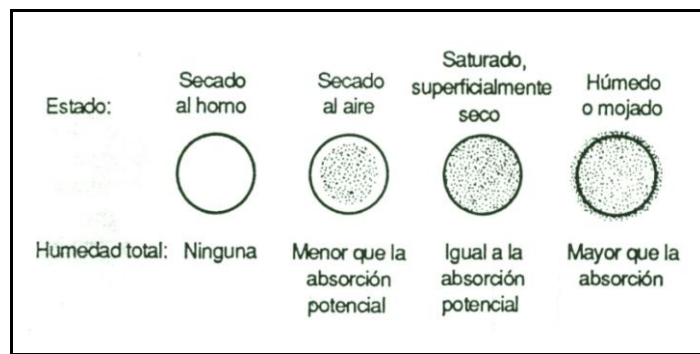
2.5.7 - ABSORCIÓN Y HUMEDAD SUPERFICIAL. (ASTM C-127, C-128, C-566, C-70).

La absorción de un agregado es el incremento en el peso del agregado debido a la penetración de agua en los poros o capilares del material, durante un periodo de inmersión en agua de 24 horas y es expresada como un porcentaje del peso seco.

El agregado es considerado "seco" cuando a sido mantenido a una temperatura de ciento diez más o menos cinco centígrados durante tiempo suficiente para eliminar toda el agua no combinada (generalmente de 18 a 24 horas). La absorción no solo depende de la porosidad de las partículas del agregado, si no también de la distribución granulométrica, del contenido de finos, el tamaño máximo, de la forma y textura superficial de las partículas.

Los valores de absorción para agregados de buena calidad no suelen exceder de 3% en el agregado grueso, ni el 5 % en el agregado fino. Las condiciones de humedad de los agregados, se pueden enunciar como:

- a) Secado al horno.
- b) Secado al aire.
- c) saturado superficialmente seco.
- d) Húmedos.



- Figura. 2.3 Condiciones de humedad en los agregados.

La condición de humedad ideal en los agregados es la saturado superficialmente seca (SSS), pero éste es muy difícil de mantener por que constantemente las condiciones climatológicas están cambiando. Así los agregados expuestos al aire y el sol se secan parcialmente, y los expuestos a las lluvias u otros agentes que proporcionen humedad, los pueden sobre saturar.

En el primer caso, los agregados van a tomar el agua de absorción restante de la pasta de cemento y en el segundo caso le van a proporcionar agua. Por lo tanto es necesario cuantificar el contenido de humedad de los agregados para poder hacer ajustes convenientes a la mezcla.

El método ASTM C-566, sirve para determinar las dos situaciones anteriores y en forma práctica, el método ASTM C-70, sirve para determinar la humedad superficial de las arenas sobresaturadas, que generalmente son las que causan problemas de ajustes a última hora. La figura 2.3 muestra las diferentes condiciones en que se pueden encontrar los agregados.

2.5.8 – PROPIEDADES DE HUMEDECIMIENTO Y SECADO.

Referido principalmente al efecto que tiene el intemperismo sobre los agregados para la fabricación de concreto; siendo estos los efectos de humedecimiento y secado, que provoca aumento o disminución en los coeficientes de expansión y contracción, afectando principalmente la durabilidad de los mismos.

Otro tipo de efectos que se pueden observar en algunos tipos de rocas, son deformaciones severas o un incremento permanente en el volumen de concreto que conformen estos agregados, provocando así una falla eventual en el mismo.

2.5.9 - RESISTENCIA AL DESGASTE (ASTM C-131).

La resistencia que los agregados gruesos oponen a sufrir desgaste, ruptura o desintegración de partículas por parte de la abrasión es una característica que a menudo se usa como un índice de calidad y en particular de su capacidad de producir concretos durables en condiciones de servicio donde intervienen acciones determinantes de carácter abrasivo, como pavimentos o pisos, en estos casos se debe tomar en cuenta la dureza del agregado grueso, como también una pasta de calidad de agua cemento. La prueba más común de resistencia al desgaste y al impacto es la prueba de los Ángeles de acuerdo a la norma ASTM C-131.

2.5.10 - RESISTENCIA MECÁNICA.

La resistencia mecánica de un agregado es rara vez expuesto a prueba, ya que generalmente no influye en gran medida en la resistencia de concreto normal; como la resistencia de la pasta o la adherencia pasta – agregado. Sin embargo cuando se trata del concreto de muy alta resistencia con valores superiores a los 500 Kg./cm², o de concreto en donde se va a producir contacto entre las partículas de los agregados, la resistencia mecánica adquiere mayor influencia.

2.6 - CONCRETO EN ESTADO FRESCO.

Cuando el concreto se hace correctamente, cada partícula del agregado deberá estar completamente rodeada de pasta y también de espacios vacíos entre partículas de agregado. El concreto recién mezclado debe ser plástico o semifluido y capaz de ser moldeado a mano. Al definir un concreto plástico, nos estaremos refiriendo a aquel material que es plegable y capaz de ser moldeado. En una mezcla de concreto plástico, todos los granos de arena y grava quedan mezclados dentro de un cuerpo heterogéneo y en suspensión por una mezcla de pasta en la que se mueven, sin desmoronarse, ni segregarse bajo el efecto de la gravedad.

La pasta debe sus propiedades de cementación a las reacciones químicas entre el cemento y el agua. En general se puede afirmar que a mayor relación agua - cemento (*a/c*), la calidad del concreto disminuye, baja su resistencia y soporta menos cambios climáticos; por lo tanto la relación agua - cemento ideal, debe ser tal que permita la reacción entre todas las partículas de cemento y el agua de la mezcla, la cual es de 0.38, sin embargo esta debe aumentarse para que el concreto sea trabajable.

2.6.1 – MEZCLADO (ASTM C-94, C-685).

Todo el concreto se deberá mezclar hasta que se logre una distribución uniforme de los materiales, y se deberá descargar completamente antes de que se vuelva a cargar la mezcladora.

El concreto premezclado se deberá mezclar y entregar de acuerdo con los requisitos de la norma (ASTM C-94) o la (ASTM C-685).

El concreto mezclado en obra se mezclará de acuerdo con lo siguiente:

- El mezclado deberá hacerse en una mezcladora del tipo aprobado.
- La mezcladora deberá hacerse girar a un número de revoluciones y velocidad, que aseguren la uniformidad del producto terminado.
- El mezclado debe prolongarse por lo menos durante 1.5 minutos después de que todos los materiales estén dentro del tambor.

Al finalizar el proceso de mezclado la mezcla de concreto debe aportar dos condiciones necesarias:

1.- Debe ser lo suficientemente cohesiva para conservar su homogeneidad en el curso de su traslado de la mezcladora a los moldes con el empleo de los medios apropiados.

2.- Debe poseer deformabilidad adecuada a la energía con que se compacte, conforme a las características de los equipos de uso especificado.

MEZCLADO MANUAL: Normalmente para obras de poco volumen, un grupo de hombres bien entrenados pueden fabricar porciones o bachadas de concreto, de 1, 2 o 3 bolsas de cemento, como máximo para obtener una mezcla homogénea de todos los materiales que

componen el concreto. Aunque aparentemente este método es mas económico, este método es poco recomendable debido a la dificultad que presenta para lograr mezclas homogéneas, ya que para ello se necesita de personal con suficiente experiencia y una vigilancia técnica constante; además es difícil evitar excesivas fluctuaciones en la calidad del concreto, debido a la variación que se genera principalmente en la relación agua/cemento.

MEZCLADO MECÁNICO: las mezcladoras mecánicas son las mas utilizadas, por lo general su capacidad de revoltura es de una bolsa de cemento, aunque se utilizan también de dos y tres bolsas. Estas maquinas son operadas por una persona y son remolcadas al frente de trabajo para fabricar el concreto en in situ. Este método aventaja al mezclado manual, ya que se obtiene una mezcla mas homogénea, el tiempo de mezclado es menor y existen menos desperdicios de materiales.

Las mezcladoras se usan para obras de tamaño medio y que requieren controles de calidad en los materiales y procesos constructivos.

2.6.2 - TRABAJABILIDAD Y CONSISTENCIA (ASTM C-143, C-360).

La trabajabilidad de una mezcla de concreto puede definirse como la facilidad que presenta ésta para ser mezclada, manejada, transportada y colocada apropiadamente en su posición final con una mínima pérdida de homogeneidad, es decir sin que se dé segregación.

La trabajabilidad depende de las proporciones y de las características físicas de los materiales, y también del equipo utilizado durante el mezclado, transporte y colocación de la mezcla. Aun así la trabajabilidad es un término relativo, por que un concreto se podrá

considerar trabajable para ciertas condiciones y no trabajable por otras. Por ejemplo, un concreto puede ser trabajable para la hechura de un pavimento, pero difícil de colocar en un muro delgado con refuerzo complicado. Por lo mismo la trabajabilidad puede definirse como una propiedad física del concreto fresco, sin hacerse referencias a las circunstancias específicas de un tipo de construcción.

Un componente muy importante de la trabajabilidad es la consistencia o fluidez de la mezcla de concreto. La consistencia de una mezcla de concreto es un término general que se refiere al carácter de la mezcla con respecto a su grado de humedad de ese concreto, y abarca todos los grados de fluidez desde la más seca hasta la más fluida de todas las mezclas posibles.

En general existen varios tipos de consistencia:

- a) Consistencia seca: Aquella en la cual la cantidad de agua es pequeña y simplemente la suficiente para mantener las partículas de cemento y agregado juntas.
- b) Consistencia dura o rígida: posee un poco más de agua que la del tipo antes mencionado.
- c) Consistencia húmeda: la cantidad de agua es bastante apreciable y se trata de un concreto fluido.

La consistencia se puede medir por medio de la prueba de revenimiento (ASTM C-143) o por la prueba de la esfera de Kelly (ASTM C-360).

2.6.3 - HIDRATACIÓN, SEGREGACIÓN, EXUDACIÓN Y SANGRADO.

La hidratación es la propiedad de liga de la pasta de cemento Pórtland, como producto de la reacción química entre el cemento y el agua. Los factores que intervienen en este proceso son el clinker, yeso, finura, temperatura y cantidad de agua. El cemento Pórtland tipo I, libera un poco más de su calor total de hidratación en tres días.

La velocidad de reacción entre el cemento y el agua determina el tiempo de fraguado y se refiere al cambio del cual está sujeta la pasta de cemento en estado fluido al estado rígido debiendo conceder el suficiente tiempo para que el concreto sea transportado y colocado.

Se le conoce como segregación, a la falta de uniformidad de una mezcla y consiste en la separación de los agregados gruesos de los finos y la pasta.

Exudación, es la falta de uniformidad en la pasta de la mezcla que provoca una mayor concentración de agua en la superficie de la masa de concreto.

Se puede decir que el sangrado en el concreto, es una forma de segregación, en la que el agua tiende a subir en la masa del concreto; debido al fenómeno de la capilaridad y a la incapacidad de retención de los sólidos, gran parte de esta agua logra llegar a la superficie y otra parte queda atrapada pero segregada debajo de los agregados gruesos.

2.6.4 – TEMPERATURA (ASTM C-1064).

La determinación de la temperatura del concreto en estado fresco se realiza cuando las condiciones ambientales y de exposición de los acopios de los agregados hacen suponer casos extremos, alta o baja temperatura ASTM C-1064.

Para temperaturas del concreto superiores a los 30 °C, se manifiesta una aceleración de los procesos de fraguado. Además, aumentan los riesgos de figuración plástica del concreto (sobre todo si hay baja humedad relativa y viento, si se encuentra en un ambiente que puede fácilmente modificar su temperatura).

En general, no se debería proseguir la colocación del concreto si la temperatura del mismo superase los 35 °C. La alta temperatura también provoca una disminución del asentamiento (la mezcla es más seca), y favorece la evaporación de agua de la mezcla. Esto lleva, en general, a la adición ulterior de agua, lo que debe evitarse.

2.6.5 - CONTENIDO DE AIRE (ASTM C-138, C-173, C-231).

La determinación de la cantidad de aire incluido en el concreto fresco, durante el colado es esencial para mantener la calidad deseada. Esta cantidad debe verificarse a intervalos regulares y al menos, en cualquier cambio en las condiciones, como las atmosféricas o la consistencia. Existen tres procedimientos cubiertos por la ASTM, la designación C-138 Método Gravimétrico; C-173 Método Volumétrico; C-231 Método de Presión.

Un concreto el cual no se lleva el control del contenido de aire puede generar un concreto poroso el cual permite la penetración de los agentes químicos y físicos que, por lo tanto lo deterioraran mas fácilmente disminuyendo su durabilidad y vida útil.

El método que se describe a continuación, se basa en la medición del cambio de volumen del concreto sometido a un cambio de presión, el equipo que se especifica para este ensayo es el tipo B de la norma ASTM C-231 (aparato tipo Washington), el que está equipado con un dial que registra directamente el contenido de aire, en %, con respecto al volumen de concreto. El procedimiento es aplicable a concreto fabricado con árido de densidad normal y tamaño máximo no superior a 50 mm.

2.7 - CONCRETO ENDURECIDO.

Puesto que el concreto es una masa endurecida de materiales heterogéneos, sus propiedades reciben la influencia de un gran número de variables relacionadas con las diferencias en los tipos y cantidades de sus componentes, en el mezclado, el transporte, colocado y curado.

La mayor parte de concreto se dosifica para obtener una resistencia dada a la compresión con un envejecimiento dado. Normalmente no se requiere que el concreto resista fuerzas directas de tensión, debido a sus malas propiedades a este punto. Sin embargo la tensión es importante con respecto al agrietamiento debido a la limitación de la contracción causada por la actividad química, la contracción por secado o la disminución en la temperatura. Las características tanto físicas como químicas mostradas por el concreto endurecido son el

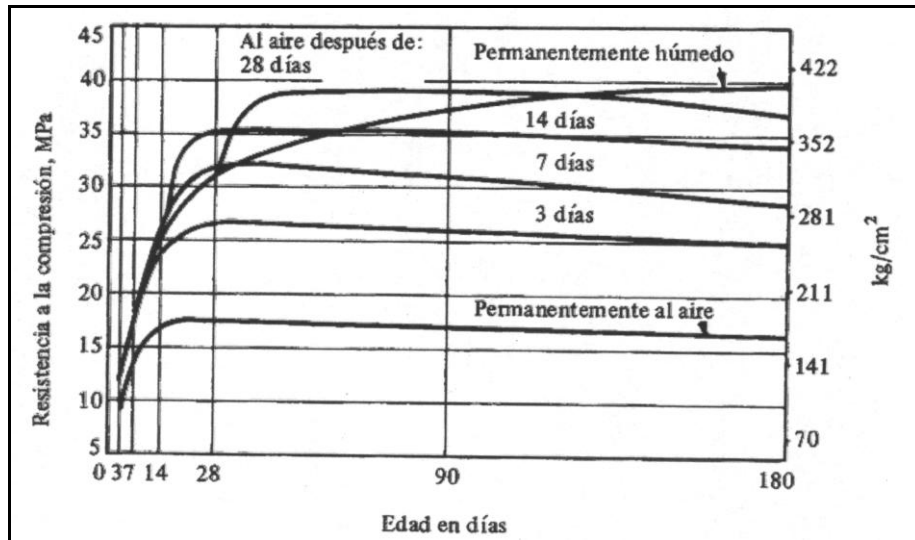
resultado de un acucioso control de calidad iniciando de las pruebas a los componentes según las normas correspondientes hasta la ruptura de los especímenes.

Es de aclarar que la resistencia del concreto sigue aumentando a medida que avanza el tiempo, toda vez que exista algo de cemento sin hidratar y que este se mantenga húmedo o tenga cierta cantidad de humedad relativa.

2.7.1 CURADO HÚMEDO.

El curado es el conjunto de medidas que tienen la función de proteger el concreto, desde el momento de la colocación hasta el desarrollo de resistencias suficientes, mejorando así la calidad. Donde se aprecia la importancia de un buen curado es en la durabilidad del concreto.

El curado previene la pérdida temprana de la humedad y controla la temperatura del concreto. Cuando la humedad relativa dentro del concreto desciende al 80% o la temperatura del concreto cae por debajo del punto de congelación, la hidratación y el aumento de resistencia se detienen.



- Figura 2.4 – Influencia del corado en la resistencia compresión del concreto. (Gonnerman y Shuman 1928).

La operación de curado consiste en lograr que el proceso de hidratación (reacción con el agua) del cemento continúe durante el mayor tiempo posible, de acuerdo con las condiciones de la obra. Un buen curado es esencial porque la ganancia de resistencia depende de la hidratación del cemento y este proceso no es instantáneo sino paulatino.

Para mantener el contenido de la humedad en el concreto se pueden ordenar dos categorías:

- Aplicación continua de agua, para reponer la cantidad perdida.
- Prevención de pérdida excesiva de humedad.

El procedimiento de reponer el agua evaporada, se limita fundamentalmente al riego de las superficies expuestas. En el riego se deben tomar precauciones para que éste no erosione las caras y debe ser frecuente al comienzo del curado, para ir haciéndose esporádico conforme el concreto vaya endureciendo.

Los compuestos de curado son usados para prevenir una pérdida excesiva de humedad. Estas incluyen el uso de papel reforzado a pruebas de agua y láminas de polietileno, que estén siendo humedecidas periódicamente durante cierto tiempo, dependiendo de la agresividad del clima.

Entre los sistemas que ayudan a mantener húmedo el concreto están:

- A. Mantas o esferas de algodón o yute humedecidas con una manguera o un aspersor. Debe tenerse cuidado de no dejar que se queden secas y que le absorban agua al concreto.
- B. La tierra, la arena o el aserrín húmedo se pueden utilizar para curar elementos planos (pisos). Se debe de tener precaución que no existan contaminantes orgánicos o residuos de hierro.
- C. La aspersión con agua de forma continua es adecuada si la temperatura del aire esta por encima de la congelación.
- D. Crear un estanque sobre una losa es un excelente método de curado. El agua no debe estar 11 °C más fría que el concreto.

Entre los materiales que ayudan a retener la humedad están.

- A. Compuestos curadores de membrana que deben estar conformes a la ASTM C-309, se aplican a la superficie del concreto aproximadamente una hora después del acabado.

- B. Láminas plásticas, ya sean claras, blancas o pigmentadas. Los plásticos deben estar conforme a la norma ASTM C-171, tener como mínimo 4 milésimas de pulgada y estar reforzadas con fibra de vidrio.
- C. El papel impermeable es utilizado como las láminas plásticas, pero no manchan la superficie. El papel deberá estar conforme a la ASTM C-171.

El curado debe proteger al concreto de:

- Deshidratación precoz debida al viento, al sol, al frío seco.
- Temperaturas extremas (calor – frío y grandes amplitudes térmicas).
- Intemperie.
- Acción prematura de sustancias nocivas como aceites, y otras.

2.7.2 - VELOCIDAD DE SECADO DEL CONCRETO.

El concreto recién colado tiene agua abundante, pero a medida que el secado progresa desde la superficie hacia el interior, el aumento de resistencia continuará a cada profundidad únicamente mientras la humedad relativa en ese punto se mantenga por encima del 80%. En tanto la superficie del concreto se seca rápidamente, al concreto en el interior le lleva mucho más tiempo secarse.

El tamaño y la forma de un miembro de concreto mantienen una relación importante con la velocidad de secado. Los elementos de concreto con gran área superficial en relación a su volumen se secan con mucha mayor rapidez que los grandes volúmenes de concreto con áreas superficiales relativas.

2.7.3 – RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN.

Entre las propiedades mecánicas más importantes en el concreto se pueden mencionar:

- LA RESISTENCIA A ESFUERZO DE COMPRESIÓN

Es la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o mortero a carga axial. La resistencia del concreto a la compresión es una propiedad física fundamental e importante para proyectos de estructuras, pues el concreto a tensión resiste muy pocas fuerzas antes de colapsarse.

La resistencia a compresión depende más de la resistencia de la pasta de cemento y de su adherencia con los agregados, que de la resistencia propia de los agregados. El concreto de uso común tiene una resistencia a la compresión de entre 210 y 350 Kg./cm². Un concreto de alta resistencia de cuando menos tiene una resistencia a la compresión de 420 Kg./cm².

Los principales factores que afectan la resistencia en el concreto son la relación agua - cemento, la edad y el progreso de hidratación que este haya experimentado.

- RESISTENCIA A ESFUERZO DE FLEXIÓN

La resistencia a la flexión del concreto se utiliza generalmente en el diseño de pavimentos y losas sobre el terreno.

La resistencia a la flexión es conocida también como modulo de ruptura y para un concreto de peso normal, su valor se aproxima de 1.99 a 2.65 veces el valor de la raíz cuadrada de la resistencia a compresión.

CAPITULO III

EFFECTOS DEL CLIMA TROPICAL EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO

3.1 – GENERALIDADES.

Desde que se inicio la utilización del concreto con fines estructurales, hace poco más de un siglo, se observaron los problemas que afectan al material cuando se seca muy rápido. Fue durante la primera mitad del siglo XX que se encontraron las causas físicas y químicas que explican por que el concreto no alcanza su máximo potencial, en términos de sus propiedades mecánicas, cuando pierde aceleradamente humedad después de su fabricación.

Se trabajará entonces bajo condiciones normales cuando la temperatura ambiente varía entre 5° C y 30° C. Si esta excede los límites anteriores estamos en condiciones especiales de temperatura, debiéndose recurrir a prácticas especiales para evitar que se produzcan variaciones en el concreto, por los efectos de una baja o alta temperatura sobre el fraguado del cemento. La tecnología del concreto basa sus pautas, en condiciones de temperatura de mezcla de alrededor de 20 °C.

De lo anterior se podría decir que serán condiciones extremas de temperatura, aquellas que están por debajo o por encima de esos valores críticos, en donde el concreto se comportara de manera no adecuada y se hace entonces tomar precauciones o medidas especiales, no solo en la dosificación de la mezcla, sino en la preparación, transporte, colocación, curado,

toma de testigos de prueba y almacenaje de materiales, incluyendo el tipo de encofrado y el tiempo de desencofrado.

Las obras de construcción están influenciadas por el estado del clima, el cual es definido según Hann como el “conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado del medio atmosférico de un lugar” ¹⁴ o bien una situación atmosférica en que habría valores medios de temperatura, humedad, viento, etc., observados durante un largo periodo.¹⁵

El concreto, es susceptible de sufrir daños en distinto grado, al fabricarse y prestar servicio bajo los efectos de las distintas condiciones ambientales. La desecación del concreto produce alteraciones en sus características, en estado fresco y endurecido.

Los elementos meteorológicos propios del clima tropical, y que pueden afectar al concreto, se pueden producir en cualquier época del año, siempre que se produzca una combinación de condiciones atmosféricas ambientales no favorables, tales como: humedad relativa del aire, velocidad del viento, temperatura ambiente.

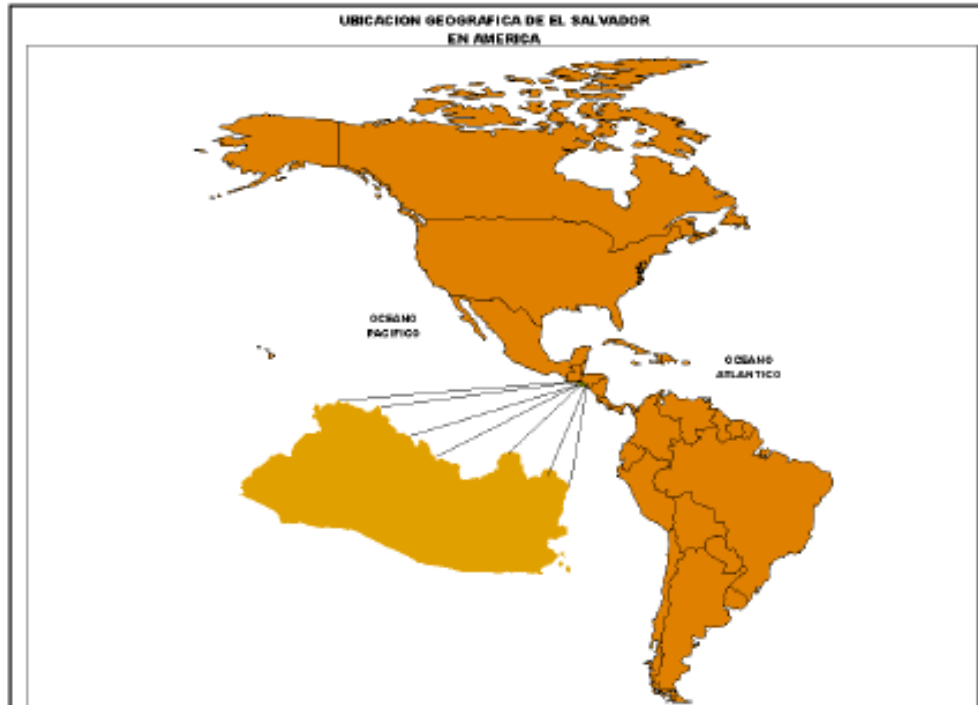
Las particularidades climáticas de nuestro país, favorecen la existencia de un amplio periodo de tiempo en el que las condiciones del concreteado y ejecución de las obras, se realizan bajo esta combinación de variables.

¹⁴ “Elementos de Meteorología y Climatología” Teresa Ayllón, Editorial Trillas, Segunda Edición, México D. F. 2003, pp.179.

¹⁵ En las nuevas teorías sistemáticas, el clima es concebido como un sistema que se mantiene en el espacio y el tiempo gracias al intercambio de energía, que se produce a nivel de la superficie terrestre mediante la circulación general de aire.

3.2 – CLIMATOLOGÍA DE EL SALVADOR.

El Salvador se encuentra situado en América Central, en la zona caliente, al norte de la línea ecuatorial, y al oeste del meridiano de Greenwich. Además, está ubicado entre los paralelos 13°09' y 14°27' de latitud norte y los meridianos 87° 41' y 90°08' longitud oeste del meridiano de Greenwich. Su ubicación esta dentro del cinturón tropical entre el Trópico de Cáncer y el de Capricornio, lo que determina en gran manera su clima. Uno de los rasgos del clima de El Salvador es la existencia de una variación térmica promedio anual relativamente pequeña¹⁶, con la ocurrencia de los mayores valores hacia el mes de abril y una disminución hacia los meses de diciembre y enero, que aparecen como los más fríos del año. Sin embargo se pueden encontrar variaciones del orden de los 15 °C entre el día y la noche.



- Figura 3.1 Ubicación geográfica de El Salvador, en América.¹⁷

¹⁶ Guzmán, 1995.

¹⁷ Tomado de informe "Primera comunicación Nacional Sobre Cambio Climático", República de El Salvador, Ministerio del Medio Ambiente, Febrero 2000.

Entre los fenómenos de escala mundial que influyen en el patrón climático de nuestro país, tenemos el niño y la niña; el primero es un recalentamiento de las aguas del pacifico y el segundo es un enfriamiento, ambos debido a una oscilación sur que se caracteriza por el acople entre el océano y la atmosfera, afectando directamente la cuenca del Océano Pacifico Tropical, cuyo rango normal de temperatura oscila entre 26 y 27 grados centígrados. La latitud en la que se encuentra, la variación global de los vientos y la cadena montañosa, contribuyen a la determinación de su clima. En el caso de las precipitaciones, se aprecia un gran contraste en la distribución mensual de los acumulados de lluvia, el cual establece la clara diferenciación entre el período seco y lluvioso.

El régimen de lluvia presenta variaciones durante todo el año, existiendo una estación seca entre los meses de noviembre a abril y otro lluvioso mayo a octubre. La influencia del Océano Pacifico produce amortiguamiento, en las fluctuaciones térmicas, existiendo durante todo el año dicha variabilidad. En El Salvador durante los meses de junio a septiembre generalmente, se producen los máximos de precipitación y se asocian con los temporales, sin embargo estos temporales también pueden presentarse en el mes de octubre.

3.2.1 – ZONAS CLIMÁTICAS

El Salvador se encuentra latitudinalmente dentro de la región tropical; por sus condiciones de topografía y altitud, el país presenta una diversidad y complejidad de macro climas y de manera especial una amplia variedad de micro climas, a pesar de la estreches de su territorio¹⁸.

¹⁸ El Salvador, Perfil Ambiental Estudio de Campo, Joaquín Alonso Guevara Moran; EMTECSA de CV, división consultoría, San Salvador El Salvador, abril 1985, pp.

De acuerdo a la altura sobre el nivel del mar en El Salvador se distinguen las siguientes tres zonas climáticas¹⁹, esta clasificación se basa en las definiciones climáticas de Koppen, Sapper, y Lauer :

- 1- Altitudes de 0 a 800 metros sobre el nivel medio del mar; según Koppen (Aw aig).

Sabanas Tropicales Calientes o Tierra Caliente.

Estación seca en invierno (Nov. a Abril), temperaturas máximas poco antes de la estación lluviosa (marzo o abril), temperatura mínima del mes más caluroso, 22 °C.

Temperaturas anuales máximas y mínimas según la altura:

Para la planicie costera: entre 28° y 22 °C.

En las planicies internas: entre 27° y 22 °C.

(Todas las cabeceras departamentales menos Cojutepeque y Santa Tecla).

- 2- Altitudes de 800 a 1200 metros sobre el nivel medio del mar; según Koppen (Aw big).

Sabanas Tropicales Calurosas o Tierra Templada.

Estación seca en invierno (Nov. a Abril), temperaturas máximas poco antes de la estación lluviosa (marzo o abril), temperatura mínima del mes 22 °C, pero no menor que 10 °C.

Temperaturas anuales máximas y mínimas según la altura:

Para planicies altas y valles: 21° y 20 °C.

En las faldas de las montañas; 22° y 19 °C.

(Las cabeceras departamentales de Cojutepeque y Santa Tecla)

¹⁹ Almanaque Salvadoreño 1993.

3- Altitudes de 1200 a 2700 metros sobre el nivel medio del mar, según Koppen (Cw big)

Clima Tropical de las Alturas.

a. 1200 a 1800 metros, **Tierra Templada.**

Estación seca en invierno (Nov. a Abril), temperatura máxima poco antes de la estación lluviosa (marzo o abril), temperatura mínima del mes más caluroso 22 °C, pero no menor que 10 °C.

Temperaturas anuales, máximas y mínimas según la altura:

Para las planicies altas y valles: 20° a 16 °C. Con Posibles heladas en Diciembre, enero y febrero.

En las faldas de las montañas: 19° a 16 °C, sin peligros de heladas.

b. 1800 a 2700 metros, **Tierra Fría.**

(El Pital en el departamento de Chalatenango, es la elevación más alta del país, con 2700 metros sobre el nivel medio del mar)

Temperaturas anuales según la altura; 16° - 10 °C, en los valles y hondonadas, cada año escarcha y heladas; estación seca en las cordilleras fronteriza con Honduras reducidas hasta 3 o 4 meses.

Nomenclatura de zonas:

La zona Aw_{aig} = Sabanas tropicales calientes, ocupan las tierras entre 0 a 800 m. de elevación que es la gran mayoría del país, incluyendo todas las cabeceras departamentales, sin poder distinguir las aéreas costeras, el litoral y los valles y montañas interiores.

Las zona Aw_{big} = Sabanas tropicales calurosas es muy reducida y se ubican en terrenos montañosos entre los 800 y 1200 m. sobre el nivel del mar.

Las zonas **Aw**, genéricamente son llamadas como clima de sabana tropical; en donde el grupo climático representado por una **A**, significa lluvioso y se define con las siguientes características:

- Todos los meses tiene una temperatura media superiora a 18 °C.
- No existe estación invernal.
- Las lluvias son abundantes.

Mientras que la **w**, que representa el subgrupo, que depende de la humedad significa estación invernal seca.

La zona Cw_{big} = Clima tropical de altura ocupa las partes altas de los volcanes y montañas arriba de los 1300 m. inclusive el cráter del volcán de San Ana (2365 m.)

Las zonas Cw, genéricamente son llamadas como clima lluvioso templado caluroso y clima de alturas.

3.3 – CLIMATOLOGÍA DE LAS ZONAS DE ESTUDIOS.

Para poder distinguir las características climatológicas de las zonas de este estudio, recordaremos, en forma general, lo establecido por el Instituto Americano del Concreto (ACI), específicamente en las guías 305 y 306, en las que se distinguen dos tipos de clima extremo, que pueden provocar problemas durante el mezclado, transporte y colocación del concreto; en clima cálido y en clima frío, respectivamente.

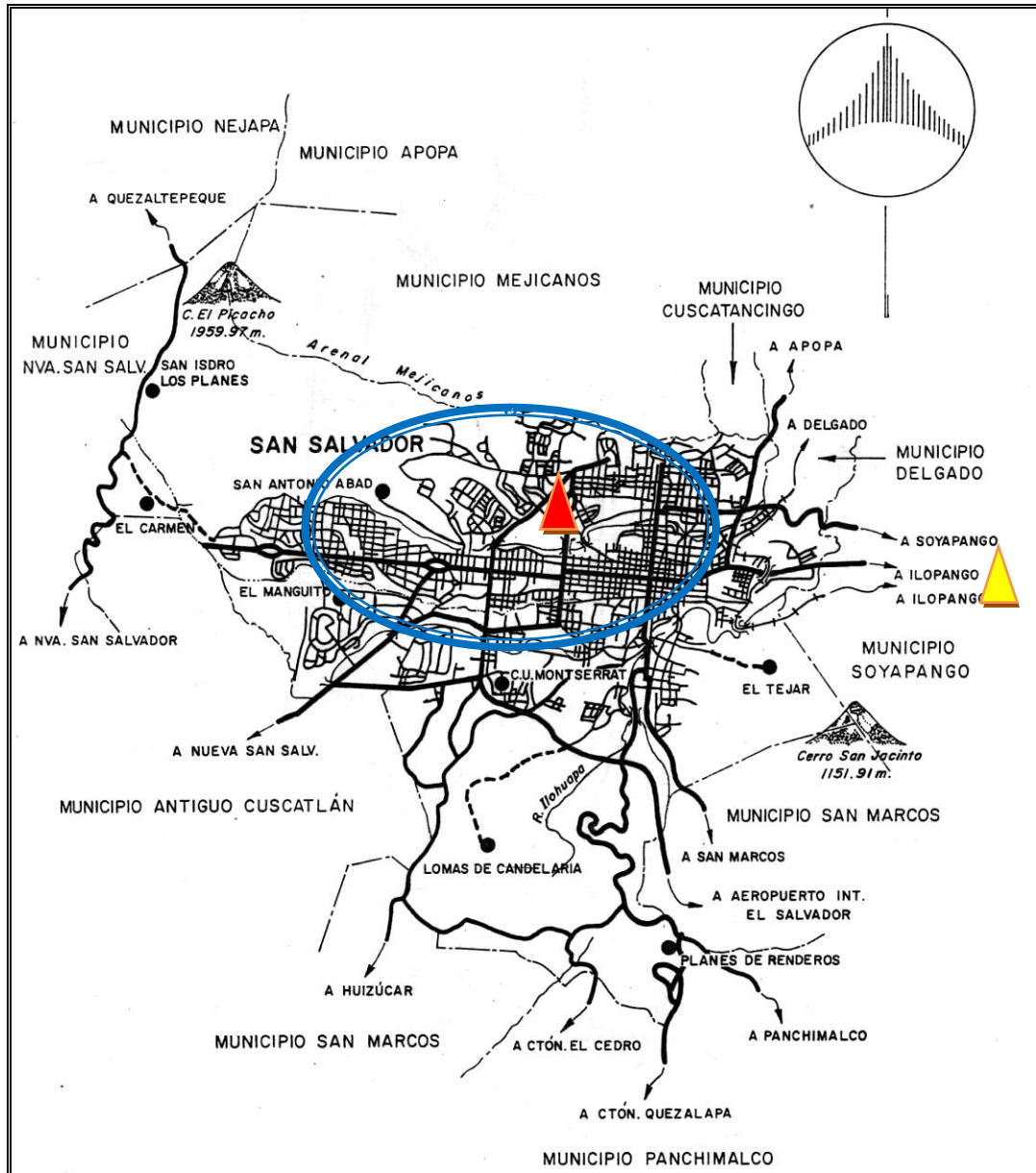
En el primer caso, la principal preocupación es que el agua del concreto se evapore rápidamente y que una parte significativa del cemento no se hidrate; por lo que no aporte resistencia al material y este se vuelva muy poroso. Mientras que el segundo caso, la principal preocupación es que los compuestos del cemento no reaccionen con el agua (o que lo hagan a una tasa muy lenta), o que incluso esta se congele, este tipo de clima no se presenta en nuestro país. Desde el enfoque anterior, se puede clasificar que las construcciones en las principales zonas de nuestro país, se enfrentan a las condiciones de manejo de concreto en clima cálido.

3.3.1 – CLIMATOLOGÍA DEL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR. .

San Salvador. Se encuentra situada a 665 metros sobre el nivel del mar, y está ubicado entre las coordenadas geográficas siguientes 13°45'15" LN (extremo septentrional) y 13°37'35" LN (extremo meridional), y 89°16'36", LWG (extremo occidental). El clima es cálido en su mayor parte. Pertenece a los climas de tierra caliente, tierra templada y tierra fría. La estación meteorológica más representativa a nuestra área de estudio fue la denominada por el S.N.E.T., como estación S-10, Aeropuerto de Ilopango, al Este de la cuenca de Ilopango, perteneciente siempre al departamento de San Salvador. .

La región donde se ubica la estación y la ciudad se zonifica climáticamente según Koppen, Sapper y Laurer como Sabana Tropical Caliente ó Tierra Caliente (0 – 800 msnm) la elevación es determinante 625 msnm.

MUNICIPIO DE SAN SALVADOR.
DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR.



- Figura 3.2 Municipio de San Salvador. El triangulo rojo muestra la ubicación del área donde se llevaron a cabo las pruebas de campo, y el triangulo amarillo la ubicación aproximada de la estación meteorológica S-10, Aeropuerto de Ilopango del SNET. El esquema del municipio fue tomado de Almanaque Salvadoreño 1993.

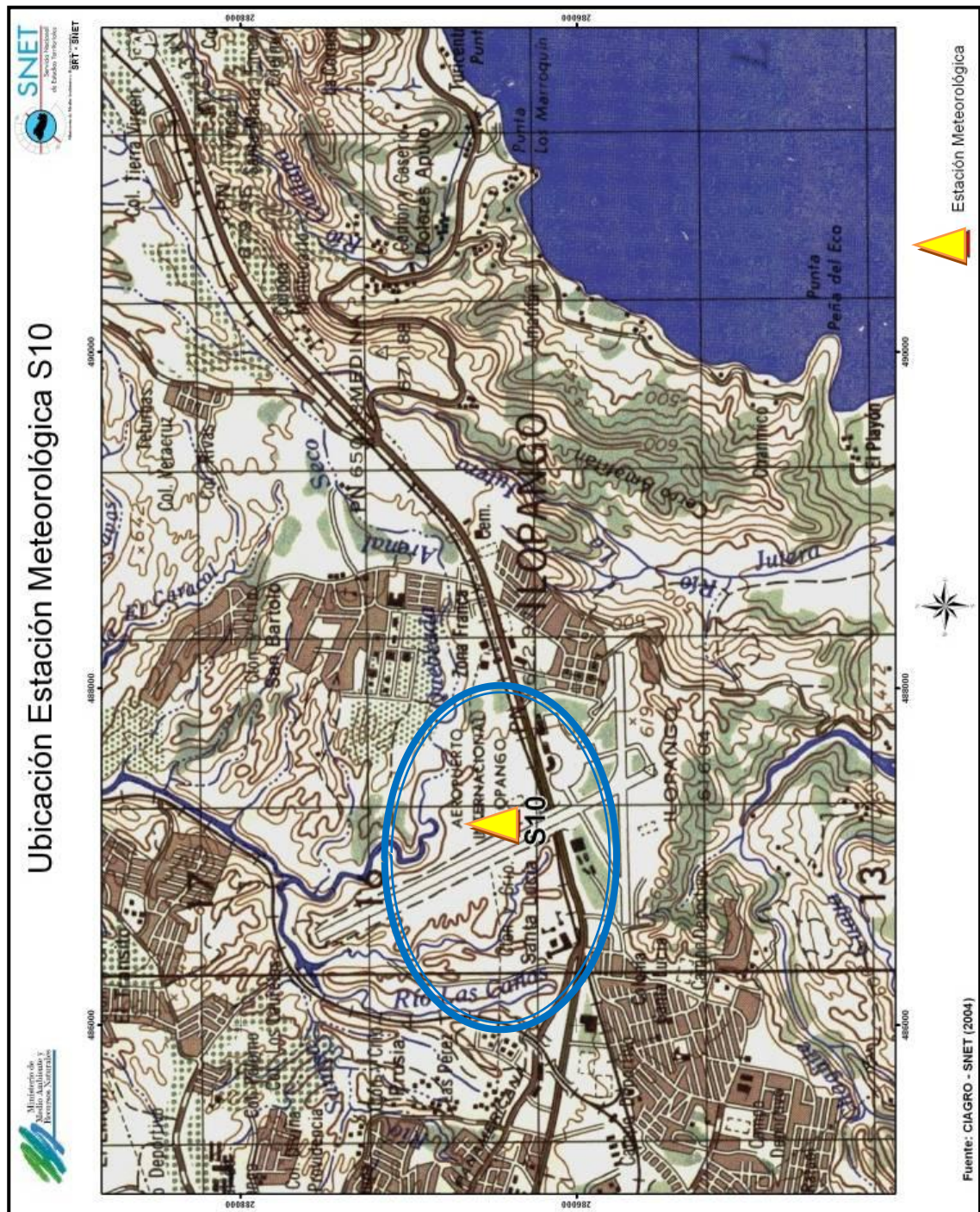
UBICACIÓN DE PRUEBAS DE CAMPO SAN SALVADOR.



- Figura 3.3 Vista aérea satelital de la facultad de Ingeniería y Arquitectura, UES, la flecha detalla el punto exacto del, lugar donde se llevaron acabo las pruebas de campo, para la zona central, en el municipio de San Salvador. , Tomado de Google Earth TM, 2008.

Considerando la regionalización climática de Holdridge, la zona de interés se clasifica como Bosque húmedo subtropical, transición a tropical. Los rumbos de los vientos son predominantes del Norte durante la estación seca y la estación lluviosa, la brisa marina del Sur y Sureste ocurre después del mediodía, la velocidad promedio anual es de 8 Km. /h.

UBICACIÓN DE ESTACIÓN METEOROLÓGICA S-10



- Figura 3.4 La figura muestra la ubicación de estación meteorológica S-10, marcado por un triángulo amarillo, ubicada en el municipio de Ilopango, departamento de San Salvador. .

*FUENTE CIAGRO – SNET (2004).

A continuación se muestran los registros de los últimos dos años del mes de prueba recolectados por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (S.N.E.T.) en donde se presentan las variables climatológicas en estudio. Las siguientes tablas muestran los valores diarios promedio del mes de prueba, medidos por la estación S-10 de Ilopango en los años 2007 y 2008 para el departamento de San Salvador.

**REGISTRO DEL MES DE PRUEBA AÑO 2007 DE LA ESTACIÓN S – 10 EN ILOPANGO,
DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR. .**

	OCTUBRE 2007		
Días	Temperatura Promedio °C	Humedad Relativa %	Viento escala Beaufort
1	24.5	83	2.0
2	23.3	89	2.0
3	23.2	87	1.0
4	23.4	90	1.7
5	24.8	86	1.3
6	24.6	85	2.3
7	22.3	97	0.7
8	23.0	90	1.3
9	22.4	95	1.3
10	22.3	94	1.3
11	22.9	90	1.7
12	21.9	97	0.7
13	22.1	95	1.0
14	23.8	88	1.0
15	23.5	88	2.0
16	23.4	92	0.3
17	24.0	88	2.0
18	23.4	90	1.3
19	23.9	83	2.3
20	22.0	93	2.0
21	21.7	96	2.0
22	22.7	92	0.7
23	00.0	00	0.0
24	22.7	80	2.3
25	21.8	75	3.3
26	21.4	75	3.0
27	21.0	77	2.7
28	23.2	71	2.7
29	23.1	81	1.3
30	23.8	79	2.0
31	23.4	79	2.0

- Tabla 3.1, Registros para el mes de octubre 2007, se muestran valores promedios de temperatura, humedad relativa y velocidad de viento, tomadas por la estación S-10 de Ilopango. Fuente: SNET.

**REGISTRO DEL MES DE PRUEBA AÑO 2008 DE LA ESTACIÓN S – 10 EN ILOPANGO,
DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR. .**

OCTUBRE 2008			
Días	Temperatura Promedio °C	Humedad Relativa %	Viento escala Beaufort
1	22.8	88	1.3
2	23.8	85	2.0
3	23.0	90	2.0
4	23.9	86	2.0
5	22.9	87	2.0
6	22.4	91	1.3
7	22.5	94	2.7
8	21.4	96	2.3
9	22.6	88	1.7
10	24.1	85	1.3
11	25.1	84	1.3
12	23.4	84	2.3
13	23.2	87	1.3
14	23.3	86	1.3
15	23.4	84	2.0
16	21.5	91	2.7
17	21.1	95	1.7
18	22.2	95	0.7
19	23.7	87	1.3
20	23.8	83	1.3
21	23.7	87	1.7
22	22.7	92	1.7
23	24.4	84	2.3
24	24.1	87	2.3
25	24.6	84	2.0
26	24.1	80	1.7
27	23.1	75	2.7
28	21.7	66	4.7
29	21.1	64	4.3
30	20.3	70	3.7
31	21.4	69	3.7

- Tabla 3.2, Registros para el mes de octubre de 2008, se muestran valores promedios de temperatura, humedad relativa y velocidad de viento, tomadas por la estación S-10 de Ilopango, señala el día de prueba para la zona central. Fuente: SNET.

TEMPERATURAS EXTREMAS REGISTRADAS PARA EL MES DE OCTUBRE 2008.

ESTACIÓN S-10 AEROPUERTO DE ILOPANGO OCTUBRE 2008.					
Estación	Año	Mes	Día	Temperaturas Extremas	
				Máxima	Mínima
S-10	2008	10	1	31.6	19.8
S-10	2008	10	2	32.0	19.2
S-10	2008	10	3	30.8	20.2
S-10	2008	10	4	32.0	20.2
S-10	2008	10	5	29.8	19.0
S-10	2008	10	6	28.4	20.0
S-10	2008	10	7	30.0	20.4
S-10	2008	10	8	22.8	20.2
S-10	2008	10	9	29.2	20.2
S-10	2008	10	10	30.4	17.8
S-10	2008	10	11	32.2	20.8
S-10	2008	10	12	32.5	19.6
S-10	2008	10	13	30.6	18.8
S-10	2008	10	14	32.2	19.2
S-10	2008	10	15	30.4	20.2
S-10	2008	10	16	26.0	18.6
S-10	2008	10	17	23.6	18.0
S-10	2008	10	18	25.8	20.0
S-10	2008	10	19	29.0	20.0
S-10	2008	10	20	30.4	20.4
S-10	2008	10	21	29.4	20.0
S-10	2008	10	22	30.2	19.5
S-10	2008	10	23	31.6	19.8
S-10	2008	10	24	32.2	20.4
S-10	2008	10	25	32.0	20.0
S-10	2008	10	26	30.4	19.3
S-10	2008	10	27	31.2	19.0
S-10	2008	10	28	27.2	19.0
S-10	2008	10	29	28.2	17.2
S-10	2008	10	30	28.9	16.7

- Tabla 3.3, Temperaturas extremas registradas para por la estación S-10 de Ilopango, las pruebas de campo en San Salvador de elaboraron el 16 de octubre de 2008. FUENTE SNET.

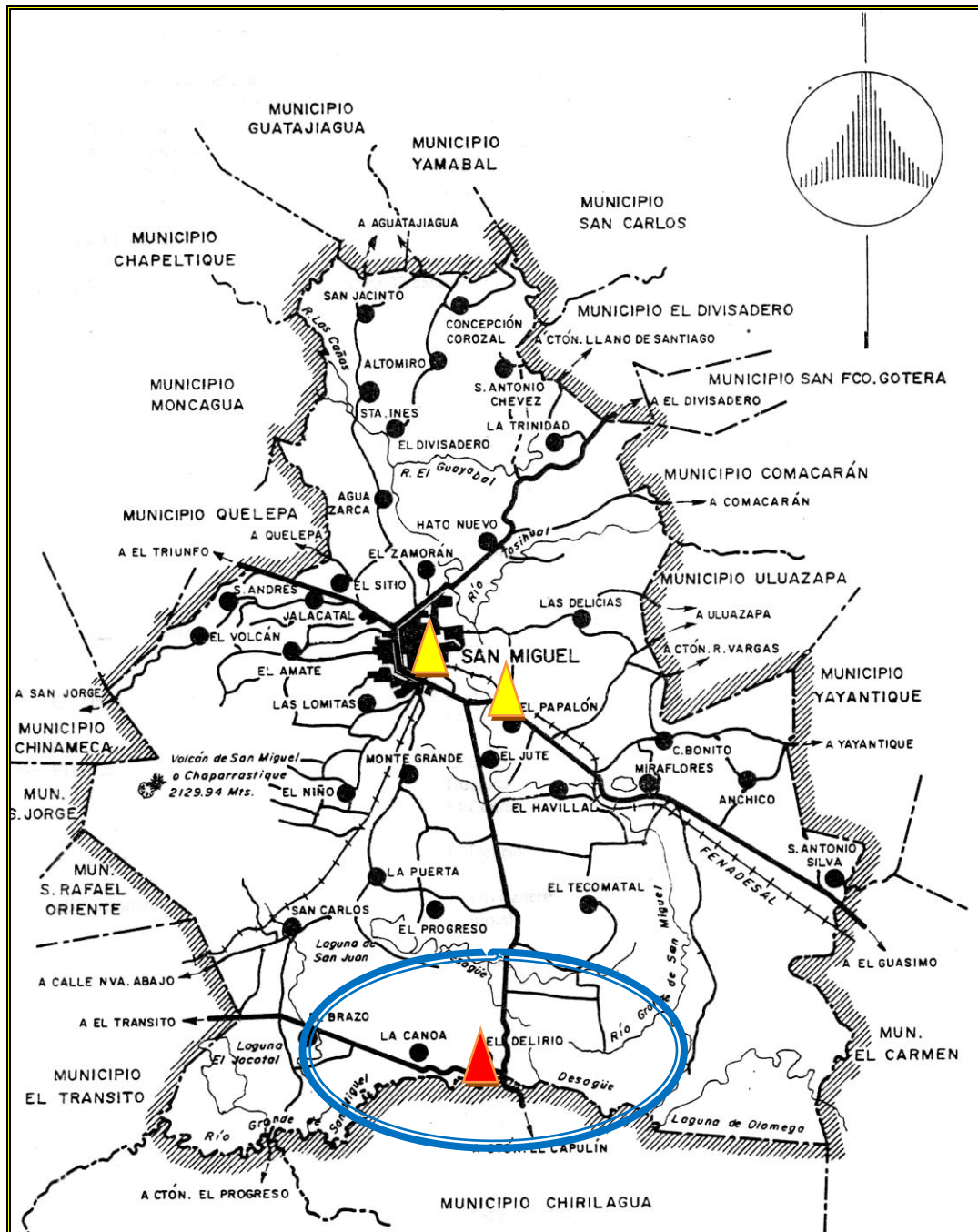
3.3.2 – CLIMATOLOGÍA DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL.

El municipio de San Miguel se encuentra ubicado, a 110 msnm, entre las coordenadas geográficas siguientes 13°37'02" LN (extremo septentrional), 13°18'00" LN (extremo meridional); 88°01'10" LWG (extremo oriental) y 88°17'50" LWG, (extremo occidental).

El clima es caluroso en su mayor parte, en el lado oeste debido a la elevación del terreno y a la abundante vegetación del volcán de San Miguel o Chaparrastique, el clima es más fresco, pertenece a los tipos de tierra caliente, templada y fría.

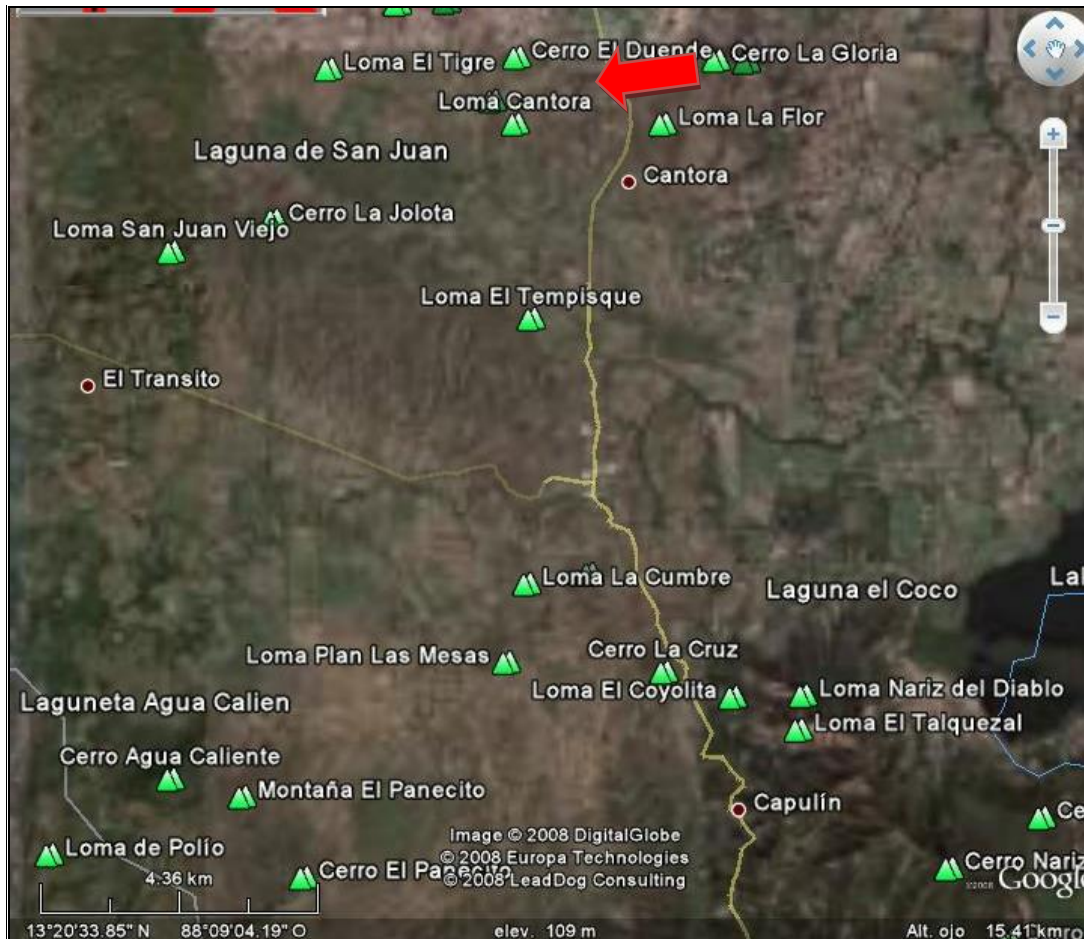
La estación meteorológica más cercana a el área de estudio fue la denominada por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales, (S.N.E.T.), como estación M-24, San Miguel UES. Considerando la regionalización climática de Holdridge, la zona de interés se clasifica como bosque húmedo subtropical.

MUNICIPIO DE SAN MIGUEL
DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL.



- Figura 3.5 Municipio de San Miguel. El triangulo rojo muestra la ubicación del área donde se llevaron a cabo las pruebas de campo, y los triángulos amarillos la ubicación aproximada de las estaciones meteorológicas S-24, San Miguel UES y M-6 El Papalón, del SNET. El esquema del municipio fue tomado de Almanaque Salvadoreño 1993.

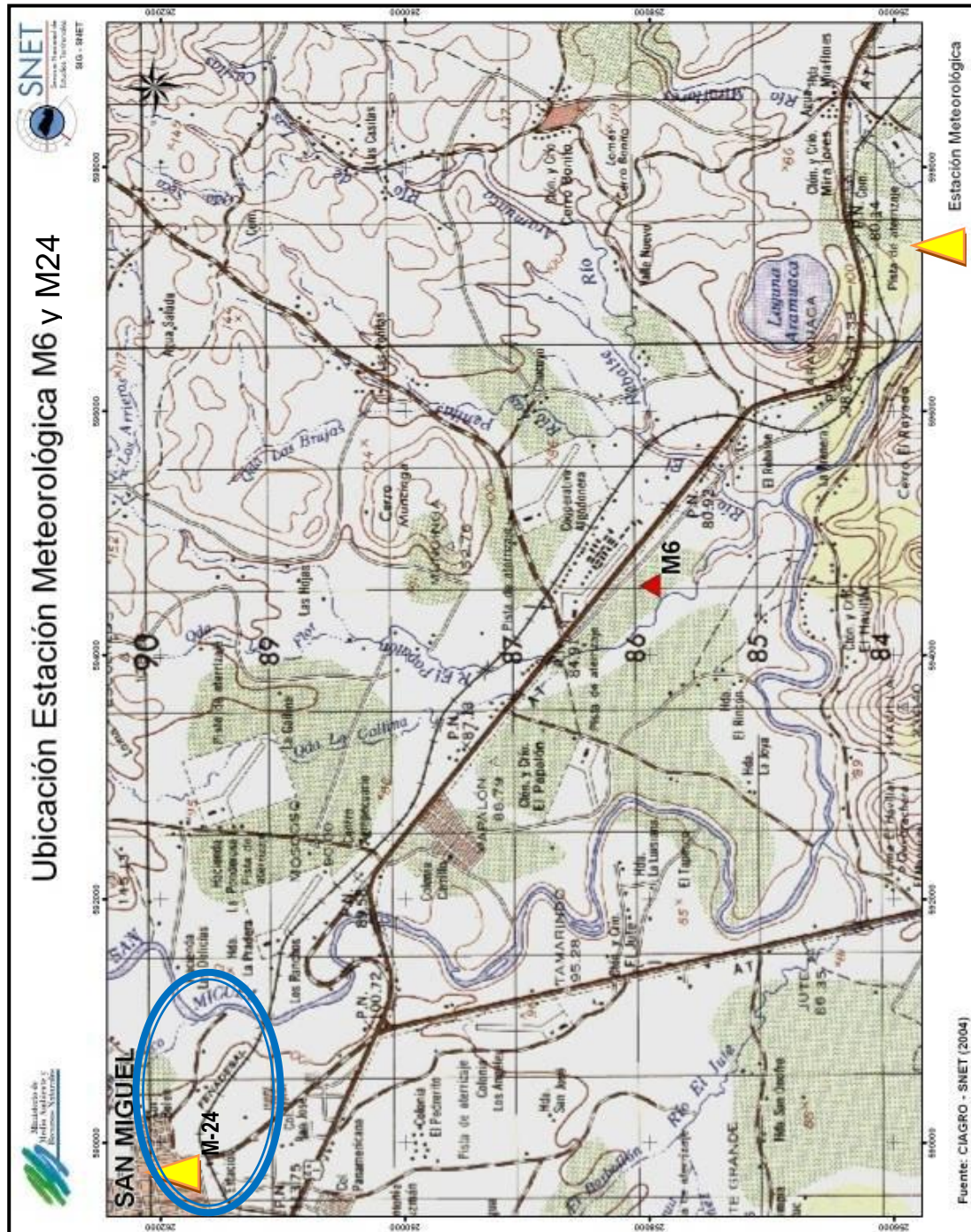
UBICACIÓN DE PRUEBAS DE CAMPO SAN MIGUEL



- Figura 3.6 Vista aérea satelital, la flecha detalla el punto exacto de la zona sur del municipio de San Miguel, lugar donde se llevaron las pruebas de campo, para la zona oriental, en el municipio de San Miguel, Cantón El Delirio. Tomado de Google Earth™, 2008.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA M-24

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIÓN METEOROLÓGICA M - 24



- Figura 3.7 La figura muestra la ubicación de las estaciones meteorológicas M-24, marcada por un triángulo amarillo, ubicadas en el municipio de San Miguel, departamento de San Miguel.

*FUENTE CIAGRO – SNET (2004).

Se muestran los registros de los últimos dos años del mes de prueba, recolectados por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (S.N.E.T.) en donde se presentan las variables climatológicas en estudio. Las siguientes tablas muestran los valores diarios promedio del mes de prueba, medidos por la estación M-24, San Miguel UES, en los años 2007 y 2008 para el departamento de San Miguel.

**REGISTRO DEL MES DE PRUEBA AÑO 2007 DE LA ESTACIÓN M – 24, UBICADA EN
EL CAMPUS DE LA UES DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL.**

	OCTUBRE 2007		
Días	Temperatura Promedio °C	Humedad Relativa %	Viento escala Beaufort
1	24.9	92	1.0
2	25.5	89	2.0
3	25.0	89	1.7
4	25.9	86	1.3
5	26.3	86	1.3
6	26.6	87	1.3
7	25.4	92	1.0
8	25.6	89	1.7
9	25.1	93	1.0
10	24.5	98	0.7
11	24.9	95	1.3
12	23.2	100	0.7
13	24.8	92	1.0
14	25.4	91	0.7
15	26.4	86	0.7
16	24.6	96	0.7
17	26.1	90	1.7
18	24.0	98	1.3
19	24.8	89	0.3
20	23.5	96	1.3
21	23.1	100	1.3
22	24.9	91	1.0
23	25.1	85	1.0
24	23.8	86	1.0
25	25.2	76	1.0
26	25.9	63	1.0
27	26.1	57	1.7
28	26.1	66	1.0
29	25.8	79	1.0
30	25.8	84	0.7
31	25.8	85	0.3

- Tabla 3.4, Registros para octubre de 2007, donde se muestran valores promedios de temperatura, humedad relativa y velocidad de viento, tomadas por la estación M-24 San Miguel UES. Fuente: SNET.

REGISTRO DEL MES DE PRUEBA AÑO 2008 DE LA ESTACIÓN M – 24 UES

SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL.

OCTUBRE 2008			
Días	Temperatura Promedio °C	Humedad Relativa %	Viento escala Beaufort
1	25.1	88	0.7
2	24.6	88	0.7
3	25.7	84	1.3
4	25.8	78	0.3
5	25.3	85	0.3
6	24.9	89	0.7
7	26.9	70	0.3
8	23.3	98	0.0
9	25.6	79	0.3
10	25.7	84	1.0
11	26.1	85	0.7
12	24.7	83	1.0
13	25.1	86	0.7
14	25.6	90	0.7
15	24.5	99	0.3
16	23.2	100	0.3
17	23.9	99	0.0
18	24.0	98	0.3
19	24.6	100	0.7
20	24.8	92	0.7
21	26.3	83	0.3
22	26.2	74	1.0
23	26.4	75	1.3
24	26.2	78	0.0
25	27.4	78	0.7
26	27.4	77	0.3
27	26.9	73	0.7
28	25.0	62	1.3
29	24.5	62	1.7
30	25.3	67	1.7
31	24.6	59	1.7

- Tabla 3.5, Registros para el mes de octubre 2008 de valores promedios de temperatura, humedad relativa y velocidad de viento, tomadas por la estación M-24 San Miguel UES, en la tabla se muestra el día de prueba. Fuente: SNET.

TEMPERATURAS EXTREMAS REGISTRADAS PARA EL MES DE OCTUBRE 2008.

ESTACIÓN M – 24 UES SAN MIGUEL OCTUBRE 2008.					
Estación	Año	Mes	Día	Temperaturas Extremas	
				Máxima	Mínima
M-24	2008	10	1	33.1	22.3
M-24	2008	10	2	33.7	22.2
M-24	2008	10	3	33.6	23.1
M-24	2008	10	4	34.9	22.6
M-24	2008	10	5	32.6	22.0
M-24	2008	10	6	30.9	23.2
M-24	2008	10	7	35.6	23.0
M-24	2008	10	8	26.3	22.9
M-24	2008	10	9	33.5	22.4
M-24	2008	10	10	33.9	21.3
M-24	2008	10	11	33.5	22.7
M-24	2008	10	12	34.0	21.2
M-24	2008	10	13	32.3	21.0
M-24	2008	10	14	33.4	23.0
M-24	2008	10	15	30.5	23.6
M-24	2008	10	16	28.7	22.6
M-24	2008	10	17	27.6	22.3
M-24	2008	10	18	27.8	23.2
M-24	2008	10	19	31.9	23.2
M-24	2008	10	20	32.2	23.1
M-24	2008	10	21	34.0	23.0
M-24	2008	10	22	33.8	23.3
M-24	2008	10	23	34.8	23.0
M-24	2008	10	24	35.0	22.6
M-24	2008	10	25	36.4	23.0
M-24	2008	10	26	35.3	23.5
M-24	2008	10	27	35.4	24.0
M-24	2008	10	28	32.1	21.0
M-24	2008	10	29	32.8	20.2
M-24	2008	10	30	33.2	19.8

- Tabla 3.6, Temperaturas extremas registradas, por la estación M-24 de San Miguel UES, las pruebas de campo en el oriente del país se desarrollaron el 21 de octubre de 2008. FUENTE SNET.

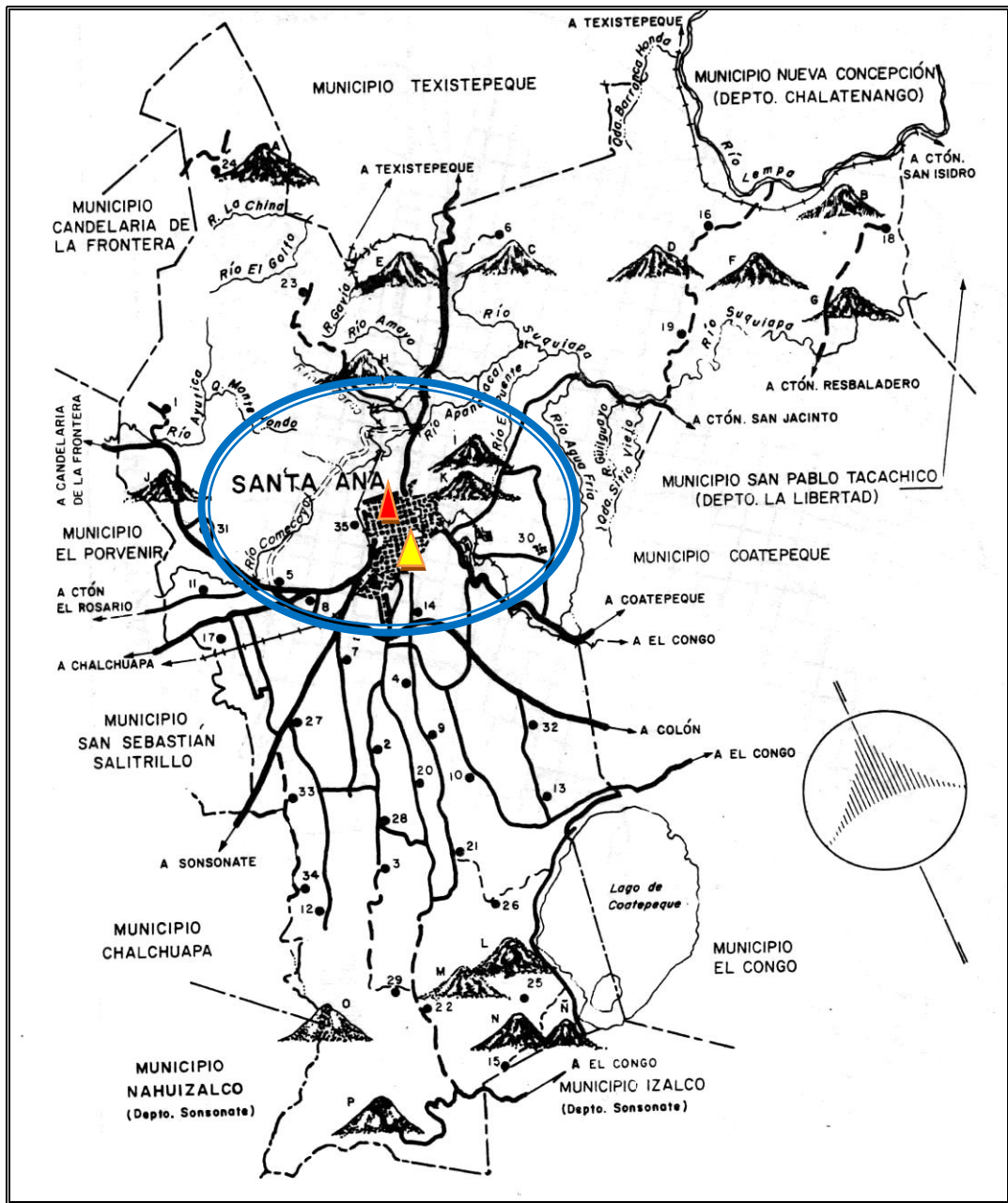
3.3.3 – CLIMATOLOGÍA DEL MUNICIPIO DE SANTA ANA.

Santa Ana se encuentra en el occidente del país, situada a 650 msnm, ubicada entre las coordenadas geográficas siguientes; 14°07'57"LN, (extremo septentrional) y 13°48'20" LN, extremo meridional; 89°23'00" LWG, (extremo occidental). El clima es fresco y agradable, pertenece al tipo de tierra templada y tierra fría.

La estación meteorológica más cercana a nuestra área de estudio fue la denominada por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (S.N.E.T), como estación A-36, Santa Ana, ubicada en la Universidad Católica de Occidente (UNICO), cuyos datos se toman para hacer las comparaciones, de las variaciones ambientales en estudio.

Considerando la regionalización climática de Holdridge, la zona de interés se clasifica como bosque húmedo subtropical.

MUNICIPIO DE SANTA ANA
DEPARTAMENTO DE SANTA ANA



- Figura 3.8 Municipio de Santa Ana, El triángulo rojo muestra la ubicación del área donde se llevaron a cabo las pruebas de campo, y el triángulo amarillo la ubicación aproximada de las estación meteorológica A-36 Santa Ana, en la Universidad Católica de Occidente (UNICO), del SNET. El esquema del municipio fue tomado de Almanaque Salvadoreño 1993.

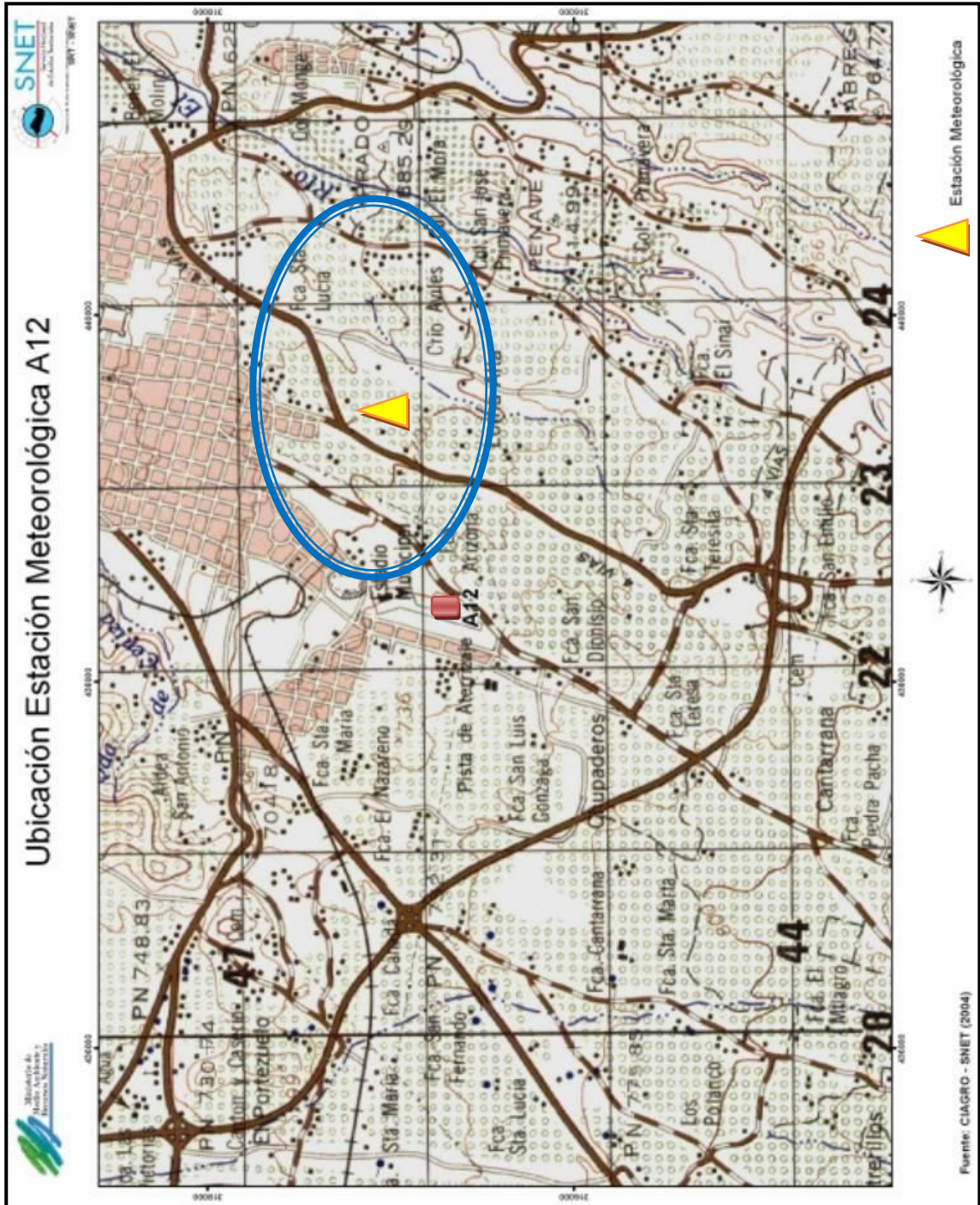


- Figura 3.9 Vista aérea satelital, la flecha detalla el punto exacto de la zona norte del municipio de Santa Ana en la Universidad de El Salvador de Occidente, lugar donde se llevaron las pruebas de campo, para la zona occidental, en el municipio de San Ana, Tomado de Google Earth™, 2008.

Se pueden observar a continuación los registros de los últimos dos años del mes de prueba, recolectados por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (S.N.E.T.) en donde se presentan las variables climatológicas en estudio, medidos por la estación A-36, ubicada en la Universidad Católica de Occidente (UNICO) en San Ana, departamento de San Ana. En ellas se muestran los valores diarios promedio del mes de prueba.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA A-12

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIÓN METEOROLÓGICA A - 12



- Figura 3.10 La figura muestra la ubicación de la estación meteorológica A-36, marcada por un triángulo amarillo, ubicada en el municipio de Santa Ana, departamento de Santa Ana.

*FUENTE CIAGRO – SNET (2004).

**REGISTRO DEL MES DE PRUEBA AÑO 2007 DE LA ESTACIÓN A – 36, UBICADA EN
SANTA ANA, EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE OCCIDENTE (UNICO)
DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.**

OCTUBRE 2007			
Días	Temperatura Promedio ° C	Humedad Relativa %	Viento escala Beaufort
1	23.7	76	0.7
2	22.6	90	1.3
3	22.3	91	1.0
4	22.9	87	0.7
5	24.2	81	1.3
6	23.9	87	1.0
7	21.9	94	0.7
8	23.3	88	1.0
9	22.4	97	0.7
10	21.3	97	0.7
11	21.9	95	0.7
12	21.6	99	0.7
13	21.6	93	0.7
14	23.1	88	0.0
15	23.6	91	0.3
16	22.5	95	0.7
17	22.6	93	1.0
18	23.0	84	1.3
19	22.6	79	1.7
20	22.5	89	1.3
21	20.7	100	1.0
22	21.4	100	0.0
23	21.2	89	1.0
24	22.6	75	2.0
25	21.5	68	2.0
26	20.7	71	0.7
27	21.4	69	1.0
28	23.7	63	1.0
29	23.1	75	1.3
30	24.6	68	1.3
31	22.8	72	1.0

- Tabla 3.7, Registros para el mes de octubre 2007, se muestran valores promedios de temperatura, humedad relativa y velocidad de viento, tomadas por la estación A-36 Santa Ana (UNICO). Fuente: SNET.

**REGISTRO DEL MES DE PRUEBA AÑO 2008 DE LA ESTACIÓN A – 36, UBICADA EN
SANTA ANA, EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE OCCIDENTE (UNICO)
DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.**

	OCTUBRE 2008		
Días	Temperatura Promedio ° C	Humedad Relativa %	Viento escala Beaufort
1	21.4	97	1.3
2	23.0	89	0.3
3	22.9	94	0.3
4	23.2	92	1.0
5	23.2	84	1.3
6	23.6	85	1.0
7	23.9	86	1.0
8	20.8	100	1.7
9	22.4	88	1.0
10	23.4	84	2.0
11	24.5	81	0.7
12	22.9	85	0.7
13	23.1	87	2.0
14	23.1	88	0.3
15	23.0	86	0.3
16	21.4	90	1.0
17	20.3	98	0.3
18	21.9	95	1.0
19	23.3	87	1.0
20	24.1	87	1.0
21	23.3	84	0.7
22	23.8	84	1.0
23	24.6	76	2.7
24	24.1	76	0.7
25	23.6	77	0.3
26	23.6	75	0.7
27	24.4	72	2.0
28	22.6	59	2.3
29	22.1	53	3.0
30	20.8	64	1.3
31	21.8	62	3.7

- Tabla 3.8, Registros para el mes de octubre de 2008, se muestran valores promedios de temperatura, humedad relativa y velocidad de viento, tomadas por la estación A-36 Santa Ana UNICO. Fuente: SNET.

TEMPERATURAS EXTREMAS REGISTRADAS PARA EL MES DE OCTUBRE 2008.

ESTACIÓN A – 36 SANTA ANA, UBICADA EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE OCCIDENTE (UNICO). OCTUBRE 2008.					
Estación	Año	Mes	Día	Temperaturas Extremas	
				Máxima	Mínima
A-36	2008	10	1	30.4	20.5
A-36	2008	10	2	32.2	18.5
A-36	2008	10	3	31.2	20.1
A-36	2008	10	4	30.4	20.1
A-36	2008	10	5	30.6	19.5
A-36	2008	10	6	31.0	20.0
A-36	2008	10	7	31.4	20.8
A-36	2008	10	8	24.0	20.5
A-36	2008	10	9	27.2	20.0
A-36	2008	10	10	30.4	17.6
A-36	2008	10	11	32.0	19.4
A-36	2008	10	12	31.7	18.5
A-36	2008	10	13	30.4	18.9
A-36	2008	10	14	29.4	18.0
A-36	2008	10	15	30.4	20.9
A-36	2008	10	16	26.0	20.6
A-36	2008	10	17	23.4	18.9
A-36	2008	10	18	26.8	20.1
A-36	2008	10	19	30.4	20.6
A-36	2008	10	20	30.8	20.0
A-36	2008	10	21	29.6	20.5
A-36	2008	10	22	29.6	19.5
A-36	2008	10	23	30.9	19.5
A-36	2008	10	24	31.0	21.0
A-36	2008	10	25	30.8	20.4
A-36	2008	10	26	31.4	20.0
A-36	2008	10	27	31.0	20.0
A-36	2008	10	28	26.4	21.4
A-36	2008	10	29	27.4	20.0
A-36	2008	10	30	26.8	16.6

- Tabla 3.9, Temperaturas extremas registradas, por la estación A-36 de Santa Ana, (UNICO), las pruebas de campo en el occidente del país se desarrollaron el 23 octubre de 2008. FUENTE SNET.

3.4 CONDICIONES AMBIENTALES DE LAS ZONAS DE ESTUDIO.

El país presenta un clima muy variado debido a la existencia de tierras altas, bajas y costeras, como ya lo hemos estudiado anteriormente. El clima tropical, que se presenta en países como El Salvador puede ser definido como una combinación de alta temperatura del aire, variación en las velocidades de viento y humedad relativa; que de forma individual o en conjunto pueden llegar a reducir la calidad del concreto fresco o recién endurecido, provocando pérdidas de agua por evaporación.

El ACI 305 R-91 define el clima cálido como cualquier combinación de las siguientes condiciones:

- Alta temperatura ambiente.
- Alta temperatura en el concreto.
- Baja humedad relativa.
- Velocidad de viento considerable.

A continuación se presentan los valores que se recolectaron durante el proceso del mezcla de diseño y las pruebas de campo, en cada uno de los puntos de estudio.



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 “ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA”

SAN SALVADOR.
 MEZCLA DE DISEÑO

MEDICIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES

PROYECTO: “COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMA TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR”

EQUIPO: Estación Meteorológica del Instituto Salvadoreño del Cemento y del concreto, (I.S.C.Y.C.)

FECHA: 06 de Octubre de 2008 HORA: 10:00 a.m.

LUGAR: San Salvador, San Salvador.

Lectura	Hora (hh:mm)	Temperatura Ambiente °C	Humedad Relativa (%)	Velocidad de Viento. Escala Beaufort	Orientación Viento
1	8:10 a.m.	23.1	90	0.00	W356°E
2	9:00 a.m.	25.9	79	0.00	W48°E
3	10:00 a.m.	27.4	69	0.00	S244°W
4	11:00 a.m.	28.3	65	0.00	W18°E
5	12:05 p.m.	28.6	56	0.00	W330°E
6	01:00 p.m.	30.1	60	0.00	S135°E
7	02:00 p.m.	32.0	63	0.00	S346°E
PROMEDIO		27.70	68.86	0.00	

Condición ambiental nublado, entre 8:00 y 10:00 de la mañana, cielo despejado entre 11:00 y 12:00, se presento nubosidad y llovizna durante la tarde.

OBSERVACIONES:

La velocidad de viento, no se determino en campo, debido a que su medición requiere periodos de tiempo mucho mayores al de la prueba, por lo que se utilizaran los datos del Servicio Nacional de Estudios Territoriales.

- Tabla 3.10 Registro de las mediciones meteorológicas para el mezcla de diseño, laboratorio UES.



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 “ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA”

SAN SALVADOR.
 ZONA CENTRAL

MEDICIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES

PROYECTO: “COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMA TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR”

EQUIPO: Estación Meteorológica del Instituto Salvadoreño del Cemento y del concreto, (I.S.C.Y.C.)

FECHA: 16 de Octubre de 2008 HORA: 10:00 a.m.

LUGAR: San Salvador, San Salvador. , UES

Lectura	Hora (hh:mm)	Temperatura Ambiente °C	Humedad Relativa (%)	Velocidad de Viento. Escala Beaufort	Orientación Viento
1	10:00 am	27.7	67	0.00	W263°E
2	11:00 am	27.8	66	0.00	S173°E
3	12:00 pm	27.3	66	0.00	W70°E
4	1:00 pm	26.0	70	0.00	W64°E
5	2:00 pm	26.2	70	0.00	S136°E
6	3:00 pm	25.0	75	0.00	S49°E
PROMEDIO		27.0	67.8	0.00	

Condición ambiental nublada, durante el desarrollo de la prueba. Lluvia dispersa en San Salvador. y en el lugar del ensayo durante la tarde.

OBSERVACIONES:

La velocidad de viento, no se determino en campo, debido a que su medición requiere periodos de tiempo mucho mayores al de la prueba, por lo que se utilizaran los datos del Servicio Nacional de Estudios Territoriales.

- Tabla 3.11 Registro de las mediciones meteorológicas prueba de campo realizada en San Salvador. .



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 “ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA”

SAN MIGUEL
 ZONA ORIENTAL

MEDICIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES

PROYECTO: “COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMA TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR”

EQUIPO: Estación Meteorológica del Instituto Salvadoreño del Cemento y del concreto, (I.S.C.Y.C.)

FECHA: 21 de Octubre de 2008 HORA: 10:00 a.m.

LUGAR: San Miguel, San Miguel, El Delirio

Lectura	Hora (hh:mm)	Temperatura Ambiente °C	Humedad Relativa (%)	Velocidad de Viento. Escala Beaufort	Orientación Viento
1	9:00 a.m.	32.9	63	0.00	W316°E
2	10:00 a.m.	34.8	53	0.00	W199°E
3	11:00 a.m.	36.1	50	0.00	W315°E
4	12:00 a.m.	36.5	47	0.00	W38°E
5	1:00 p.m.	35.8	64	0.00	W202°E
6	2:00 p.m.	33.0	53	0.00	S37°E
PROMEDIO		34.85	55	0.00	

El día se mantuvo soleado y cálido, manteniendo una leve brisa con cielo despejado durante el desarrollo de la prueba.

La velocidad de viento, no se determino en campo, debido a que su medición requiere periodos de tiempo mucho mayores al de la prueba, por lo que se utilizaran los datos del Servicio Nacional de Estudios Territoriales.

OBSERVACIONES:

- Tabla 3.12 Registro de las mediciones meteorológicas prueba de campo realizada en San Miguel.



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 “ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA”

SANTA ANA
 ZONA OCCIDENTAL

MEDICIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES

PROYECTO: “ COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMA TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR”

EQUIPO: Estación Meteorológica del Instituto Salvadoreño del Cemento y del concreto, (I.S.C.Y.C.)

FECHA: 23 de Octubre de 2008 HORA: 10:00 a.m.

LUGAR: Santa Ana, Santa Ana, Universidad Multidisciplinaria de Occidente de San Ana.

Lectura	Hora (hh:mm)	Temperatura Ambiente ° C	Humedad Relativa (%)	Velocidad de Viento. Escala Beaufort	Orientación Viento
1	9:45 a.m.	29.6	55	0.00	W317°E
2	10:00 a.m.	29.6	59	0.00	W269°E
3	11:00 a.m.	30.8	53	0.00	W34°E
4	12:00 a.m.	29.5	59	0.00	W186°E
5	1:00 p.m.	28.7	59	0.00	W241°E
6	2:00 p.m.	28.6	59	0.00	W340°E
PROMEDIO		29.47	57.36	0.00	

El día se mantuvo soleado y cálido, manteniendo escorrentías de brisa, con cielo despejado durante todo el día.

La velocidad de viento, no se determino en campo, debido a que su medición requiere periodos de tiempo mucho mayores al de la prueba, por lo que se utilizaran los datos del Servicio Nacional de Estudios Territoriales.

OBSERVACIONES:

- Tabla 3.13 Registro de las mediciones meteorológicas prueba de campo realizada en Santa Ana.

**3.5 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES PROPIAS DEL
CLIMA TROPICAL, POR ZONA DE ESTUDIO.**

TEMPERATURAS REGISTRADAS PARA LOS PUNTOS DE ANÁLISIS

ZONAS DE ANÁLISIS	REGISTROS DEL SNET, OCTUBRE 2008.	TEMPERATURA PROMEDIO OBTENIDA EN CAMPO. OCTUBRE 2008 (°C)
	TEMPERATURA MIN Y MAX DEL DÍA DE PRUEBA (°C)	
Depto. San Salvador. , San Salvador.	18.6 – 26.0	27.0
Depto. San Miguel, San Miguel	23.0 – 34.0	34.8
Depto. Santa Ana, Santa Ana	19.5 – 30.0	29.4

- Tabla 3.14 Valores obtenidos en campo con estación meteorológica Radio Shack WX – 200 del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto, (I.S.C.Y.C.) y registros meteorológicos recopilados, durante el mes de octubre de 2008, por Servicio Nacional de Estudios Territoriales (S.N.E.T.)

De la tabla anterior, se tiene que las temperaturas máximas y mínimas diarias, registradas durante el día de prueba, se aproximan a los registrados por el S.N.E.T. en sus estaciones meteorológicas, mas próximas a los lugares de estudio para sus valores máximos; este valor es razonable puesto que las pruebas de campo se desarrollaron durante las horas de mayor variación térmica.

HUMEDAD RELATIVA REGISTRADAS PARA LOS PUNTOS DE ANÁLISIS

ZONAS DE ANÁLISIS	REGISTROS DEL SNET, OCTUBRE 2008.	HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO OBTENIDA EN CAMPO. OCTUBRE 2008 (%)
	HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO DIARIO (%)	
Depto. San Salvador. , San Salvador.	91	67.80
Depto. San Miguel, San Miguel	83	55.00
Depto. Santa Ana, Santa Ana	76	57.36

- Tabla 3.15 Valores de humedad relativa obtenidos en campo con estación meteorológica Radio Shack WX – 200 del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto, (I.S.C.Y.C.) y registros meteorológicos recopilados, en durante el mes de octubre de 2008, por Servicio Nacional de Estudios Territoriales S.N.E.T.

La medición más alta de humedad relativa para el mes de octubre de 2008, según la recolección de datos diarios promedio del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (S.N.E.T.) se presenta en el departamento de San Salvador, al igual que el valor medido en campo; aunque los valores de campo, solo representan 1/6 del tiempo total del que medio la estación meteorológica del S.N.E.T., son valores aceptables ya que no exceden el valor medio y mantienen una tendencia hacia el tendencia.

La tendencia que siguen los valores obtenidos de las mediciones con la estación meteorológica, del Instituto Salvadoreño del Cemento y del concreto, para San Miguel y Santa Ana, es similar al de las estaciones fijas M-24 y A-36.

VELOCIDAD DEL VIENTO REGISTRADAS PARA LOS PUNTOS DE ANÁLISIS.

ZONAS DE ANÁLISIS	MES DE ANÁLISIS REGISTROS DEL SNET, 2008	
	VELOCIDAD DE VIENTO DIARIA PROM OCTUBRE 2008 ESCALA BEAUFORT	VELOCIDAD DE VIENTO DIARIA PROM OCTUBRE 2008 Km/h
Depto. San Salvador, San Salvador.	2.7	12
Depto. San Miguel, San Miguel	0.3	1
Depto. Santa Ana, Santa Ana	2.7	15

- Tabla 3.16 Valores obtenidos en campo con estación meteorológica Radio Shack WX – 200 del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto, (I.S.C.Y.C.) y registros meteorológicos recopilados, durante el mes de octubre de 2008, por Servicio Nacional de Estudios Territoriales (S.N.E.T)

La medición de la velocidad y dirección del viento se efectuó, durante las pruebas de campo; sin embargo el establecimiento de este parámetro, no pudo determinarse de forma instantánea; ya que esta se efectúa por periodos de 10 horas; por lo que tomamos de referencia los valores obtenidos por las estaciones meteorológicas fijas del Servicio Nacional de Estudios Territoriales S.N.E.T. La Escala de Beaufort es una medida empírica para la intensidad del viento. (Anexo A – 7)

Según lo anterior la mayor variación, de velocidad de viento, se obtuvo en San Miguel en comparación de los puntos de San Salvador y Santa Ana.

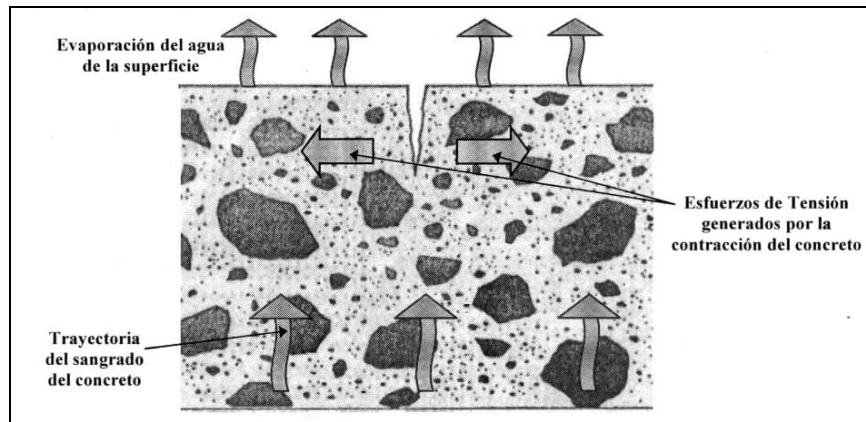
3.6 EFECTO DEL CLIMA TROPICAL EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO.

En la mayoría de los diferentes tipos de construcción en clima caluroso, no es práctico recomendar una temperatura máxima del concreto o del ambiente como límite, ya que las circunstancias de una obra a otra, tienen variación. Un límite que puede servir para un caso específico, puede no ser satisfactorio para otros.

Los concretos que se mezclan, colocan y curan a temperaturas elevadas normalmente desarrollan mayores resistencias tempranas que los concretos producidos y curados a menores temperaturas.

El efecto de la temperatura en la demanda de agua es principalmente producido por su efecto en la velocidad de la hidratación del cemento y también en la tasa de evaporación del agua (Neville, 1999). Las altas temperaturas en el concreto, el aire y velocidades elevadas del viento y baja humedad, solas o en combinación tienen este efecto y aumentan la probabilidad de agrietamiento por contracción plástica.

Las grietas por contracción plástica ocurren cuando el agua se evapora de la superficie con una mayor rapidez que con lo que puede aparecer en la superficie, durante el proceso de sangrado, originando una rápida contracción por secado y el desarrollo de esfuerzos por tensión en la capa superficial, que está restringida por el concreto interior no contraído.

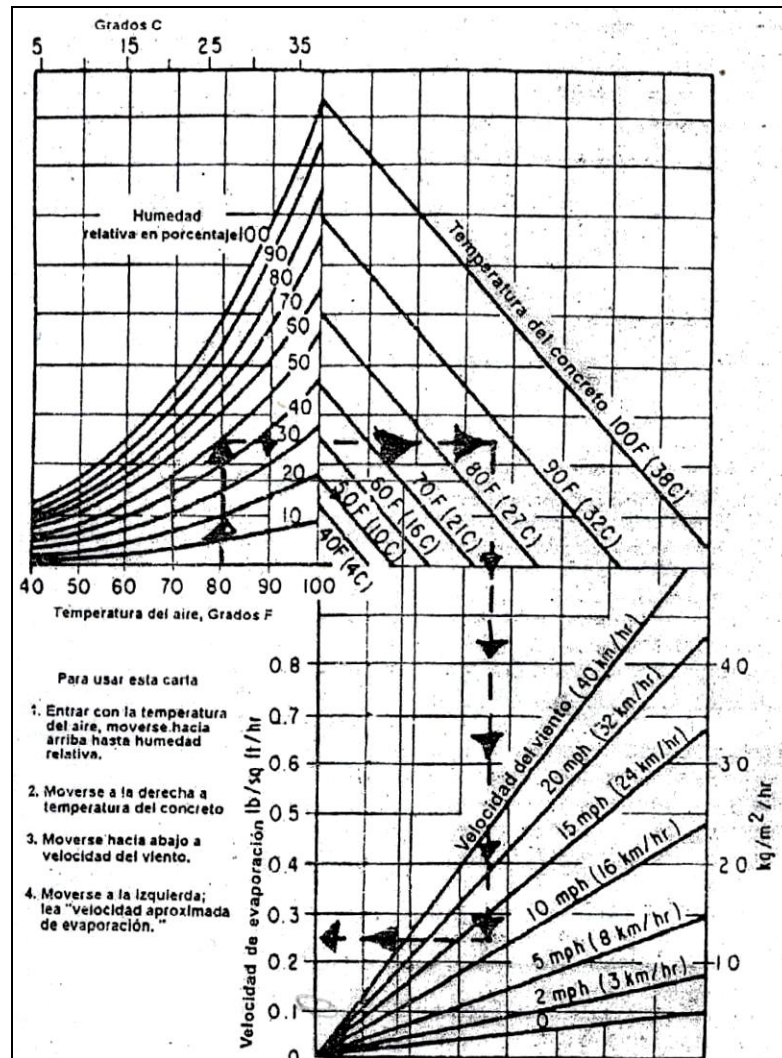


- Figura 3.11 Esquema de la evaporación en el concreto, la trayectoria del sangrado las grietas y los esfuerzos que producen la contracción plástica.

No hay manera de predecir cuando van a ocurrir grietas por contracción plástica. Sin embargo, de acuerdo a lo establecido en la ACI 305 R-91, se plantea que cuando la velocidad de evaporación sobrepasa a $1 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$, el agrietamiento por contracción plástica ocurre. Sin embargo también se indica que es posible que se presenten agrietamientos si la tasa de evaporación excede $0.5 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$.

Con la siguiente figura, se puede estimar la pérdida de la humedad de la superficie del concreto o rapidez de evaporación, para diversas condiciones atmosféricas.

COLADO DE CONCRETO EN CLIMA TROPICAL



- Figura .3.12 Efecto de la temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento en la velocidad de evaporación del agua de la superficie del concreto²⁰

²⁰ Colado del concreto en clima caluroso, ACI 305- R-91

3.6.1 EFECTOS SOBRE EL CONCRETO FRESCO.

El incremento de la temperatura en el concreto depende de la suma de los aportes de temperatura de los diferentes componentes. Los problemas más comunes potenciales que se presentan durante el mezclado, son los que se muestran a continuación:

- a) Mayor incremento de agua.
- b) Mayor rapidez de pérdida de revenimiento y la tendencia correspondiente a agregar agua en el sitio de la obra.
- c) Mayor rapidez de fraguado que implica una mayor dificultad con el manejo, compactación y terminado.
- d) Mayor tendencia al agrietamiento.
- e) Mayor dificultad para controlar el contenido de aire incluido.

Inmediatamente después del mezclado, la consistencia es poco más o menos la misma, ya sea en invierno o en verano. Luego la trabajabilidad disminuye más o menos rápidamente según la temperatura ambiente, la humedad relativa o el viento que puede estar presente en el colado.

3.6.2 EFECTOS SOBRE EL CONCRETO ENDURECIDO.

Al mantenerse una temperatura alta en el ambiente, la resistencia aumentara rápidamente. Pero luego de transcurridos los 28 días y a una temperatura igual o mayor a 20 °C, que es normal para los climas tropicales, esta resistencia no será la misma, que alcanzaría un

concreto endurecido a una temperatura más baja. A una temperatura elevada la resistencia final, es por lo tanto más débil.

En resumen los efectos típicos del clima tropical durante y después del acabado del concreto, son los que se plantean:

Obtuvimos menores resistencias a 28 días derivadas por niveles más altos de en la velocidad de viento, bajadas en la humedad relativa y elevadas temperatura del concreto en el momento de la colocación.

Además se dio mayor propensión a la contracción por secado y a agrietamiento por diferenciales de temperatura dentro de la sección transversal del espécimen.

CAPITULO IV

ENSAYOS DE LABORATORIO, MEZCLA DE DISEÑO Y PRUEBAS DE CAMPO

4.1 GENERALIDADES

En este capítulo muestra los resultados de la investigación de los diferentes ensayos de laboratorio, pruebas de campo, mediciones realizadas al concreto, fresco y endurecido y a las variables ambientales, con la finalidad de conocer el comportamiento en clima tropicales y las características que contiene.

Los distintos ensayos de laboratorio a los agregados, concreto fresco y concreto endurecido y análisis de resultados, se realizaron bajo el criterio de normas ASTM y el comité ACI, con el objeto de obtener datos confiables.

4.2 PRUEBAS A LOS COMPONENTES

En general, las especificaciones para los materiales y para el concreto, dan requisitos detallados en cuanto a los límites de aceptabilidad. Estos requisitos pueden afectar las características de la mezcla, como lo son: el tamaño máximo del agregado, relación agua cemento, agua, concreto fresco y concreto endurecido.

TABLA RESUMEN DE ENSAYOS REALIZADOS A LOS AGREGADOS PARA CONCRETO

ENSAYOS	NORMA
Impurezas Orgánicas del Agregado Fino	ASTM C - 40- 99
Análisis Granulométrico del Agregado Grueso y Fino	ASTM C -136- 01
Gravedad Especifica y Absorción del Agregado Fino	ASTM C -128- 00
Gravedad Especifica y Absorción del Agregado Grueso	ASTM C -127- 00
Contenido de Humedad del Agregado Grueso y Fino	ASTM D – 2216-98
Peso Volumétrico para Agregado Grueso y Fino	ASTM C – 29 – 97
Resistencia al Desgaste del Agregado Grueso	ASTM C – 131- 03
Prueba de Revenimiento	ASTM C – 143- 00
Fabricación y Curado de Especímenes	ASTM C –31/ C-31M-03a
Muestreo de Concreto Fresco	ASTM C –172-99
Temperatura de Concreto Fresco	ASTM C –1064-01
Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto	ASTM C –39-01
Resistencia a la Flexión de Vigas de Concreto	ASTM C –78-02

- Tabla 4.1 Ensayos de prueba desarrollados, según propuesta del ACI 305 – R-91.

4.2.1 CEMENTO

En la elaboración del concreto se utilizó cemento fabricado en el país como lo es el Cemento Portland tipo I, el cual se encuentra regulado bajo la norma ASTM C-150, tomándose la gravedad específica, de 3.15, valor necesario para la realización del mezcla de diseño.

El cemento utilizado, posee la propiedad de ser un cemento de uso general.

ENSAYOS PARA EL CEMENTO PORTLAND.

ENSAYOS	NORMA
Muestreo de cemento	ASTM C -183
finura	ASTM C -115 , C - 204 , C - 430
consistencia	ASTM C -230
Tiempo de fraguado	ASTM C -191
Fraguado falso	ASTM C - 451
Resistencia a la compresión	ASTM C – 109
Calor de hidratación	ASTM C – 186
Perdida de ignición	ASTM C – 114
Peso específico	ASTM C - 188

- Tabla 4.2, Ensayos de laboratorio que se le realizan al cemento.

4.2.2 AGREGADO FINO.

El agregado fino a utilizar para el diseño de las mezclas de concreto proviene del banco del plantel CESSA Jiboa, Comalapa, ubicado en el departamento de La Paz. La arena que se ha utilizado en las pruebas de materiales y en las de dosificación es una arena triturada.

Las pruebas que se realizaron son las siguientes:

- Método para muestrear agregado. ASTM D-75.
- Reducción de las muestras de agregado al tamaño de prueba. ASTM C-702.
- Análisis granulométrico del agregado fino. ASTM C-136-01.
- Determinación de impurezas orgánicas. ASTM C-40-99
- Gravedad específica y absorción. ASTM C- 188
- Contenido de humedad. ASTM D-2216

4.2.3 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO (ASTM C-136-01)

Para separar por tamaños se utilizaron las mallas de diferentes aberturas las cuales proporcionan el tamaño máximo del agregado en cada una de ellas. En la práctica los pesos de cada tamaño se expresan como porcentajes retenidos en cada malla con respecto al total de la muestra. Estos porcentajes se calculan tanto parciales como acumulados, en cada malla, ya que con estos últimos se procede a trazar la grafica de valores del material.

Cuando una granulometría no sea aceptable se puede mejorar el resultado mezclando la deficiencia con el tamaño faltante del mismo material, con el cual se hace en proporciones adecuadas (tanteos) hasta corregir la deficiencia.



- Fotografía N° 4.1 Ensayo granulométrico al agregado fino.



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 “ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA”**

**GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO
 (ASTM C-136)**

PROYECTO: “ COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR”

PROCEDENCIA: Acopio plantel CESSA JIBOA Depto. La Paz

FECHA: 11-Jun-07

LUGAR: Laboratorio de Suelos y materiales, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador.

ENSAYO FÍSICO EN LA ARENA

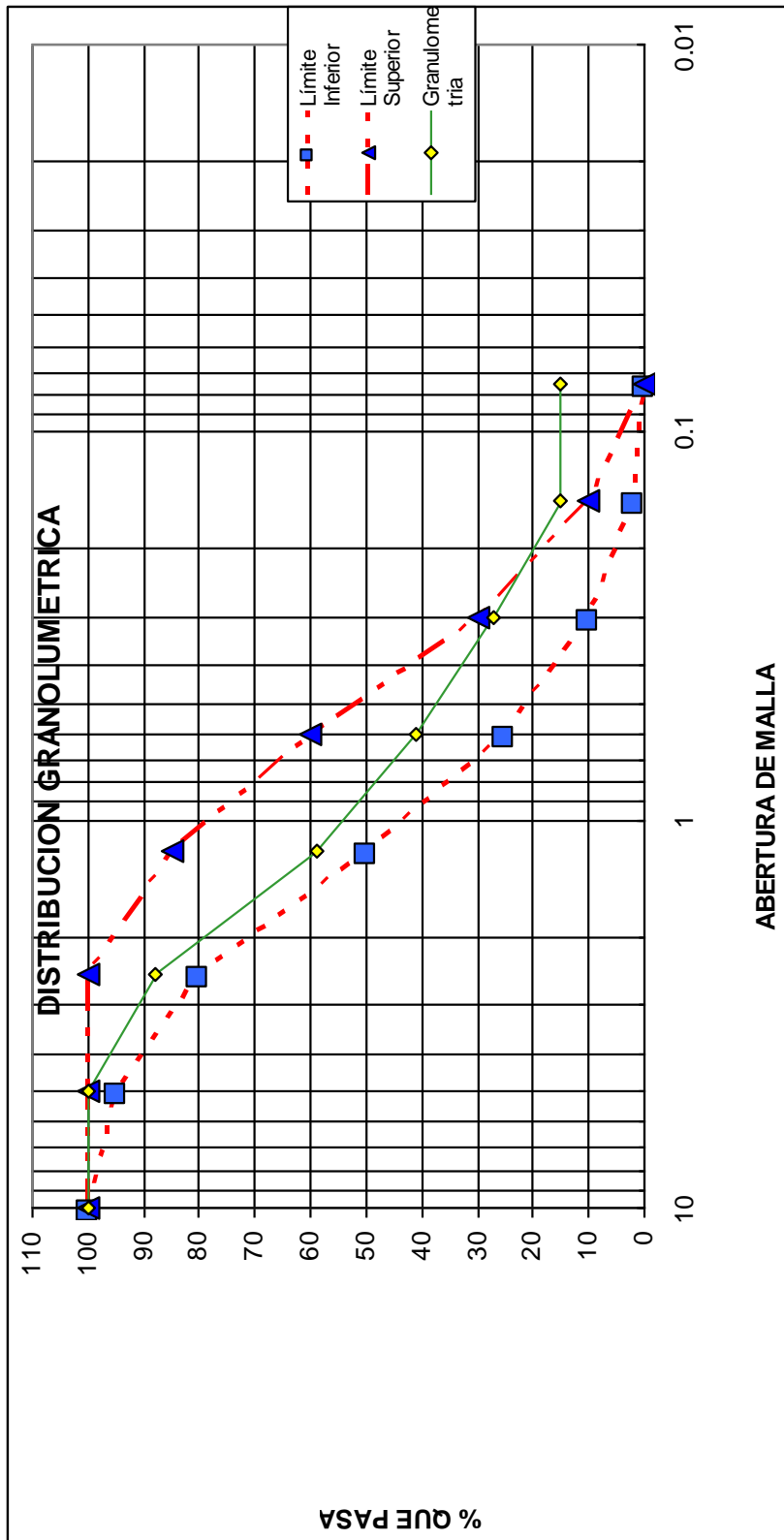
PESO BRUTO: 434.20 (Grs.)

PESO DE TARA: 102.30 (Grs.)

PESO NETO: 536.50 (Grs.)

MALLA (Pulg.)	PESO RETENIDO. (Grs.)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO. PARCIAL. APROX. (%)	RETENIDO ACUM. (%)	% QUE PASA	NORMA % PASA
				100	100%	
3/8	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%
Nº 4	1.50	0.35%	0.00%	0.00%	100.00%	95% - 100%
Nº 8	50.50	11.68%	12.00%	12.00%	88.00%	80% - 100%
Nº 16	125.50	29.04%	29.00%	41.00%	59.00%	50% - 85%
Nº 30	78.60	18.19%	18.00%	59.00%	41.00%	25% - 60%
Nº 50	59.80	13.84%	14.00%	73.00%	27.00%	10% - 30%
Nº 100	50.80	11.75%	12.00%	85.00%	15.00%	2% -10%
Nº 200	0.00	0.00%	0.00%	85.00%	15.00%	
FONDO	65.50	15.16%	15.00%	100.00%		
SUMAS	432.20	100.00%	100.00%			

- Tabla 4.3 Ensayo de laboratorio, análisis granulométrico de agregado fino.



- Figura 4.1 Distribución granulométrica del agregado fino.

CÁLCULOS:

$$a) \%Error = \left(\left(\frac{W_o - W_f}{W_f} \right) \right) \times 100 \leq 2\%$$

Donde: W_o = Peso inicial de la muestra.

W_f = Peso final de la muestra.

$$\% Error = \left(\frac{434.2 - 432.2}{434.2} \right) \times 100 \leq 2\%$$

$$\% Error = 0.46 \leq 2\%$$

$$b) \% \text{ Retenido parcial} = \left(\frac{\text{peso retenido en cada malla}}{W_o} \right) \times 100$$

c) $\% \text{ Retenido acumulado} = \% \text{ Retenido Acumulado de malla anterior} + \% \text{ Retenido parcial de dicha malla.}$

d) $\% \text{ Acumulado que pasa la malla.}$

e) $\text{Para malla \# X} = 100\% - \% \text{ Retenido acumulado de malla \# X}$

La curva granulométrica indica que no se mantienen granos uniformes, ya que en la malla que pasa la n° 100, sobrepasa el límite normado; cantidad de material fino, que demandara mayor cantidad de cemento y agua, la que vuelve más costosa la mezcla, aunque tal vez no muy significativa. Sin embargo para nuestra investigación mantendremos estos valores, intactos.

MODULO DE FINURA (ASTM C - 125).

El agregado fino juega en toda mezcla dos papeles importantes; en primer lugar sirve de un relleno, que se acomoda dentro de los intersticios de los agregados gruesos.

En segundo lugar sirve como lubricante para el agregado grueso, ya que le proporciona una serie de rodillos para mejorar la manejabilidad de la masa de concreto. El modulo de finura, es otra medida del grosor o tamaño del agregado fino y se puede definir como un índice de su valor lubricante de la mezcla. Este índice describe la proporción de finos y gruesos que se tienen en las partículas que lo constituyen. El Modulo de Finura en la arena está comprendido entre 2.3 a 3.2.

CÁLCULOS.

$$MF = \frac{(\sum \text{Peso Retenido Acumulado})}{100}$$

$$MF = \frac{(12 + 41 + 59 + 73 + 85)}{100}$$

MF: 2.70

El módulo de finura obtenido es de 2.7, por lo que la arena se clasifica como una arena media, la curva granulométrica indica que no se mantienen granos uniformes, el modulo de finura es un índice de la finura del agregado; que entre mayor sea, más grueso será el agregado y viceversa, es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en la mezcla de diseño de concreto, sin embargo para nuestra investigación mantendremos estos valores, intactos. Se considera que una buena granulometría es aquella que está constituida por partículas de todos los tamaños, de tal manera que los vacíos dejados por las de mayor tamaño sean ocupados por otras de menor tamaño.

4.2.4 PRUEBA DE IMPUREZAS ORGÁNICAS PARA AGREGADO FINO (ASTM C-40-99).

Esta prueba sirve para determinar en forma aproximada la presencia de compuestos orgánicos perjudiciales en agregados finos que serán usados en morteros o en concretos; se realiza en forma preliminar para la aceptación del agregado fino.



- Fotografía N° 4.2 Recipiente volumétrico y carta de colorimetría.

CONTENIDO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS (ASTM C-40)

PROCEDENCIA	COLOR	FECHA
CESSA JIBOA	1	11-Jun-07

- Tabla 4.4 Resultado de ensayo del contenido de impurezas laboratorio UES.

Se concluye que la arena es limpia, ya que al exponer los dos recipientes al sol, comparados con la tabla de la norma, cae en el color 1, el cual es transparente de manera que el agregado está libre de materias orgánicas perjudiciales.

4.2.5 GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (ASTM C-128).

Se conoce por peso específico relativo, llamado comúnmente gravedad específica, a la relación del peso en aire de una unidad de volumen de un material al peso de un volumen igual de agua en un mismo estado de temperatura.

ABSORCIÓN: Para calcular la absorción es necesario que el agregado se encuentre en contacto con el agua por tiempo suficiente como para satisfacer en su mayoría el potencial absorbente. La absorción en el laboratorio es aquella que se obtiene después de sumergir los agregados secos por espacio de 24 horas, para agregados de peso normal.

4.2.6 PESO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (ASTM C-29 - 97).

Se denomina peso volumétrico a la relación que existe entre el peso del material y el volumen ocupado por el mismo, la cual viene dado generalmente en kg/m^3 . Cabe mencionar que el volumen involucrado en esta relación está constituido tanto por el que ocupa el material como los vacíos, pudiendo estar ocupados estos por agua y/o aire. El término anterior es aplicable a cementos, agregados (finos y gruesos), morteros y al concreto. El valor del término peso volumétrico no es considerado como una medida de calidad del material que se ensaya, pero se ve involucrado en muchos otros cálculos como por ejemplo, en el diseño de las proporciones para el concreto, en la conversión de cantidades en peso a cantidades de volumen.

El peso volumétrico depende de que tan densamente se comprima el agregado, y que para un material con una densidad determinada el peso volumétrico, dependa de la forma, tamaño y distribución de las partículas.

En parte esta aseveración se puede explicar de la siguiente manera: las partículas más grandes de un agregado se pueden compactar hasta cierto límite, pero las más pequeñas pueden llenar los huecos existentes entre las partículas de mayor tamaño; dependiendo de la forma, tamaño y distribución de las partículas, estas se acomodaran de tal manera que el peso volumétrico variara en función de los parámetros anteriores. De ahí que de acuerdo al sistema de acomodamiento que haya tenido el material antes de la prueba (compactado o no), el peso volumétrico pueda ser:

a. Peso Volumétrico Suelto (PVS).

Este peso es usado para la dosificación del concreto, o sea para el cálculo de agregados necesarios para la elaboración del concreto.



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"

DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA Y
 ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO
 (ASTM C -128)

PROYECTO: "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMA TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR"

AGREGADO: Fino

PROCEDENCIA: Acopio Plantel CESSA Jiboa, Depto. La Paz.

FECHA: 11 de Junio de 2007

LUGAR: Laboratorio de la Universidad de El Salvador

Muestra N ^a	1	2
Temperatura °C (agua de tiempo)	27.00	27.00
Peso de Picnómetro	430.30	422.20
Peso de picnómetro + agua (aforado) gr.	1474.20	1473.90
Peso de arena sss gr.	544.00	529.30
Peso de Picnómetro + agua +arena(sss) aforado	1803.20	1794.90
Gravedad especifica Bulk sss	2.53	2.54
Peso seco de arena gr.	528.00	515.60
Absorción %	3.00	2.65
Promedio de gravedad especifica Bulk sss	2.53	
Promedio de absorción %	2.83	

- Tabla 4.5 Resultado de ensayo de gravedad especifica y absorción, laboratorio UES.



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"

PESO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO FINO
 (ASTM C -29)

PROYECTO: "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMA TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR"

AGREGADO: Fino

PROCEDENCIA: Acopio Plantel CESSA Jiboa, Depto. La Paz.

FECHA: 10 de Junio de 2007

LUGAR: Laboratorio de la Universidad de El Salvador

Nº	PESO BRUTO (Kg.)	TARA (Kg.)	PESO. NETO (Kg.)	VOLUMEN (10 ⁻³)m ³	P. VOLUM. (Kg/m ³)
1	7.071	2.824	4.247	2.975	1427.56
2	7.074	2.824	4.25	2.975	1428.57
3	7.076	2.824	4.252	2.975	1429.24
4	7.072	2.824	4.248	2.975	1427.89
5	7.102	2.824	4.278	2.975	1437.98
PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO					1430.50

- Tabla 4.6 Resultado de ensayo pesos volumétricos de los agregados finos, laboratorio de la UES.

4.2.7 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO (ASTM D-2216).

La determinación del contenido de humedad es un ensayo rutinario de laboratorio y representa la cantidad de agua existente en un volumen de agregado en relación a su peso seco, esto se puede expresar de la siguiente forma:

$$W\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

Ww: Peso del agua presente en el agregado.

Ws: Peso seco de la muestra.

W (%): Contenido de Humedad en porcentajes.

La humedad promedio encontrada en los agregados, durante el desarrollo de las pruebas de mezcla de diseño y de campo fue del para la arena 9.50% y 3.01% para la grava.

4.2.8 AGREGADO GRUESO.

El tamaño máximo del agregado grueso utilizado fue de 19 mm (3/4"), estos valores se utilizan en el concreto tiene su fundamento en la calidad y su economía.

4.2.9 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO GRUESO (ASTM C-136 - 01).

Los resultados se muestran en la tabla 4.7 los límites establecidos en la norma ASTM C-33, fueron determinados en base al tamaño máximo de agregado (tamaño máximo \leq 19 mm).

Las mezclas de concreto se hicieron con los agregados inalterados en su granulometría, para

conseguir así un resultado acorde a la situación original de los componentes del concreto.

Los requisitos mínimos para una granulometría con tamaño de agregado máximo nominal de $\frac{3}{4}$ de pulgada son los que se muestran a continuación.



- Fotografía N° 4.3 Medición en el ensayo del peso del agregado grueso sumergido, laboratorio UES.



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO
 (ASTM C-136)

PROYECTO: "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR"

PROCEDENCIA: Acopio plantel CESSA JIBOA Depto. La Paz

FECHA: 11-Jun-07

ENSAYOS FÍSICOS EN GRAVA

PESO BRUTO: 434.20 (Grs.)

PESO TARA: 102.30 (Grs.)

PESO NETO: 536.50 (Grs.)

MALLA (Pulg.)	PESO RETENIDO. (Grs.)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO. PARCIAL. APROX. (%)	RETENIDO ACUM. (%)	% QUE PASA	NORMA % PASA
3"						
2 ½"						
2						
1 ½"	0.00	0.00%	0%	0%	100.00%	100.00%
1"	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%
¾"	1017.10	19.19%	19.00%	19.00%	81.00%	90% - 100%
½"	2548.30	48.08%	48.00%	67.00%	33.00%	
3/8"	1136.20	21.44%	22.00%	89.00%	11.00%	20% - 55%
Nº 4	568.40	10.72%	11.00%	100.00%	0.00%	0% - 10%
PASO LA Nº 4	30.00	0.57%	0.00%	100.00%	0.00%	0% - 5%
Nº 16						
Nº 30						
Nº 50						
Nº 100						
Nº 200						
FONDO	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%		0.00%
SUMAS	100.00%	100%				100.00%

- Tabla 4.7 Resultados de la granulometría de las gravas, laboratorio UES.

4.2.10 GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C-127- 01).



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"

DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA Y
 ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO
 (ASTM C -127)

PROYECTO: " COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR"

AGREGADO: Grueso

PROCEDENCIA: Acopio Plantel CESSA Jiboa, Depto. La Paz.

FECHA: 11 de Junio de 2007

LUGAR: Laboratorio de la Universidad de El Salvador

Muestra N ^a	1	2	3
Temperatura °C (agua de tiempo)	25.00	25.00	25.00
Peso de grava saturada con superficie seca Kg.	3147.40	3156.60	3144.30
Peso de la grava sumergida kg.	1920.43	1929.51	1914.87
Gravedad especifica Bulk sss			
Peso seco de la grava gr.	3070.40	3084.90	3061.5
Peso del agua desplazada por sólidos Kg.			
Gravedad especifica de los sólidos Kg.	2.51	2.51	2.67
Absorción %	2.50	2.32	2.70
Promedio de gravedad especifica	2.56		
Promedio de absorción %	2.51		

- Tabla 4.8 Resultados de la gravedad especifica de las gravas, laboratorio UES.

4.2.11 DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C-29)

- a) DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SUELTO.
- b) DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO

CÁLCULOS.

Los cálculos se realizarán en base a las siguientes ecuaciones, estas son aplicables tanto a gravas como arenas.

- a) Peso volumétrico Suelto (Pvs)

$$P_{vs} = \frac{W_{mms} - W_{mv}}{v}$$

- b) Peso volumétrico varillado (Pvv)

$$P_{vv} = \frac{W_{mmv} - W_{mms}}{v}$$

- c) Porcentaje de vacíos (e (%))

$$e\% = \frac{Pe - P_{vs}}{pe}$$

SIMBOLOGIA:

W_{mv} : Peso del molde vacío en Kg.

W_{mms} : Peso del molde más el material suelto, en Kg.

W_{mmv} : Peso del molde más el material varillado, en Kg.

V: Volumen del molde en m^3

Pe: Peso específico del material.

Se tiene el siguiente cálculo;

$W_{\text{molde-arena}} = 2824.0 \text{ gr.}$

Volumen de molde = $\frac{\pi}{4} (D)^2 h$

Volumen de molde = $9.919 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

$W_{\text{molde}} = 5.935 \text{ Kg.}$



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"

PROYECTO: "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR"

AGREGADO: Grueso

PROCEDENCIA: Acopio Plantel CESSA Jiboa, Depto. La Paz.

FECHA: 11 de Junio de 2007

PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO DEL AGREGADO GRUESO

ASTM C-29

Nº	P. BRUTO Kg.	MOLDE Kg.	P. NETO Kg.	VOLUMEN m ³	P. VOLUM. Kg./m ³
1	21.481	5.935	15.546	9.919X10 ⁻³	1567.295
2	21.240	5.935	15.305	9.919X10 ⁻³	1542.998
3	21.440	5.935	15.505	9.919X10 ⁻³	1563.161
4	21.217	5.935	15.282	9.919X10 ⁻³	1540.679
5	21.556	5.935	15.621	9.919X10 ⁻³	1574.856
PROMEDIO					1557.798

- Tabla 4.9 Peso volumétricos varillado, para las gravas ASTM C-29

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO

ASTM C-29

Nº	P. BRUTO Kg.	MOLDE Kg.	P. NETO Kg.	VOLUMEN m ³	P. VOLUM. Kg./m ³
1	20.045	5.935	14.110	9.919X10 ⁻³	1422.522
2	21.094	5.935	15.159	9.919X10 ⁻³	1528.279
3	21.065	5.935	15.130	9.919X10 ⁻³	1525.355
4	19.945	5.935	14.010	9.919X10 ⁻³	1412.44
5	21.060	5.935	15.125	9.919X10 ⁻³	1524.851
PROMEDIO					1482.689

- Tabla 4.9 Determinación del peso volumétricos suelto, para las gravas ASTM C-29



- Fotografía 4.4 Proceso de enraizado del agregado grueso.



- Fotografía 4.5 Moldes utilizados para los pesos volumétricos sueltos y varillados.

4.2.12 RESISTENCIA AL DESGASTE DE AGREGADO GRUESO (ASTM C-131 - 03).

La resistencia a la abrasión de un agregado grueso se usa a menudo como un índice de calidad. La prueba más común de resistencia al desgaste y al impacto, la cual es utilizada en este estudio es la prueba de los ángulos de acuerdo al método ASTM C -131; debido a que el tamaño máximo es de 19 mm ($\frac{3}{4}$ ") y esta tiene aplicación para agregados gruesos menores de 1 $\frac{1}{2}$ ", la granulometría resulto ser tipo "B".

CALCULO:

Pesos de agregados lavados y colocados

$$W_{(tara\ 1+1)} = 105\text{ gr.}$$

$$W_{grava(1/2") } = 2500\text{ gr.}$$

$$W_{(tara\ 1+1)} + W_{grava(1/2") } = 2605\text{ gr.}$$

$$W_{tara\#3} = 190.20\text{ gr.}$$

$$W_{grava\ 3/8"} = 2500.00\text{ gr.}$$

$$W_{tara\#3} + W_{grava\ 3/8"} = 2690.10\text{ gr.}$$

Peso Inicial de Agregados Secos Combinados

$$W_{inicial}(grava\ 3/8" + grava\ 1/2") = 5000.00\text{ gr.}$$

Peso Final de Agregados Secos Combinados después del ensayo en la maquina los ángulos.

$$W_{tara\ \#3} = 190.20\text{ gr.}$$

$$W_{final}(grava(\frac{3}{8}) + grava(1/2") + tara) = 4176.00\text{ gr.}$$

$$W_{final} (grava \left(\frac{3}{8}\right) + grava \left(\frac{1}{2}\right)) = 3985.80 \text{ gr.}$$

Calculo de Perdida de Agregado

$$\%D = \frac{(W1 - W2)}{W1} \times 100$$

$$\%D = \frac{(5000 - 3985.8)}{5000} \times 100$$

$$\% D = 20.28 \%$$

ENSAYO DE DESGASTE DE AGREGADO GRUESO (ASTM C-131)

Tipo de Granulometría: Tipo B

Número de Esferas: 11 (Según Tabla de Nota 5)

Carga Abrasiva en gramos: 4584 ± 25

Según los resultados obtenidos en el laboratorio se puede concluir que contamos con un agregado de alta resistencia al desgaste, ya que obtuvo un valor promedio de 20.28% menor que el 50% especificado en la norma ASTM C 131.



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"

RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO
 GRUESO EN LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES
 ASTM C -131

PROYECTO: "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR"

AGREGADO: Grueso

PROCEDENCIA: Acopio Plantel CESSA Jiboa, Depto. La Paz.

FECHA: 10 de Junio de 2007

MUESTRA Nº	GRADUACIÓN TIPO	PESO INICIAL Kg.	PESO FINAL Kg.	DESGASTE (%)
1	B	5000	3985.80	20.28

PASA RETENIDO	MASA gr.
3" - 2 1/2"	
2 1/2" - 2"	
2" - 1 1/2"	
1 1/2" - 1"	
1" - 3/4"	
3/4" - 1/2"	2500
3/8" - 1/4"	2500
1/4" - Nº 4	
Nº 4 - Nº 8	
TOTAL	5000

VOLUMEN m ³	P. VOLUM. Kg./m ³
3" - 2 1/2"	
2 1/2" - 2"	
2" - 1 1/2"	
1 1/2" - 1"	
1" - 3/4"	
3/4" - 1/2"	2500
3/8" - 1/4"	2500
1/4" - Nº 4	
Nº 4 - Nº 8	
TOTAL	5000

- Tabla 4.10 Ensayo de desgaste del agregado grueso, laboratorio UES.

4.3 MEZCLA DE DISEÑO.

Existe diversidad de métodos para el mezcla de diseño, entre los más usados esta el basado en cálculos del volumen absoluto ocupado por los componentes del concreto por volumen unitario.

DISEÑO Y ELABORACION DE MEZCLA

Para elaborar el mezcla de diseño definitivo se realizo un pre diseño, con tres diferentes relaciones agua cemento, de 0.4, 0.5 y 0.6 de los cuales se tomo de base para la elaboración del concreto, la relación de 0.6, fue elegida para desarrollar nuestro estudio por el cumplimiento, de la resistencia mecánica para nuestros objetivos.

PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO DE PESO NORMAL (ACI - 211.1)

ELABORACIÓN DE MEZCLA DE DISEÑO DE $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Se solicito a la Escuela de Ingeniería Civil, el uso de las instalaciones del laboratorio y equipo para la realización de una mezcla de diseño de concreto hidráulico, que nos sirvió para el proporcionamiento de los materiales para concreto y muestreos que se tomarían en las tres zonas de análisis, Santa Ana, San Salvador. , San Miguel; siguiendo la investigación del trabajo de graduación.

Las características de los agregados se muestran en la siguiente tabla:

TABLA RESUMEN DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO.

MATERIAL	ARENA	GRAVA
Gravedad Especifica(Ss)	2.53	2.67
Absorción (%)	2.83	2.51
Humedad Natural (%)	9.05	3.01
PVV (Kg/m ³)		1557.00
PVS (Kg/m ³)	1430.00	1483.00
Modulo de Finura	2.70	
Materia Orgánica	Sin materia orgánica.	

- Tabla 4.11 Resumen de las pruebas de laboratorio hechas para los agregados finos y gruesos.

CARACTERÍSTICAS UTILIZADAS PARA LA ELABORACIÓN DEL MEZCLA DE DISEÑO:

- Tamaño máximo del agregado a utilizado: 3/4 pulgada (ASTM C - 33)
- Tipo de cemento a utilizado: Pórtland normal tipo I, (ASTM C - 150)
- Revenimiento utilizado: 4 ± 1 pulgadas (ASTM C - 143)
- Resistencia requerida, a la compresión a 28 días: F'c = 210 Kg/cm²

MEZCLA DE DISEÑO RELACIÓN a/c 0.60

ELABORACIÓN DE VEINTE CILINDROS DE CONCRETO Y DIEZ VIGAS DE CONCRETO.

- Se elaboró concreto para mezcla de diseño en las instalaciones del laboratorio de la Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la UES.
- Se realizaron 10 muestras cilíndricas de concreto, equivalentes a dos ensayos por muestras que se probaron a 7 y 28 días.

- Se realizaron 5 muestras de vigas de concreto, equivalentes a dos ensayos por muestras las cuales se probaron a 28 días.
- Haciendo un subtotal de 20 ensayos de cilindros de concreto y 10 ensayos de vigas.
- Se realizaron mediciones de las condiciones ambientales en el lugar que se elaboró concreto, por medio de estación meteorológica Radio Shack WX – 200 del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto, (I.S.C.Y.C.),

A continuación se muestra tabla de resultados del proporcionamiento de materiales para Concreto.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 TRABAJO DE GRADUACION:
 "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR"
 PROPORCIONAMIENTO DE MATERIALES PARA CONCRETO
 (MEZCLA DE DISEÑO)

Fecha: 6-10-2008

Proyecto: Trabajo de graduación

Responsable: Nelson Geovanny Guzmán Romero

Elemento	Edad, días	F'c, requerido (Kg/cm2)	F'c, diseño (Kg/cm2)	Revenimiento (pulgadas)
varios	28	210	295	4

MATERIALES	ARENA	GRAVA	ADITIVO
Gravedad Especifica(Ss)	2.53	2.67	Sin aditivos
Absorción (%)	2.83	2.506	
Humedad Natural (%)	9.05	3.005	
PVV (Kg/m ³)	1584.38	1557	
PVS (Kg/m ³)	1430	1483	
Modulo de Finura	2.7		
Materia Orgánica	Sin materia orgánica.		

Grava: Plantel Cessa Jiboa

Arena: Plantel Cessa Jiboa,

Cemento: Tipo I, Cessa C - 150

Tamaño Máximo del Agregado grueso: 3/4 pulg.

Condiciones de intemperismo: Normales

Contenido de aire incluido: 0%

Contenido de aire atrapado: 2%

VAG/ Volumen unitario: 0.63,

R a/c = 0.6

Agua Requerida: 216 litros

Cantidad de Agregado Grueso: 1557*0.63= 980.91 kg.

Cemento = 360.00 kg

PROPORCIONAMIENTO PARA UN M³ DE CEMENTO

CANTIDADES	W (Kg)	Gravedad Especifica (Ss)	Volumen (Lt)	Peso (kg)	Kg/bolsa	Lts/Bolsas	8.47 Bolsa/m3
CEMENTO	360	3.15	114.28	360	42.5	x	1
AGUA	216.0	1	216.0	216.0	25.5	25.50	25.50
GRAVA	980.91	2.67	367.38	980.91	115.8	78.08	2x34x34x33cm= 0.076296
ARENA	714.32	2.53	282.34	714.32	84.33	58.97	2x31x31x31cm= 0.059582
AIRE (%)	2	----	20	2	x	x	
			TOTAL = 1000 lts.			78.08/58.97= 1.30	

- Tabla 4.12 Proporciónamiento de agregados para concreto con relación A/C 0.60

PROPORCIONAMIENTO PARA UNA BOLSA DE CEMENTO

Cemento CESSA Portland tipo I = 42.5 kg.

Volumen de Agua = 25.5 litros

Volumen de grava = $(0.076296 \text{ m}^3) * (\text{volumen de 1 cubeta} / 0.022 \text{ m}^3)$
 = 3 1/3 cubetas de grava, aproximadamente.

Volumen de arena = $(0.059582 \text{ m}^3) * (\text{volumen de 1 cubeta} / 0.022 \text{ m}^3)$
 = 3.0 cubetas de arena, aproximadamente.

CANTIDADES	Kg/bolsa	Ch - Abs	Corrección	Mezcla de Laboratorio
AGUA	25.5		-8.66	16.81
CEMENTO	42.5			42.5
GRAVA	115.8	2.004%	+ 2.32	118.12
ARENA	84.33	7.52%	+ 6.34	90.67
	-	-----		

- Tabla 4.13 Correcciones de humedad para los agregados en mezcla de concreto.

Contenido de humedad menos absorción (Ch – Abs.)

Grava = Ch – Abs

Arena = Ch – Abs

Grava = 4.5 – 2.506

Arena = 10.35 – 2.83

Grava = 2.00 %

Arena = 7.52%

Corrección de grava y arena

Grava = $(2.004 / 100) * 115.8$

Arena = $(7.52 / 100) * 84.33$

Grava = 2.32

Arena = 6.34

Corrección de agua: Es la suma de la corrección de la grava más la arena y al resultado se le antepone el signo adverso, en otras palabras si el resultado de la suma es positivo, se le coloca signo negativo y viceversa.

Corrección de agua = $2.32 + 6.34$

Corrección de agua = 8.66

Corrección de agua = - 8.66.

4.4 - CONCRETO UTILIZADO EN LAS TRES ZONAS DE ANÁLISIS

Para que sea válida la investigación se deberá cumplir con un mínimo de veinte muestras de cilindros de concreto y diez muestras de vigas de concreto, se ha tomado parámetros establecidos en la ACI 318²¹, el mezcla de diseño de concreto, se reprodujo para las pruebas de campo en cada uno de los puntos de estudio y se denominara este como un valor patrón de comparación, con el fin de verificar, que en San Salvador, Santa Ana y San Miguel, alcancen a veintiocho días, la resistencia mínima esperada y que los resultados de los ensayos fueron afectados o no por las variaciones de las condiciones climáticas.

- Se realizaron veinte muestras cilíndricas de concreto, equivalentes a dos ensayos por muestras.
- Se realizaron diez muestras de vigas de concreto, equivalentes a dos ensayos por muestras las cuales se probaron a veinte y ocho días.

²¹ "Código de Diseño de Hormigón Estructural, ACI 318-99" del American Concrete Institute Cap. 5 sección 5.3.1

- Haciendo un subtotal de cuarenta ensayos de cilindros de concreto y veinte ensayos de vigas de concreto en cada zona de análisis.
- En total fueron ciento veinte ensayos para cilindros de concreto y sesenta ensayos para vigas de concreto.

PRUEBAS DE CAMPO

Para mezclar el concreto, se utilizó una mezcladora de gasolina con capacidad de una bolsa, los agregados utilizados se midieron por volumen en cubetas de plásticos con un volumen promedio de 0.022 m³

La cantidad de agregados utilizados para elaborar una mezcla de concreto en mezcladora mecánica con capacidad de una bolsa de cemento, son los siguientes:

- Una bolsa de cemento Pórtland tipo I
- Tres un tercio de volumen de cubeta conteniendo agregado grueso (grava)
- Tres volúmenes de cubeta conteniendo agregado fino (arena)
- Diez y seis punto ocho litros de agua.

4.5 ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES.

Los especímenes se fabrican según norma ASTM C - 192, "Norma practica para la fabricación y curado en el laboratorio de especímenes de prueba de concreto"; el curado se llevo a cabo utilizando rocío de aditivo curador ADISOL.



- Fotografía 4.5 Preparación de recipientes, para la medida de agua en elaboración de mezcla de diseño laboratorio UES.



- Fotografía 4.6 Elaboración de concreto en la mezcla de diseño, en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la UES.



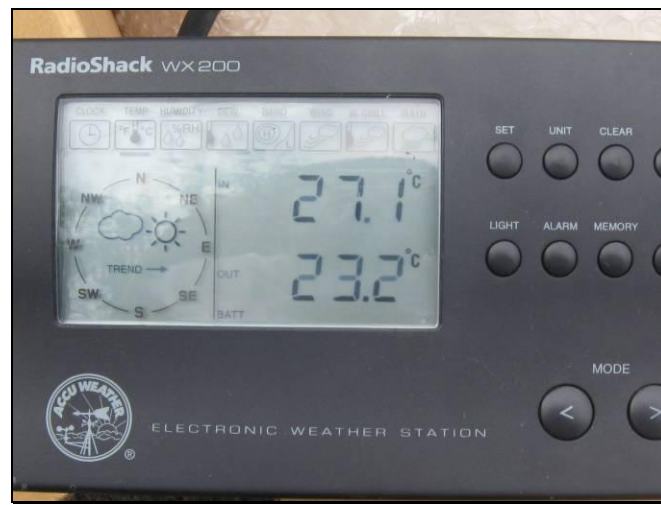
- Fotografía 4.7 Elaboración de cilindros de concreto durante la mezcla de diseño, en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la UES.



- Fotografía 4.8 Estación meteorológica móvil, del instituto salvadoreño del cemento y del concreto ISCYC, radio shack w 200x, para mediciones de las condiciones atmosféricas durante la mezcla de diseño, en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, UES.



- Fotografía 4.9 Determinación de la temperatura al concreto fresco, mezcla de diseño, realizado en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, UES.



- Fotografía 4.10 Equipo de medición de la estación meteorológica, utilizada para la determinación de las variables ambientales, tomadas durante el mezcla de diseño, realizado en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, UES.



**MEZCLA DE DISEÑO DE CONCRETO
LABORATORIO UES
CONTROL DEL CONCRETO**

PROYECTO: "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR"

PUNTO DE ANÁLISIS: LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES SAN SALVADOR.

FECHA: 06/10/08

LUGAR: SAN SALVADOR. UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

ELEVACION: 697 msnm.

COORDENADA: X= 478223 ; Y= 288809

N°	F'c CONCRETO	REVENIMIENTO	TEMPERATURA	DESCARGA		VIGA	CILINDRO
	Kg/cm ²	Pulg.	°C	INICIO	FIN	N°	N°
1	210	4	29	10:30 am		V1-V2	C1-C12
2	210	4	31	11:30 am		V3-V6	C13-C20
3	210	4	32	11:55 am	12:30 pm	V7-V10	
	PROMEDIO		30.67				

- Tabla 4.14 - Control de concreto mezcla de Diseño UES.



ZONA CENTRAL CONTROL DEL CONCRETO

PROYECTO: "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR"

PUNTO DE ANÁLISIS: ZONA CENTRAL
LUGAR: SAN SALVADOR. UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
ELEVACIÓN: 697 msnm
COORDENADA: X= 478223 ; Y= 288809

FECHA: 16/10/08

Nº	F'c CONCRETO	REVENIMIENTO	TEMPERATURA	DESCARGA		VIGA	CILINDRO
	Kg/cm ²	Pulg.	°C	INICIO	FIN	Nº	Nº
1	210	4 1/3	27.30	10:30 am		V11-V14	C21-C25
2	210	4 1/3	28.10	11:15 am		V15-V18	C26-C34
3	210	4 1/3	29.15	11:42 am		V18-V21	C35-C43
4	210	3	28.25	12:00 m		V21-C25	C44-C48
5	210	4	28.60	12:25 am		V25-V28	C49-C56
6	210	4	28.20	12:50 am	1:10 pm	V29-V30	C57-C60
	PROMEDIO		28.26				

- Tabla 4.15 Control de concreto, para pruebas de campo en San Salvador. .



ZONA ORIENTAL CONTROL DEL CONCRETO

PROYECTO: "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR"

PUNTO DE ANÁLISIS: ZONA ORIENTAL
LUGAR: SAN MIGUEL, SAN MIGUEL, CANTÓN EL DELIRIO.
ELEVACIÓN: 71 msnm
COORDENADA: X= 592259; Y= 247518

FECHA: 21/10/08

Nº	F'c CONCRETO	REVENIMIENTO	TEMPERATURA	DESCARGA		VIGA	CILINDRO
	Kg/cm ²	Pulg.	°C	INICIO	FIN	Nº	Nº
1	210	4 ½	29.45	10:00 am			C61-C70
2	210	4 ¾	29.35	10:30 am			C71-C75
3	210	4	29.85	10:47 am		V31-V39	C76-C83
4	210	4 1/3	30.25	11:10 am		V40-V41	C84-C91
5	210	4 ¾	30.65	11:28 am	12:00 pm	V42-V50	C92-C100
	PROMEDIO		29.91				

Tabla 4.16 - Control de concreto para pruebas de campo San Miguel.-



ZONA OCCIDENTAL CONTROL DEL CONCRETO

PROYECTO: "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR"

PUNTO DE ANÁLISIS: ZONA OCCIDENTAL

FECHA: 23/10/08

LUGAR: SANTA ANA, SANTA ANA, UNIVERSIDAD MULTIDISCIPLINARIA DE SANTA ANA, UES.

ELEVACIÓN: 751 msnm.

COORDENADA: X= 438079 ; Y= 316503

Nº	F' C CONCRETO	REVENIMIENTO	TEMPERATURA	DESCARGA		VIGA	CILINDRO
	Kg/cm ²	Pulg.	°C	INICIO	FIN	Nº	Nº
1	210	5	30.7	10:30 am		V51-V54	C101-C106
2	210	4	31.3	11:00 am		V55-V57	C107- C116
3	210	4	31.2	11:25 am		V58-V60	C117-C125
4	210	4	30.35	11:40 am		V61-V64	C126-C134
5	210	4 ¾	31.05	11:50 am		V65-V68	C135-C140
6	210	4	31.25	12:20 pm	12:35 pm	V69-V70	
	PROMEDIO		30.98				

- Tabla 4.17 Control de concreto para pruebas de campo Santa Ana.

4.6 CONCRETO ENDURECIDO

Las características tanto físicas como químicas mostradas por el concreto endurecido son el resultado de un acucioso control de calidad iniciado desde las pruebas a los componentes según las normas correspondientes hasta la ruptura de los especímenes.

Es de aclarar que la resistencia del concreto sigue aumentando a medida que avanza el tiempo, toda vez que exista algo de cemento sin hidratar y que este se mantenga húmedo o tenga cierta cantidad de humedad relativa.

4.6.1 CURADO DE LOS ESPECÍMENES.

Para el curado de los especímenes de concreto se aplicó aditivo por aspersión con bomba manual, se usó ADISOL BLANCO aditivo para reducir la evaporación de agua en el concreto. El curado de los especímenes se realizó de acuerdo a las especificaciones de la norma ASTM C- 192, describiéndose el proceso como sigue:

El desencofrado de los especímenes de prueba se realizó al día siguiente de su fabricación para lo cual se retiraron cuidadosamente los moldes y se colocaron los especímenes en la misma área que se colaron.



- Fotografía 4.11 Curado por aspersión de aditivo Adisol, aplicado a los especímenes de concreto tomados durante la elaboración de la mezcla de diseño y las pruebas de campo.

4.6.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Las pruebas de resistencias del concreto endurecido se pueden ejecutar en especímenes curados moldeados de muestras de concreto fresco, norma ASTM C-31 o C-192, y la prueba de resistencia se desarrollo de acuerdo a la norma ASTM C - 39.



- Fotografía 4.12 Preparación de especímenes cilíndricos de concreto, ensayados en el laboratorio de suelos y materiales de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador tomados de las pruebas de campo realizadas en Santa Ana.



- Fotografía 4.13 Ensayo a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto, en el laboratorio de suelos y materiales de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador tomados de las pruebas de campo realizadas en Santa Ana.



- Fotografía 4.14 Ensayo a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto, en el laboratorio del Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto, ISCYC, los especímenes corresponden a las pruebas de campo realizadas en San Miguel.

4.6.3 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

La prueba de los especímenes se realizó de acuerdo con la norma ASTM C - 78 para determinar la resistencia a la flexión usando cargas en los tercios medios del espécimen y de esta manera poder determinar el módulo de ruptura del concreto, que de acuerdo a las normas, es el procedimiento más apropiado para determinar el módulo de ruptura, aunque, no es el único procedimiento para determinarlo.



- Fotografía 4.15 Ensayo a la flexión de vigas de concreto, en el laboratorio del Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto, ISCYC, los especímenes corresponden a las pruebas de campo realizadas en San Miguel.



- Fotografía 4.16 Ensayo a la flexión de vigas de concreto, en el laboratorio del Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto, ISCYC, los especímenes corresponden a las pruebas de campo realizadas en San Miguel.



- Fotografía 4.17 Ensayo a la flexión de vigas de concreto, en el laboratorio de suelos y materiales de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador tomados de las pruebas de campo realizadas en Santa Ana.

CAPITULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 GENERALIDADES

En este capítulo, se muestra el análisis de los resultados obtenidos, sobre el comportamiento del concreto en climas tropicales, para las principales zonas de nuestro país, específicamente para los departamentos de San Salvador, San Miguel y Santa Ana; en sus cabeceras departamentales. Las pruebas se desarrollaron en el área de sus cascos urbanos para la zona central y occidental, excepto para el municipio de San Miguel, donde las pruebas se desarrollaron en el Cantón El Delirio, en las afueras de la ciudad.

Para el estudio, se desarrollaron pruebas a los componentes del concreto para conocer sus características, físicas y cualitativas. Se elaboro además, un mezcla de diseño siguiendo la guía estándar ACI - 211.1, con en el cual se hicieron pruebas de campo.

Para observar el efecto de las variaciones de las condiciones ambientales sobre el concreto en estado fresco; se midieron dichas condiciones durante la elaboración de las mezclas, y fueron tomados especímenes en cada punto, dejándolos expuestos a estas condiciones por el periodo de siete y veintiocho días, para observar el comportamiento mecánico, en el concreto endurecido.

Para esta, investigación se presenta entonces, un análisis estadístico y comparativo de los datos obtenidos y recolectados, para tener un parámetro del efecto sobre el comportamiento de las resistencias a las variables ambientales estudiadas, en las tres zonas de análisis.

5.2 COMPONENTES

Se diseño y se elaboró concreto utilizando la combinación de agregados siguientes, grava y arena extraídos del plantel Jiboa, cantera ubicada al nor oriente de la ciudad del municipio de Rosario de La Paz, departamento de La Paz. Se elaboraron tres mezclas de prueba de concreto variando la relación a/c de 0.4, 0.5 y 0.6, seleccionando la de 0.6.

5.2.1 Cemento

La investigación se llevó a cabo utilizando cemento portland Tipo GU (uso general), fabricado por Cementos de El Salvador (CESSA), bajo la norma ASTM 1157. La elección de este tipo de cemento se debió a que este se considera, un cemento de uso común.

5.2.2 Agregados.

En esta investigación fueron desarrollados los ensayos pertinentes, para la calificación de los agregados que conformaron la mezcla.

Agregado fino.

De acuerdo a la curva granulométrica para el agregado fino, presentada en el capítulo IV, se observa un valor que cae fuera del rango establecido por la norma ASTM C-136-1, tal como lo muestra la figura N° 4.1, la anomalía se presenta en el tamiz N° 100, por representar un porcentaje que pasa del 15 %, valor que cae fuera del rango del 2% al 10%, de lo que la norma estipula.

Para el estudio, se mantuvieron constantes las características granulométricas.

En la tabla 5.1 se presenta un resumen de los valores obtenidos para los ensayos realizados al agregado fino.

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL AGREGADO FINO

Ensayo Arena	Modulo de Finura	Absorción (%)	Gravedad Especifica (GE)	Contenido de Impurezas Orgánicas
Resultado	2.70	2.83	2.53	Aceptable

- Tabla 5.1 Resumen de resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio a los agregados finos.

a. Granulometría.

El análisis granulométrico de la arena (ASTM C-136-01); generó una curva que no satisface los límites especificados por la norma ASTM C-33; a pesar de lo dicho anteriormente, el resultado del módulo de finura dio un valor de 2.70, lo que clasifico al agregado fino como una arena media, valor aceptable al estar en el rango, de 2.30 a 3.10, establecido por la ASTM C - 33.

b. Absorción

La Absorción, depende de muchos factores como son la porosidad, la distribución granulométrica, el contenido de finos, el tamaño máximo, la forma y la textura superficial de las partículas, etc. Como información se tiene que los agregados finos, son de buena calidad si la absorción no excede del 5%; así el resultado obtenido de 2.83%, no sobre pasa este límite.

c. Gravedad Específica

Para el caso de la gravedad específica se puede indicar que el valor obtenido de 2.53 es aceptable ya que según la PCA (Portland Cement Association), la mayoría de los agregados naturales tienen densidades relativas entre 2.4 y 2.9, aclarando que esta cualidad no es representativa de la calidad del agregado.

d. Impurezas Orgánicas.

El agregado fino, se encontró libre de impurezas orgánicas, ya que al seguir el procedimiento de la ASTM C-40 y compararla con la carta de colores de Gardner, el resultado obtenido determino que el agregado fino estaba libre de cantidades perjudiciales.

AGREGADO GRUESO.

De igual forma, que en el agregado fino, se realizaron los ensayos necesarios para lograr la calificación del agregado grueso.

a. Granulometría.

De acuerdo al ensayo granulométrico se califico la grava, con un tamaño máximo de 19 mm (3/4"), de acuerdo a la norma (ASTM C-136-01). Para la grava, los porcentajes que han pasado los tamices N° 3/4" y 3/8", resultan cercanos al límite inferior de las curvas de comparación especificadas por la norma ASTM C-33.

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL AGREGADO GRUESO

Ensayo Grava	Gravedad Especifica (GE)	Absorción (%)	PVV (Kg/m³)	Resistencia al Degaste (%)
Resultado	2.67	2.51	1557.00	20.28

- Tabla 5.2 Resumen de resultados obtenidos en pruebas de laboratorio para agregado grueso.

b. Absorción

Los agregados gruesos son de buena calidad si la absorción no excede del 3%, por lo que comparando con el resultado obtenido de 2.51, este límite no es sobre pasado.

c. Gravedad Específica

Para el caso de la gravedad específica, se puede indicar que el valor obtenido de 2.67, y es aceptable ya que según la PCA (Portland Cement Association), la mayoría de los agregados naturales tienen densidades relativas entre 2.4 y 2.9, aclarando antes que estos valores no son indicativos de la calidad del agregado.

d. Desgaste.

La resistencia al desgaste de un agregado a menudo se emplea como un índice general de su calidad. Al llevar a cabo la prueba de los ángeles, ASTM C-131; en el agregado grueso utilizado, este presenta alta resistencia al desgaste, obteniéndose un valor promedio de 20.28% menor que el 50%, máximo establecido por la norma.

5.3 CONCRETO FRESCO.

5.3.1 ELABORACIÓN DE MEZCLA DE DISEÑO.

El objetivo de diseñar una mezcla de concreto es determinar la combinación más práctica y económica de los materiales que la constituirán y para producir un concreto que satisfaga los requisitos de comportamiento bajo las condiciones particulares de uso. El fin propio de esta investigación es someter esta mezcla de diseño, a las diferentes particularidades de las tres zonas en nuestro país, en donde generalmente se distinguen diferencias en los factores ambientales. Así la mezcla de concreto utilizada debería estar bien proporcionada y tener la capacidad de trabajabilidad aceptable en estado fresco, para facilitar su colocación.

El diseño de la mezcla se hizo utilizando el método de volúmenes absolutos del A.C.I 211.1, definiendo en un inicio la relación agua cemento utilizada de 0.6, con la idea que la mezcla fuera representativa a los concretos más usados en nuestro medio.

De este mismo método se tomo el revenimiento de 100 mm, y una tolerancia de +/- 25 mm, utilizando un tamaño máximo de agregado grueso de 19 mm.

Para la mezcla de diseño no se consideró aire incluido ni contenido de aditivos. La mezcla se elaboró mecánicamente en una concreteira, con capacidad de una bolsa de cemento.

PROPORCIONAMIENTO DE LA RELACION AGUA CEMENTO

Materiales	Pesos de los componentes para 1 m ³ de concreto Para la relación agua/cemento (A/C) de 0.6
	A/C = 0.6
	Rev. 100 ± 25 mm.
	Peso seco (kg)
Agua	216.00
Cemento	360.00
Grava	980.91
Arena	714.32
Peso Total	2271.23

- Tabla 5.3 Proporcionamiento del mezcla de diseño empleado, utilizando una relación A/C 0.60.

ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO.

TOMA DE TEMPERATURA.

La temperatura es uno de los factores más importantes que influyen en la calidad del concreto, su tiempo de fraguado y la resistencia del concreto en estado endurecido. Para su realización se siguió la norma recomendada ASTM C- 1064 – 01.

El efecto de la temperatura en climas, puede provocar una pérdida de trabajabilidad en el concreto fresco y por lo tanto una aceleración en el fraguado mismo, así como una pérdida de agua de mezclado por fenómenos de evaporación.

PRUEBA DE REVENIMIENTO:

El ensayo de revenimiento se usa para medir la consistencia del concreto, tal y como se muestra en la fotografía 5.1. Para una proporción dada de cemento y agregado, sin aditivos, cuanto mayor es el revenimiento, más cantidad de agua tiene la mezcla. El revenimiento es un indicador de trabajabilidad cuando se evalúan mezclas similares (PCA 2004).



- Fotografía 5.1 Prueba de revenimiento en concreto fresco, tomado durante el mezcla de diseño, el valor obtenido fue de 4 pulg. (100 mm).

RESULTADOS DE REVENIMIENTO PROMEDIO PARA MEZCLA DE DISEÑO.

PUNTO DE ANÁLISIS	REVENIMIENTO PROMEDIO Pulg. (mm)	RESISTENCIA PROMEDIO F'c kg/cm ² A 28 DÍAS
MEZCLA DE DISEÑO (SAN SALVADOR)	4 (100)	311.00

- Tabla 5.4 Valor de revenimiento promedio medido durante la prueba de mezcla de diseño.

ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO.

Los cilindros de concreto para ensayos de resistencia a la compresión se elaboraron conforme a la norma ASTM C - 39 - 01, mientras que las vigas para determinar la resistencia a la flexión, se elaboraron conforme a la norma ASTM C - 78 - 01.

CURADO DE LOS ESPECÍMENES:

El curado de los especímenes se realizó por rocío mediante bomba manual, utilizando aditivo curador ADISOL, de la marca ADI, elaborado por Aditivos de El Salvador, que tiene como base, parafina con pigmento blanco. Este compuesto de curado, responde a la especificación para “compuestos líquidos que forman membranas para el curado del concreto”, ASTM C - 309 o AASTHO M - 148.

La mezcla de diseño, se llevo a cabo en el Laboratorio de Suelos y Materiales de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, de la Universidad de El Salvador.

CONDICIONES AMBIENTALES Y MECÁNICAS DEL CONCRETO DURANTE LA MEZCLA DE DISEÑO.

MEZCLA DE DISEÑO UES, SAN SALVADOR (6 DE OCTUBRE DE 2008)								
HORA DE ELABORACION DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO Y TOMA DE VARIABLES AMBIENTALES	HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO (%)	TEMP. AMBIENTE PROMEDIO (° C)	VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO (KM/H)	TEMP PROMEDIO DEL CONCRETO (°C)	REV. DEL CONCRETO PROMEDIO (PL.)	EDAD DE PRUEBA (DÍA)	RESISTENCIA PROMEDIO FLEXIÓN MR (KG/CM ²)	RESISTENCIA PROMEDIO COMPRESIÓN (KG/CM ²)
10:00 am – 2:00 pm	68.86	27.70	12	30.67	4	7	-	229.00
10:00 am – 2:00 pm	68.86	27.70	12	30.67	4	28	31.20	311.00

- Tabla 5.5 Datos recolectados durante la mezcla de diseño de concreto, elaborado en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

Las características físicas del concreto para el mezcla de diseño, cumplen con lo establecido en el apartado 5.3.2 de la ACI – 318- 99, en cuanto resistencia esperada se refiere, para 28 días ya que supera a la ecuación de $f_r = f_c + 8.5$ de la tabla 5.3.2.2, en donde se determina la resistencia promedio a la compresión, requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar, el valor de esfuerzo a la compresión de diseño es igual 229.00 kg/cm² superior al 70% esperado para una edad de 7 días y para la edad de 28 días se obtiene un valor de 311.00 kg/cm² superando el valor esperado de 295.00 kg/cm².

Además se presenta el valor promedio obtenido, de los ensayos a esfuerzo de flexión ensayado a 28 días, igual a 31.20 kg/cm² cuyo valor tomaremos, como resistencia de esfuerzo patrón y de comparación, para los valores encontrados en las mezclas de campo.

5.3.2 MEZCLAS DE CAMPO.

Uno de los objetivos de la investigación era reproducir en campo, el procedimiento y metodología de recolección de datos empleada para la mezcla de diseño. Es por eso, que de igual manera se trataron cada uno de los procesos de muestreo, almacenamiento, transporte, y se utilizaron los mismos equipos, la misma hora de elaboración de mezclas, el mismo proceso para la toma de parámetros ambientales, toma de temperatura, revenimiento, elaboración de especímenes, desencofrado, curado, tiempo de estadía en el lugar de análisis, y ruptura de especímenes. Se trataron de mantener constantes todas las variables y seguir de la mejor manera los lineamientos y criterios de norma hechos en la mezcla de diseño, para obtener los parámetros de comparación del comportamiento del concreto entre un lugar y otro.

A continuación se presenta los resultados obtenidos en campo.

ENSAYOS DE LABORATORIO. MEZCLA DE DISEÑO.



ENSAYO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES DE CONCRETO

(ASTM C-39)

INSTITUCIÓN **UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. (UES)**

ELABORADO: **06/10/2008**

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR

ESCUELA **INGENIERÍA CIVIL**
FECHA: **06/10/2008**

CILINDRO N°	MUESTRA No	REV. (PULG)	FECHA FABRIC.	EDAD (DIAS)	DIAM. (CM)	ALTURA (H)	PESO (KG)	ÁREA (CM2)	CARGA (KG)	RESISTENCIA. (KG/CM2)	Peso Vol. (kg/m3)	TIPO DE FALLA	f _c	RESISTENCIA ESPERADA	TIPO DE ELEMENTO COLADA
1	DM2- 1	4	06/10/2008	7	15.20	30.50	12.61	181.46	40.930	225.56	2,278.44	Diagonal	210.00	147.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2
2	DM2- 2	4	06/10/2008	7	15.20	30.50	12.79	181.46	40.930	225.56	2,310.97	Diagonal	210.00	147.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2
3	DM2- 3	4	06/10/2008	7	15.20	30.60	12.81	181.46	41,150	226.77	2,307.02	Diagonal	210.00	147.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2
4	DM2- 4	4	06/10/2008	7	15.20	30.60	12.80	181.46	41,420	228.26	2,305.22	Diagonal	210.00	147.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2
5	DM2- 5	4	06/10/2008	7	15.10	30.60	12.71	179.08	40.930	228.56	2,318.51	Diagonal	210.00	147.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2
6	DM2- 6	4	06/10/2008	7	15.10	30.50	12.68	179.08	42,890	239.50	2,321.54	Diagonal	210.00	147.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2
7	DM2- 7	4	06/10/2008	28	15.10	30.50	12.75	179.08	53,230	297.24	2,334.72	Diagonal	210.00	210.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2
8	DM2- 8	4	06/10/2008	28	15.20	30.50	12.76	181.46	53,380	294.17	2,305.55	Diagonal	210.00	210.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2
9	DM2- 9	4	06/10/2008	28	15.20	30.50	12.64	181.46	55,090	303.60	2,283.86	Diagonal	210.00	210.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2
10	DM2- 10	4	06/10/2008	28	15.00	30.50	12.59	176.71	60,070	339.93	2,335.90	Diagonal	210.00	210.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2
11	DM2- 11	4	06/10/2008	28	15.20	30.60	12.71	181.46	55,550	306.13	2,288.11	Diagonal	210.00	210.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2
12	DM2- 12	4	06/10/2008	28	15.10	30.50	12.54	179.08	55,030	307.30	2,294.99	Diagonal	210.00	210.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2
13	DM2- 13	4	06/10/2008	28	15.10	30.70	12.54	179.08	54,670	305.28	2,280.95	Diagonal	210.00	210.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2
14	DM2- 14	4	06/10/2008	28	15.20	30.70	12.54	181.46	61,180	337.16	2,250.14	Diagonal	210.00	210.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2
15	DM2- 15	4	06/10/2008	28	15.20	30.70	12.69	181.46	55,030	303.27	2,277.96	Diagonal	210.00	210.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2
16	DM2- 16	4	06/10/2008	28	15.30	30.60	12.82	183.85	59,330	322.70	2,277.85	Diagonal	210.00	210.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2
17	DM2- 17	4	06/10/2008	28	15.20	30.70	12.70	181.46	56,240	309.93	2,279.58	Diagonal	210.00	210.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2
18	DM2- 18	4	06/10/2008	28	15.20	30.60	12.64	181.46	53,770	296.32	2,275.86	Diagonal	210.00	210.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2
19	DM2- 19	4	06/10/2008	28	15.10	30.60	12.62	179.08	60,420	337.39	2,302.09	Diagonal	210.00	210.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2
20	DM2- 20	4	06/10/2008	28	15.20	30.50	12.66	181.46	58,120	320.29	2,287.48	Diagonal	210.00	210.00	MEZCLA DE DISEÑO - 2

f _c		210	kg/cm2			
PROM. F'C	a siete (7) días	229.0	kg/cm2	109.07%		
	a catorce (14) días					
	a veintiocho(28) días	311.0	kg/cm2	148.11%		

OBSERVACIONES: EL MEZCLA DE DISEÑO SE BASA EN UNA RELACIÓN AGUA CEMENTO IGUAL A A/C = 0.60.

DONDE DM = MEZCLA DE DISEÑO

- Tabla 5.6 Resultado de ensayos de esfuerzo a compresión en mezcla de diseño, usando relación de A/C 0.60.

RESULTADOS DE ENSAYOS DE ESFUERZO A FLEXIÓN PARA LA MEZCLA DE DISEÑO.

ENSAYO A FLEXIÓN EN ESPECÍMENES DE CONCRETO										
(ASTM C-293)										
MEZCLA DE DISEÑO										
INSTITUCIÓN		UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. (UES)								
TRABAJO DE GRADUACIÓN:		COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR								
	FECHA:	06/10/2008								
VIGUETA	MUESTRA	REV.	FECHA	EDAD	L	b	d	P	MR	
N°	No	(PULG)	FABRIC.	(DIAS)	(CM)	(H)	(KG)	(Kg)	(KG/CM2)	
1	DM2-1	4	06/10/2008	28	60.50	14.90	15.20	2,280.00	29.80	
2	DM2-2	4	06/10/2008	28	60.30	15.10	15.20	2,580.00	33.28	
3	DM2-3	4	06/10/2008	28	60.00	15.00	15.30	2,260.00	28.96	
4	DM2-4	4	06/10/2008	28	61.00	14.80	15.00	2,110.00	28.51	
5	DM2-5	4	06/10/2008	28	61.00	15.10	15.10	1,940.00	25.36	
6	DM2-6	4	06/10/2008	28	61.00	15.00	15.20	2,510.00	32.59	
7	DM2-7	4	06/10/2008	28	61.00	15.00	15.30	2,230.00	28.58	
8	DM2-8	4	06/10/2008	28	61.00	15.00	15.20	2,840.00	36.88	
9	DM2-9	4	06/10/2008	28	61.00	14.80	15.10	2,620.00	34.94	
10	DM2-10	4	06/10/2008	28	61.00	14.90	15.20	2,530.00	33.07	
								MR PROMEDIO	31.20	

- Tabla 5.7 Resultados de esfuerzo a flexión en mezcla de diseño, usando relación de A/C 0.60, ensayados en el laboratorio del Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto, ISCYC.

CONDICIONES AMBIENTALES Y MECÁNICAS DEL CONCRETO EN LA ZONA CENTRAL.

SAN SALVADOR, SAN SALVADOR (16 DE OCTUBRE DE 2008)								
HORA DE ELABORACION DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO Y TOMA DE VARIABLES AMBIENTALES	HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO (%)	TEMP. AMBIENTE PROMEDIO (° C)	VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO (KM/H)	TEMP PROMEDIO DEL CONCRETO (°C)	REV. DEL CONCRETO PROMEDIO (Pulgadas.)	EDAD DE PRUEBA (DÍA)	RESISTENCIA PROMEDIO FLEXIÓN MR (KG/CM ²)	RESISTENCIA PROMEDIO COMPRESIÓN (KG/CM ²)
10:00 am - 2:00 pm	67.8	27	12	28.26	4	7	36.48	279.4
10:00 am - 2:00 pm	67.8	27	12	28.26	4	28	38.53	369.9

- Tabla 5.8 Datos recolectados durante la prueba de campo en el departamento de San Salvador, elaborado en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

Las características físicas del concreto endurecido en cuanto a sus propiedades mecánicas, encontradas para el grupo de especímenes ensayados para la zona central, mantiene una resistencia promedio a compresión a los 7 días de 279.40 kg/ cm² , manteniendo el 133.04 % de la resistencia esperada (f'c) y para 28 días se obtiene un promedio en resistencia a compresión de 369.90 kg/ cm² , siendo un 176.14 % de f'c, cumpliendo al 100 % la resistencia esperada de f'c del mezcla de diseño y además mantiene un valor favorable con lo establecido por el ACI - 318-99, sección 5.6.3.3.

ENSAYOS DE LABORATORIO. ZONA CENTRAL



ENSAYO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES DE CONCRETO (ASTM C-39)

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. (UES)

ELABORADO: 16/10/2008

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR

ESCUELA INGENIERÍA CIVIL

FECHA: 16/10/2008

CILINDRO Nº	MUESTRA No	REV. (PULG)	FECHA FABRIC.	EDAD (DIAS)	DIAM. (CM)	ALTURA (H)	PESO (KG)	ÁREA (CM2)	CARGA (KG)	RESISTENCIA. (KG/CM2)	Peso Vol. (kg/m3)	TIPO DE FALLA	f _c	RESISTENCIA ESPERADA	TIPO Y UBICACIÓN DE LA ESTRUCTURA COLADA
21	SS2 - 1	4 1/3	16/10/2008	7	15.20	30.50	12.74	181.46	48,890	269.43	2,301.03	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
22	SS2 - 2	4 1/3	16/10/2008	7	15.10	30.60	12.76	179.08	49,850	278.37	2,328.91	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
23	SS2 - 3	4 1/3	16/10/2008	7	15.20	30.50	12.64	181.46	45,140	248.76	2,283.14	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
24	SS2 - 4	4 1/3	16/10/2008	7	15.10	30.60	12.57	179.08	50,360	281.22	2,293.88	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
25	SS2 - 5	4 1/3	16/10/2008	7	15.10	30.50	12.72	179.08	52,800	294.84	2,327.95	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
26	SS2 - 6	4 1/3	16/10/2008	7	15.10	30.40	12.70	179.08	51,400	287.02	2,332.85	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
27	SS2 - 7	4 1/3	16/10/2008	7	15.10	30.50	12.64	179.08	44,850	250.45	2,314.21	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
28	SS2 - 8	4 1/3	16/10/2008	7	15.10	30.50	12.79	179.08	53,970	301.38	2,340.76	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
29	SS2 - 9	4 1/3	16/10/2008	7	15.10	30.40	12.65	179.08	53,970	301.38	2,323.48	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
30	SS2 - 10	4 1/3	16/10/2008	7	15.20	30.50	12.69	181.46	50,980	280.95	2,291.99	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
31	SS2 - 11	4 1/3	16/10/2008	28	15.00	30.60	12.41	176.71	49,050	277.57	2,294.97	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
32	SS2 - 12	4 1/3	16/10/2008	28	15.00	30.70	12.66	176.71	74,600	422.15	2,332.66	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
33	SS2 - 13	4 1/3	16/10/2008	28	15.00	30.50	12.45	176.71	63,700	360.47	2,309.92	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
34	SS2 - 14	4 1/3	16/10/2008	28	15.20	30.50	12.53	181.46	64,150	353.52	2,263.99	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
35	SS2 - 15	4 1/3	16/10/2008	28	15.20	30.40	12.53	181.46	72,410	399.04	2,271.44	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
36	SS2 - 16	4 1/3	16/10/2008	28	15.10	30.50	12.30	179.08	70,400	393.12	2,251.78	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
37	SS2 - 17	4 1/3	16/10/2008	28	15.00	30.50	12.48	176.71	48,050	271.91	2,315.49	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
38	SS2 - 18	4 1/3	16/10/2008	28	15.20	30.50	12.52	181.46	71,360	393.26	2,261.28	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
39	SS2 - 19	4 1/3	16/10/2008	28	15.00	30.50	12.52	176.71	62,100	351.41	2,322.91	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
40	SS2 - 20	4 1/3	16/10/2008	28	15.20	30.50	12.57	181.46	74,600	411.11	2,271.22	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2

PROM. F _C	f _c			210.00	kg/cm2	%			
	a siete (7) días			279.4	kg/cm2	133.04%			

Los cilindros de concreto presentan valores de resistencias altos para el concreto estructural con resistencia f_c= 210 Kg./cm² ensayados a edades promedio de 7 y 28 días; alcanzando porcentajes de **133.04%** y **176.14%**, correspondientemente; Para este grupo los especímenes ensayados cumplen a conformidad con lo establecido por el ACI 318.

- Tabla 5.9 Resultados de ensayos de esfuerzo a compresión para la zona central

ENSAYOS DE LABORATORIO. ZONA CENTRAL



ENSAYO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES DE CONCRETO

(ASTM C-39)

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. (UES)

ELABORADO: 16/10/2008

INSTITUCIÓN:

ESCUELA

INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

D-0012

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR

FECHA:

16/10/2008

CILINDRO Nº	MUESTRA No	REV. (PULG)	FECHA FABRIC.	EDAD (DIAS)	DIAM. (CM)	ALTURA (H)	PESO (KG)	ÁREA (CM2)	CARGA (KG)	RESISTENCIA. (KG/CM2)	Peso Vol. (kg/m3)	TIPO DE FALLA	f _c	RESISTENCIA A ESPERADA	TIPO Y UBICACIÓN DE LA ESTRUCTURA COLADA
41	SS2 - 21	4 1/3	16/10/2008	28	15.20	30.50	12.52	181.46	49,050	270.31	2,262.18	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
42	SS2 - 22	4 1/3	16/10/2008	28	15.00	30.50	12.57	176.71	50,100	283.51	2,332.19	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
43	SS2 - 23	4 1/3	16/10/2008	28	15.00	30.50	12.49	176.71	66,020	373.60	2,316.41	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
44	SS2 - 24	3	16/10/2008	28	15.00	30.50	12.49	176.71	73,870	418.02	2,316.41	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
45	SS2 - 25	3	16/10/2008	28	15.00	30.50	12.49	176.71	59,850	338.68	2,316.41	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
46	SS2 - 26	3	16/10/2008	28	15.00	30.50	12.50	176.71	65,160	368.73	2,318.27	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
47	SS2 - 27	3	16/10/2008	28	15.00	30.50	12.58	176.71	61,590	348.53	2,333.11	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
48	SS2 - 28	3	16/10/2008	28	15.00	30.50	12.47	176.71	66,100	374.05	2,312.70	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
49	SS2 - 29	4	16/10/2008	28	15.00	30.50	12.37	176.71	63,700	360.47	2,295.08	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
50	SS2 - 30	4	16/10/2008	28	15.20	30.50	12.65	181.46	75,325	415.11	2,285.67	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
51	SS2 - 31	4	16/10/2008	28	15.00	30.40	12.54	176.71	71,350	403.76	2,333.34	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
52	SS2 - 32	4	16/10/2008	28	15.00	30.50	12.45	176.71	69,550	393.57	2,310.11	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
53	SS2 - 33	4	16/10/2008	28	15.10	30.50	12.50	179.08	68,450	382.23	2,288.58	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
54	SS2 - 34	4	16/10/2008	28	15.00	30.50	12.43	176.71	67,800	383.67	2,306.21	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
55	SS2 - 35	4	16/10/2008	28	15.10	30.50	12.37	179.08	70,600	394.24	2,263.86	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
56	SS2 - 36	4	16/10/2008	28	15.20	30.50	12.52	181.46	70,960	391.05	2,261.28	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
57	SS2 - 37	4	16/10/2008	28	15.00	30.50	12.56	176.71	49,100	277.85	2,330.33	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
58	SS2 - 38	4	16/10/2008	28	15.20	30.50	12.54	181.46	79,470	437.95	2,264.89	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
59	SS2 - 39	4	16/10/2008	28	15.00	30.50	12.49	176.71	67,550	382.25	2,317.34	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2
60	SS2 - 40	4	16/10/2008	28	15.10	30.50	12.55	179.08	73,870	412.50	2,296.82	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 1 SAN SALVADOR- 2

PROM. f _c	f _c	280.00	kg/cm2	%	210.00	kg/cm2	%	140.00	kg/cm2	%
	a catorce (14) días				/0!	kg/cm2				
	a veintiocho(28) días				369.9	kg/cm2	176.14%			

Los cilindros de concreto presentan valores de resistencias altos para el concreto estructural con resistencia f_c= 210 Kg./cm2 ensayados a edades promedio de 28 días; alcanzando porcentajes de **176.14%**, correspondientemente;

Para este grupo los especímenes ensayados la resistencia promedio en 20 cumplen al 100 % la resistencia esperada la cual se mantiene aceptable con lo establecido por el ACI 318, sección 5.6.3.3.

- Tabla 5.10 Resultados de ensayos de esfuerzo a compresión para la zona central.

RESULTADOS DE ENSAYOS DE ESFUERZO A FLEXIÓN PARA LA ZONA CENTRAL.

ENSAYO A FLEXIÓN EN ESPECÍMENES DE CONCRETO									
(ASTM C-293)									
ZONA CENTRAL DEPTO. SAN SALVADOR									
INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. (UES)									
TRABAJO DE GRADUACIÓN: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES PARALAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR									
FECHA:		16/10/2008							
VIGUETA	MUESTRA	REV.	FECHA	EDAD	L	b	d	P	MR
N°	No	(PULG)	FABRIC.	(DIAS)	(CM)	(H)	(KG)	(Kg)	(KG/CM2)
11	SS2- 1	4 1/3	16/10/2008	7	61.00	15.30	15.30	2,750.00	34.55
12	SS2- 2	4 1/3	16/10/2008	7	61.00	15.30	15.30	2,200.00	27.64
13	SS2- 3	4 1/3	16/10/2008	7	61.00	15.40	15.40	3,600.00	44.36
14	SS2- 4	4 1/3	16/10/2008	7	61.00	15.40	15.40	3,000.00	36.96
15	SS2- 5	4 1/3	16/10/2008	7	61.00	15.30	15.30	3,250.00	40.83
16	SS2- 6	4 1/3	16/10/2008	7	61.00	15.30	15.30	2,750.00	34.55
								MR PROMEDIO	36.48
17	SS2- 7	4 1/3	16/10/2008	28	61.00	15.60	15.50	3,350.00	40.22
18	SS2- 8	4 1/3	16/10/2008	28	61.00	15.50	15.50	3,000.00	36.25
19	SS2- 9	4 1/3	16/10/2008	28	61.00	15.50	15.50	3,100.00	37.46
20	SS2-10	4 1/3	16/10/2008	28	61.00	15.50	15.50	2,750.00	33.23
21	SS2- 11	4 1/3	16/10/2008	28	61.00	15.50	15.60	3,600.00	42.95
22	SS2- 12	3	16/10/2008	28	61.00	15.60	15.60	3,250.00	38.52
23	SS2- 13	3	16/10/2008	28	61.00	15.50	15.60	3,350.00	39.96
24	SS2- 14	3	16/10/2008	28	61.00	15.50	15.50	3,100.00	37.46
25	SS2- 15	3	16/10/2008	28	61.00	15.00	15.50	3,000.00	37.46
26	SS2- 16	4	16/10/2008	28	61.00	15.00	15.50	3,300.00	41.21
27	SS2- 17	4	16/10/2008	28	61.00	15.50	15.50	3,600.00	43.50
28	SS2- 18	4	16/10/2008	28	61.00	15.50	15.50	3,200.00	38.67
29	SS2- 19	4	16/10/2008	28	61.00	15.50	15.50	3,000.00	36.25
30	SS2- 20	4	16/10/2008	28	61.00	15.50	15.50	3,000.00	36.25
								MR PROMEDIO	38.53

- Tabla 5.11 Resultados de ensayos de esfuerzo a flexión para la zona central.

En cuanto a la resistencia por flexión al hacer la comparación, con el valor promedio obtenido de la mezcla de diseño para 28 días, se obtiene un valor promedio de 38.53 kg/cm²,

porcentaje reflejado del 123.49 %, al valor de comparación promedio obtenido para la resistencia por flexión para la mezcla de diseño.

CONDICIONES AMBIENTALES Y MECÁNICAS DEL CONCRETO EN LA ZONA ORIENTAL.

SAN MIGUEL, EL DELIRIO (21 DE OCTUBRE DE 2008)								
HORA DE ELABORACION DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO Y TOMA DE VARIABLES AMBIENTALES	HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO (%)	TEMP. AMBIENTE PROMEDIO (° C)	VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO KM/H	TEMP PROMEDIO DEL CONCRETO (°C)	REV. DEL CONCRETO PROMEDIO (Pulgadas.)	EDAD DE PRUEBA (DÍA)	RESISTENCIA PROMEDIO FLEXIÓN MR (KG/CM ²)	RESISTENCIA PROMEDIO COMPRESIÓN (KG/CM ²)
10:00 am - 02:00 pm	55	34.85	1.0	29.91	4.5	7	28.32	217.40
10:00 am - 02:00 pm	55	34.85	1.0	29.91	4.5	28	28.00	298.10

- Tabla 5.12 Datos recolectados durante la prueba de campo en el departamento de San Miguel, elaborado en el cantón El Delirio departamento de San Miguel.

Las características físicas del concreto en San Miguel, mantienen una resistencia promedio a 7 días de 217.40 kg/ cm², siendo el 103.51 % de la resistencia esperada (f'c) y para 28 días se obtiene un promedio de 298.10 kg/ cm², igual a 141.97 % de f'c. De estos resultados, se puede decir que han cumplido en promedio con el 100 % de la resistencia esperada de f'c del mezcla de diseño, y según lo establecido por el criterio de aceptabilidad del ACI - 318-99, sección 5.6.3.3, cumplen con un 100% los resultados obtenidos. En cuanto a la resistencia por flexión al hacer la comparación, con el valor promedio obtenido del mezcla de diseño para 28 días, se obtiene un valor promedio de MR igual a 28.00 kg/cm², porcentaje igual al 89.74 % por debajo del valor de comparación obtenido del valor patrón MR, en la mezcla de diseño; mostrando una variabilidad, igual al 10.26%.

Las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos, para el punto de la zona oriental en el departamento de San Miguel.

ENSAYOS DE LABORATORIO. ZONA ORIENTAL

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES DE CONCRETO

(ASTM C-39)

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. (UES)

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR

ELABORADO: 21/10/2008
 ESCUELA: INGENIERÍA CIVIL
 FECHA: 21/10/2008

CILINDRO	MUESTRA	REV.	FECHA	EDAD	DIAM.	ALTURA	PESO	ÁREA	CARGA	RESISTENCIA.	Peso Vol.	TIPO DE	f _c	RESISTENCIA	TIPO Y UBICACIÓN DE
Nº	No	(PULG)	FABRIC.	(DÍAS)	(CM)	(H)	(KG)	(CM2)	(KG)	(KG/CM2)	(kg/m3)	FALLA		ESPERADA	LA ESTRUCTURA
61	SM2 - 1	4 1/2	21/10/2008	7	15.10	30.50	12.47	179.08	39,010	217.84	2,283.09	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 2 SAN MIGUEL
62	SM2 - 2	4 1/2	21/10/2008	7	15.20	30.50	12.37	181.46	38,110	210.02	2,235.62	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 2 SAN MIGUEL
63	SM2 - 3	4 1/2	21/10/2008	7	15.10	30.60	12.50	179.08	38,940	217.45	2,281.10	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 2 SAN MIGUEL
64	SM2 - 4	4 1/2	21/10/2008	7	15.20	30.50	12.58	181.46	40,790	224.79	2,273.02	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 2 SAN MIGUEL
65	SM2 - 5	4 1/2	21/10/2008	7	15.10	30.50	12.46	179.08	39,010	217.84	2,280.34	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 2 SAN MIGUEL
66	SM2 - 6	4 1/2	21/10/2008	7	15.10	30.50	12.50	179.08	37,920	211.75	2,288.40	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 2 SAN MIGUEL
67	SM2 - 7	4 1/2	21/10/2008	7	15.20	30.50	12.50	181.46	40,260	221.87	2,258.39	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 2 SAN MIGUEL
68	SM2 - 8	4 1/2	21/10/2008	7	15.20	30.60	12.48	181.46	39,480	217.57	2,247.04	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 2 SAN MIGUEL
69	SM2 - 9	4 1/2	21/10/2008	7	15.20	30.40	12.45	181.46	39,360	216.91	2,257.66	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 2 SAN MIGUEL
70	SM2 - 10	4 1/2	21/10/2008	7	15.10	30.40	12.44	179.08	38,970	217.61	2,284.17	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 2 SAN MIGUEL
71	SM2 - 11	4 3/4	21/10/2008	28	15.10	30.50	12.48	179.08	50,490	281.94	2,284.74	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL
72	SM2 - 12	4 3/4	21/10/2008	28	15.10	30.50	12.46	179.08	50,490	281.94	2,281.26	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL
73	SM2 - 13	4 3/4	21/10/2008	28	15.10	30.60	12.48	179.08	49,100	274.18	2,277.09	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL
74	SM2 - 14	4 3/4	21/10/2008	28	15.00	30.50	12.50	176.71	49,950	282.66	2,318.83	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL
75	SM2 - 15	4 3/4	21/10/2008	28	15.00	30.60	12.26	176.71	50,290	284.58	2,266.87	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL
76	SM2 - 16	4	21/10/2008	28	15.00	30.60	12.42	176.71	56,520	319.84	2,295.90	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL
77	SM2 - 17	4	21/10/2008	28	15.00	30.50	12.42	176.71	59,250	335.29	2,304.35	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL
78	SM2 - 18	4	21/10/2008	28	15.00	30.50	12.36	176.71	57,450	325.10	2,293.22	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL
79	SM2 - 19	4	21/10/2008	28	15.10	30.60	12.40	179.08	57,450	320.81	2,263.22	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL
80	SM2 - 20	4	21/10/2008	28	15.00	30.50	12.26	176.71	57,300	324.25	2,274.11	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL

PROM. F _C	f _c				210.00	kg/cm2	%				
	a siete (7) días				217.4	kg/cm2	103.51%				

Los cilindros de concreto presentan valores de resistencias altos para el concreto estructural con resistencia f_c= 210 Kg./cm2 ensayados a edades promedio de 7 y 28 días; alcanzando porcentajes de 103.51%y 141.97%, correspondientemente; Para este grupo los especímenes ensayados cumplen a conformidad con lo establecido por el ACI 318.

- Tabla 5.13 Resultados de ensayos de esfuerzo a compresión para la zona oriental.

ENSAYOS DE LABORATORIO. ZONA ORIENTAL

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES DE CONCRETO

(ASTM C-39)

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. (UES)
 TRABAJO DE GRADUACIÓN: D-0012 COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR

ELABORADO: 21/10/2008
 ESCUELA: INGENIERÍA CIVIL
 FECHA: 21/10/2008

CILINDRO N°	MUESTRA No	REV. (PULG)	FECHA FABRIC.	EDAD (DÍAS)	DIAM. (CM)	ALTURA (H)	PESO (KG)	ÁREA (CM2)	CARGA (KG)	RESISTEN. (KG/CM2)	Peso Vol. (kg/m3)	TIPO DE FALLA	f _c	RESISTENCIA ESPERADA	TIPO Y UBICACIÓN DE LA ESTRUCTURA COLADA
81	SM2 - 21	4	21/10/2008	28	15.00	30.50	12.26	176.71	57,300	324.25	2,274.11	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2
82	SM2 - 22	4	21/10/2008	28	15.10	30.50	12.42	179.08	59,250	330.86	2,273.93	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2
83	SM2 - 23	4	21/10/2008	28	15.10	30.50	12.46	179.08	58,200	325.00	2,280.71	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2
84	SM2 - 24	4 1/3	21/10/2008	28	15.10	30.50	12.42	179.08	53,500	298.75	2,274.48	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2
85	SM2 - 25	4 1/3	21/10/2008	28	15.00	30.50	12.44	176.71	54,430	308.01	2,307.14	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2
86	SM2 - 26	4 1/3	21/10/2008	28	15.10	30.50	12.49	179.08	55,350	309.08	2,285.84	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2
87	SM2 - 27	4 1/3	21/10/2008	28	15.10	30.60	12.50	179.08	55,530	310.09	2,281.10	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2
88	SM2 - 28	4 1/3	21/10/2008	28	15.10	30.60	12.41	179.08	50,490	281.94	2,264.68	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2
89	SM2 - 29	4 1/3	21/10/2008	28	15.10	30.50	12.47	179.08	53,430	298.36	2,282.54	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2
90	SM2 - 30	4 1/3	21/10/2008	28	15.10	30.50	12.49	179.08	50,830	283.84	2,286.38	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2
91	SM2 - 31	4 1/3	21/10/2008	28	15.00	30.50	12.41	176.71	55,150	312.09	2,302.50	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2
92	SM2 - 32	4 3/4	21/10/2008	28	15.00	30.50	12.37	176.71	54,100	306.14	2,294.52	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2
93	SM2 - 33	4 3/4	21/10/2008	28	15.00	30.50	12.39	176.71	48,850	276.43	2,298.42	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2
94	SM2 - 34	4 3/4	21/10/2008	28	15.00	30.50	12.35	176.71	53,260	301.39	2,291.92	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2
95	SM2 - 35	4 3/4	21/10/2008	28	15.00	30.50	12.41	176.71	57,000	322.55	2,301.57	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2
96	SM2 - 36	4 3/4	21/10/2008	28	15.10	30.50	12.39	179.08	53,000	295.96	2,268.44	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2
97	SM2 - 37	4 3/4	21/10/2008	28	15.00	30.50	12.44	176.71	45,660	258.38	2,307.88	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2
98	SM2 - 38	4 3/4	21/10/2008	28	15.00	30.50	12.43	176.71	45,600	258.04	2,306.21	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2
99	SM2 - 39	4 3/4	21/10/2008	28	15.10	30.50	12.52	179.08	49,050	273.90	2,291.33	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2
100	SM2 - 40	4 3/4	21/10/2008	28	15.00	30.50	12.44	176.71	46,570	263.53	2,308.07	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 2 SAN MIGUEL EL DELIRIO-2

PROM. F ^o C	f _c	280.00	kg/cm2	%	210.00	kg/cm2	%	140.00	kg/cm2	%
	a catorce (14) días									
	a veintiocho(28) días				298.1	kg/cm2	141.97%			

Los cilindros de concreto presentan valores de resistencias altos para el concreto estructural con resistencia f_c= 210 Kg./cm2 ensayados a edades promedio de 28 días; alcanzando porcentajes de **141.97%**, correspondientemente; Para este grupo los especímenes ensayados la resistencia promedio en 20 cumple al 100 % la resistencia esperada y la mantiene aceptable sobre pasando con lo establecido por el ACI 318, sección 5.6.3.3.

Tabla 5.14 Resultados de ensayos de esfuerzo a compresión para la zona oriental.

RESULTADOS DE ENSAYOS DE ESFUERZO A FLEXIÓN PARA LA ZONA ORIENTAL

ENSAYO A FLEXIÓN EN ESPECÍMENES DE CONCRETO									
(ASTM C-293)									
ZONA ORIENTAL DEPTO. SAN MIGUEL									
INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. (UES)									
TRABAJO DE GRADUACIÓN: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES EN LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR									
		FECHA:			21/10/2008				
VIGUETA	MUESTRA	REV.	FECHA	EDAD	L	b	d	P	MR
Nº	No	(PULG)	FABRIC.	(DIAS)	(CM)	(H)	(KG)	(Kg)	(KG/CM2)
31	SM2- 1	4	21/10/2008	7	61.00	15.90	15.60	2,360.00	27.45
32	SM2- 2	4	21/10/2008	7	61.00	15.20	15.70	2,530.00	30.39
33	SM2- 3	4	21/10/2008	7	61.00	15.50	15.90	2,580.00	29.63
34	SM2- 4	4	21/10/2008	7	61.00	15.40	15.70	2,110.00	25.01
35	SM2- 5	4	21/10/2008	7	61.00	15.70	15.10	2,480.00	31.18
36	SM2- 6	4	21/10/2008	7	61.00	15.50	15.90	2,290.00	26.30
MR PROMEDIO A 7DIAS								28.32	
37	SM2- 7	4 3/4	21/10/2008	28	61.00	15.50	15.60	2,750.00	32.81
38	SM2- 8	4	21/10/2008	28	61.00	15.50	15.50	2,600.00	31.42
39	SM2- 9	4	21/10/2008	28	61.00	15.50	15.50	2,500.00	30.21
40	SM2- 10	4 1/3	21/10/2008	28	61.00	15.40	15.50	2,100.00	25.54
41	SM2- 11	4 1/3	21/10/2008	28	61.00	15.50	15.40	2,550.00	31.22
42	SM2- 12	4 3/4	21/10/2008	28	61.00	15.50	15.50	2,050.00	24.77
43	SM2- 13	4 3/4	21/10/2008	28	61.00	15.40	15.40	2,000.00	24.64
44	SM2- 14	4	21/10/2008	28	61.00	15.30	15.30	2,300.00	28.90
45	SM2 15	4 3/4	21/10/2008	28	61.00	15.40	15.40	2,100.00	25.87
46	SM2- 16	4 1/3	21/10/2008	28	61.00	15.30	15.40	1,700.00	21.08
47	SM2- 17	4 3/4	21/10/2008	28	61.00	15.50	15.50	2,300.00	27.79
48	SM2- 18	4	21/10/2008	28	61.00	15.40	15.30	2,350.00	29.33
49	SM2- 19	4 3/4	21/10/2008	28	61.00	15.50	15.50	2,250.00	27.19
50	SM2- 20	4 1/3	21/10/2008	28	61.00	15.60	15.50	2,600.00	31.22
MR PROMEDIO A 28 DIAS								28.00	

- Tabla 5.15 Resultados de ensayos de esfuerzo a flexión para la zona oriental.

CONDICIONES AMBIENTALES Y MECÁNICAS DEL CONCRETO EN LA ZONA OCCIDENTAL

SANTA ANA, SANTA ANA (23 DE OCTUBRE DE 2008)								
HORA DE ELABORACION DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO Y TOMA DE VARIABLES AMBIENTALES	HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO	TEMP. AMBIENTE PROMEDIO	VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	TEMP PROMEDIO DEL CONCRETO	REV. DEL CONCRETO PROMEDIO	EDAD DE PRUEBA	RESISTENCIA PROMEDIO FLEXIÓN MR	RESISTENCIA PROMEDIO COMPRESIÓN
	(%)	(° C)	(KM/H)	(°C)	(Pulgadas.)	(DÍA)	(KG/CM ²)	(KG/CM ²)
10:00 am - 2:00 pm	57.36	29.47	15	30.98	4 1/3	7	29.17	202.70
10:00 am - 2:00 pm	57.36	29.47	15	30.98	4 1/3	28	28.60	223.70

- Tabla 5.16 Datos recolectados durante la prueba de campo en el departamento de Santa Ana, elaborado en la Universidad de El Salvador, Multidisciplinaria de Occidente.

Al revisar las características mecánicas, obtenidas en el concreto en la zona occidental, se tiene que los especímenes ensayados, presentan una resistencia promedio a compresión a 7 días de 202.7kg/ cm², manteniendo el 96.52% de la resistencia esperada para f'c.

Al elaborarse las tres pruebas de campo, bajo un mismo estado climático ya que el periodo de tiempo de elaboración fue de una semana, el efecto particular de las condiciones ambientales, percibidas por el concreto fresco, al momento de su elaboración se vuelve mas representativo, para el estudio, ya que la variación del clima en general fue mínima, y se pudieron observar, solo el efecto particular de las condiciones propias de cada zona.

ENSAYOS DE LABORATORIO. ZONA OCCIDENTAL

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES DE CONCRETO (ASTM C-39)

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. (UES)

ELABORADO: 23/10/2008

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR

ESCUELA INGENIERÍA CIVIL

FECHA: 23/10/2008

CILINDRO N°	MUESTRA No	REV. (PULG)	FECHA FABRIC.	EDAD (DIAS)	DIAM. (CM)	ALTURA (H)	PESO (KG)	ÁREA (CM2)	CARGA (KG)	RESISTENCIA. (KG/CM2)	Peso Vol. (kg/m3)	TIPO DE FALLA	f _c	RESISTENCIA ESPERADA	TIPO Y UBICACIÓN DE LA ESTRUCTURA COLADA
101	SA2 - 1	5	23/10/2008	7	15.00	30.40	12.26	176.71	35,030	198.23	2,282.34	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
102	SA2 - 2	5	23/10/2008	7	15.00	30.30	12.41	176.71	35,170	199.02	2,317.51	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 3 SANTA ANA-2
103	SA2 - 3	5	23/10/2008	7	15.00	30.40	12.44	176.71	33,270	188.27	2,315.10	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
104	SA2 - 4	5	23/10/2008	7	15.00	30.40	12.38	176.71	36,170	204.68	2,304.12	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
105	SA2 - 5	5	23/10/2008	7	15.00	30.40	12.39	176.71	35,120	198.74	2,306.72	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
106	SA2 - 6	5	23/10/2008	7	15.00	30.40	12.37	176.71	34,520	195.34	2,302.63	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
107	SA2 - 7	4	23/10/2008	7	15.00	30.40	12.40	176.71	35,460	200.66	2,307.84	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
108	SA2 - 8	4	23/10/2008	7	15.00	30.50	12.40	176.71	36,540	206.77	2,300.27	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
109	SA2 - 9	4	23/10/2008	7	15.00	30.40	12.45	176.71	38,550	218.15	2,316.59	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
110	SA2 - 10	4	23/10/2008	7	15.00	30.40	12.36	176.71	38,350	217.02	2,300.02	Diagonal	210.00	147.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
111	SA2 - 11	4	23/10/2008	28	15.20	30.60	12.19	181.46	38,990	214.87	2,194.46	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
112	SA2 - 12	4	23/10/2008	28	15.20	30.60	12.39	181.46	38,000	209.41	2,231.38	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
113	SA2 - 13	4	23/10/2008	28	15.10	30.50	12.33	179.08	46,570	260.05	2,257.46	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA-2
114	SA2 - 14	4	23/10/2008	28	15.20	30.60	12.30	181.46	39,850	219.61	2,215.17	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
115	SA2- 15	4	23/10/2008	28	15.10	30.50	12.20	179.08	37,800	211.08	2,233.66	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
116	SA2 - 16	4	23/10/2008	28	15.20	30.60	12.33	181.46	38,100	209.97	2,219.67	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
117	SA2 -17	4	23/10/2008	28	15.20	30.60	12.36	181.46	40,860	225.18	2,225.07	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA-2
118	SA2 - 18	4	23/10/2008	28	15.10	30.70	12.41	179.08	46,100	257.43	2,256.39	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
119	SA2 - 19	4	23/10/2008	28	15.20	30.70	12.34	181.46	36,830	202.97	2,215.13	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
120	SA2 - 20	4	23/10/2008	28	15.20	30.50	12.36	181.46	42,320	233.22	2,233.27	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2

PROM. F'C	f _c	210.00	kg/cm2	%			
	a siete (7) días	202.7	kg/cm2	96.52%			

Los cilindros de concreto presentan valores de resistencias adecuados para el concreto estructural con resistencia f_c= 210 Kg./cm² ensayados a edades promedio de 7 y 28 días; alcanzando porcentajes de **96.52%** y **106.55%**, correspondientemente; Sin embargo para este grupo los especímenes ensayados; llegan al 100% de la resistencia esperada para los 28 días; pero si cumplen a conformidad con lo establecido por el ACI 318.

- Tabla 5.17 Resultados de ensayos de esfuerzo a compresión para la zona occidental.-

ENSAYOS DE LABORATORIO. ZONA OCCIDENTAL



ENSAYO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES DE CONCRETO

(ASTM C-39)

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. (UES)

ELABORADO: 23/10/2008

INSTITUCIÓN:
TRABAJO DE GRADUACIÓN:

D-0012

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES EN LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR

ESCUELA: INGENIERÍA CIVIL
FECHA: 23/10/2008

CILINDRO Nº	MUESTRA No	REV. (PULG)	FECHA FABRIC.	EDAD (DIAS)	DIAM. (CM)	ALTURA (H)	PESO (KG)	ÁREA (CM2)	CARGA (KG)	RESISTENCIA. (KG/CM2)	Peso Vol. (kg/m3)	TIPO DE FALLA	f _c	RESISTENCIA ESPERADA	TIPO Y UBICACIÓN DE LA ESTRUCTURA COLADA
121	SA2 - 21	4	23/10/2008	28	15.10	30.70	12.34	179.08	42,560	237.66	2,243.66	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
122	SA2 - 22	4	23/10/2008	28	15.30	30.70	12.45	183.85	46,100	250.74	2,205.76	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
123	SA2 - 23	4	23/10/2008	28	15.20	30.60	12.34	181.46	35,100	193.43	2,221.47	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
124	SA2 - 24	4	23/10/2008	28	15.20	30.50	12.29	181.46	41,590	229.20	2,219.72	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
125	SA2 - 25	4	23/10/2008	28	15.20	30.60	12.34	181.46	46,940	258.68	2,222.37	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
126	SA2 - 26	4	23/10/2008	28	15.20	30.60	12.40	181.46	47,200	260.11	2,232.28	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
127	SA2 - 27	4	23/10/2008	28	15.20	30.70	12.40	181.46	46,690	257.30	2,225.01	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
128	SA2 - 28	4	23/10/2008	28	15.20	30.70	12.35	181.46	45,590	251.24	2,216.03	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
129	SA2 - 29	4	23/10/2008	28	15.20	30.60	12.35	181.46	42,900	236.42	2,224.17	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
130	SA2 - 30	4	23/10/2008	28	15.30	30.60	12.40	183.85	44,750	243.40	2,203.19	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
131	SA2 - 31	4	23/10/2008	28	15.30	30.70	12.40	183.85	36,720	199.72	2,197.26	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
132	SA2 - 32	4	23/10/2008	28	15.20	30.50	12.07	181.46	40,200	221.54	2,179.97	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
133	SA2 - 33	4	23/10/2008	28	15.20	30.50	12.27	181.46	37,700	207.76	2,216.11	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
134	SA2 - 34	4	23/10/2008	28	15.10	30.50	12.30	179.08	37,700	210.52	2,251.96	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
135	SA2 - 35	4 3/4	23/10/2008	28	15.20	30.60	12.32	181.46	36,240	199.72	2,218.77	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
136	SA2 - 36	4 3/4	23/10/2008	28	15.10	30.50	12.28	179.08	44,130	246.43	2,248.30	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
137	SA2 - 37	4 3/4	23/10/2008	28	15.20	30.70	12.27	181.46	29,740	163.89	2,202.57	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
138	SA2 - 38	4 3/4	23/10/2008	28	15.10	30.60	12.31	179.08	34,780	194.22	2,246.43	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
139	SA2 - 39	4 3/4	23/10/2008	28	15.20	30.70	12.33	181.46	32,590	179.60	2,213.34	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2
140	SA2 - 40	4 3/4	23/10/2008	28	15.20	30.60	12.28	181.46	34,340	189.24	2,211.57	Diagonal	210.00	210.00	ZONA 3 SANTA ANA -2

PROM. F _C	f _c	280.00	kg/cm ²	%	210.00	kg/cm ²	%	140.00	kg/cm ²	%
	a catorce (14) días									
	a veintiocho(28) días				223.7	kg/cm ²	106.55%			

Los cilindros de concreto presentan valores de resistencias adecuados para el concreto estructural con resistencia f_c= 210 Kg./cm² ensayados a edades promedio de 28 días; alcanzando porcentajes de **106.55%**. correspondientemente;

Para este grupo los especímenes ensayados la resistencia promedio en 20 cumplen al 100 % la resistencia esperada, mantiene aceptabilidad analizando bajo lo establecido por el ACI 318, sección 5.6.3.3.

-Tabla 5.18 Resultado de ensayos de esfuerzo a compresión para la zona occidental.

RESULTADOS DE ENSAYOS DE ESFUERZO A FLEXIÓN PARA LA ZONA OCCIDENTAL

ENSAYO A FLEXIÓN EN ESPECÍMENES DE CONCRETO										
(ASTM C-293)										
ZONA OCCIDENTAL DEPTO. SANTA ANA										
INSTITUCIÓN					UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. (UES)					
TRABAJO DE GRADUACIÓN:		COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN CLIMAS TROPICALES PARA LAS PRINCIPALES ZONAS DE EL SALVADOR								
	FECHA:	23/10/2008								
VIGUETA	MUESTRA	REV.	FECHA	EDAD	L	b	d	P	MR	
N°	No	(PULG)	FABRIC.	(DIAS)	(CM)	(H)	(KG)	(Kg)	(KG/CM2)	
51	S A2- 1	5	23/10/2008	7	61.00	15.10	15.10	2,180.00	28.49	
52	S A2- 2	5	23/10/2008	7	61.00	15.10	15.10	2,170.00	28.36	
53	S A2- 3	5	23/10/2008	7	61.00	15.00	15.00	2,110.00	28.13	
54	S A2- 4	5	23/10/2008	7	61.00	15.10	15.20	2,040.00	26.31	
55	S A2- 5	4	23/10/2008	7	61.00	15.10	15.20	2,450.00	31.60	
56	S A2- 6	4	23/10/2008	7	61.00	15.00	15.00	2,407.00	32.09	
MR PROMEDIO									29.17	
57	S A2- 7	4	23/10/2008	28	61.00	15.40	15.40	2,250.00	27.72	
58	S A2- 8	4	23/10/2008	28	61.00	15.40	15.40	2,150.00	26.49	
59	S A2- 9	4	23/10/2008	28	61.00	15.50	15.50	2,550.00	30.81	
60	S A2- 10	4	23/10/2008	28	61.00	15.40	15.40	2,350.00	28.95	
61	S A2- 11	4	23/10/2008	28	61.00	15.40	15.50	2,450.00	29.80	
62	S A2- 12	4	23/10/2008	28	61.00	15.40	15.40	2,650.00	32.65	
63	S A2- 13	4	23/10/2008	28	61.00	15.50	15.50	2,150.00	25.98	
64	S A2- 14	4	23/10/2008	28	61.00	15.50	15.50	2,300.00	27.79	
65	S A2- 15	3 3/4	23/10/2008	28	61.00	15.50	15.50	2,550.00	30.81	
66	S A2- 16	3 3/4	23/10/2008	28	61.00	15.50	15.50	2,200.00	26.59	
67	S A2- 17	3 3/4	23/10/2008	28	61.00	15.60	15.30	2,100.00	25.88	
68	S A2- 18	3 3/4	23/10/2008	28	61.00	15.40	15.50	2,250.00	27.37	
69	S A2- 19	4	23/10/2008	28	61.00	15.50	15.40	2,450.00	29.99	
70	S A2- 20	4	23/10/2008	28	61.00	15.50	15.50	2,450.00	29.61	
MR PROMEDIO									28.60	

- Tabla 5.19 Resultado de ensayos de esfuerzo a flexión para la zona occidental

Los valores promedios obtenidos de resistencia a compresión a los 28 días son de 223.7 kg/ cm², siendo un 106.55 % mayor que f'c. Al revisar la resistencia por flexión y hacer la comparación, con el valor promedio obtenido de la mezcla de diseño, para 28 días, se obtiene un promedio de 28.6 kg/cm², porcentaje reflejado del 91.66 %, siendo este un valor de resistencia baja, la tendencia es similar y se ve afectado al igual que en la resistencia a la compresión.

5.3.3 PRUEBA DE REVENIMIENTO

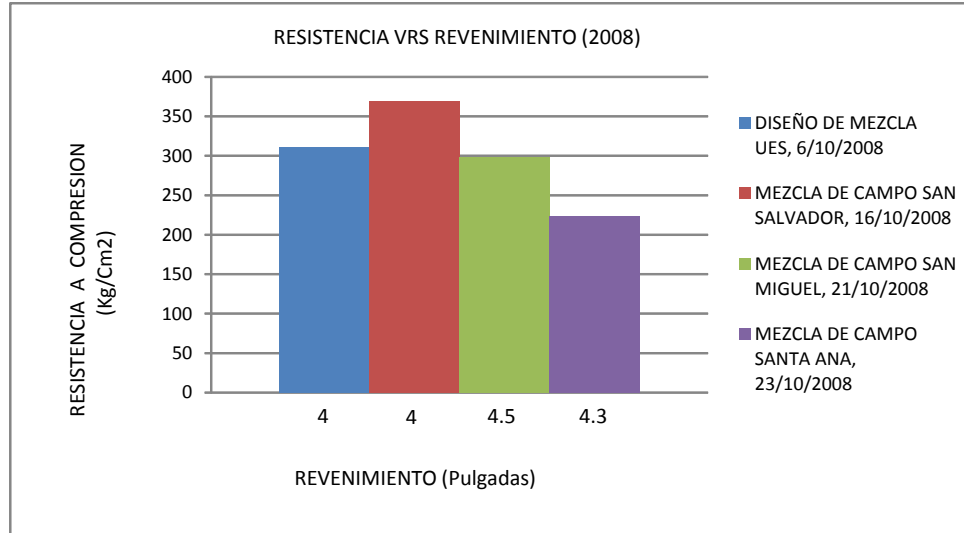
RESULTADOS DE REVENIMIENTO PROMEDIO PARA LOS PUNTOS DE ANÁLISIS

En el gráfico N° 5.1, se observa que se obtienen resistencias altas en mezclas secas con revenimientos de 4 pulg. (100 mm) así como puede ver una leve disminución de resistencia en mezclas con revenimientos de 4 1/2 pulg. (112 mm).

PUNTO DE ANÁLISIS	REVENIMIENTO	RESISTENCIA PROMEDIO
	PROMEDIO Pulg. (mm)	F'c kg/cm ² A 28 DÍAS
MEZCLA DE DISEÑO (SAN SALVADOR)	4	311.00
ZONA CENTRAL (SAN SALVADOR)	4	369.90
ZONA ORIENTAL (SAN MIGUEL)	4 1/2	298.10
ZONA OCCIDENTAL (SANTA ANA)	4 1/3	223.70

- Tabla 5.20 Valores de revenimiento medidos durante las pruebas de campo y resistencia a la compresión obtenida en especímenes cilíndricos a edades de 28 días.

PRUEBAS DE REVENIMIENTO VS RESISTENCIA OBTENIDA



- Gráfico 5.1 Comportamiento del revenimiento promedio tomado en especímenes de cilindros ensayos a compresión a 28 días.

CRITERIO DE RESISTENCIA PARA ACEPTACIÓN DE CONCRETO

Los criterios para determinar si una muestra de concreto cumple con requisitos mínimos de resistencia, según el reglamento para concreto estructural (American Concrete Institute) ACI - 318-99, son los siguientes:

“5.3.3 El nivel de resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactorio si cumple con los dos requisitos siguientes:

- (a) Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a f'_c .

- (b) Ningún resultado individual del ensayo de resistencia (promedio de dos cilindros) es menor que f'_c por más de 3.5 MPa (35 kg/cm²) cuando f'_c es 35 (350 kg/cm²) Mpa o menor; o por más de $0.10f'_c$ cuando f'_c es mayor a 35 Mpa (350 kg/cm²).

Sin embargo, nuestro análisis será mas enfocado a la comparación entre los valores de la resistencia obtenida entre la mezcla de diseño contra los valores encontrados en cada uno de los sitios de estudio.

5.4 ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL CLIMA TROPICAL EN EL CONCRETO HECHO EN LAS MEZCLAS DE CAMPO.

Las condiciones ambientales, pueden diferir grandemente con respecto a las condiciones óptimas supuestas; en el momento de trabajar una mezcla. No es recomendable establecer un límite estricto de la temperatura máxima que deba tener un concreto al momento de la colocación, esto porque la humedad relativa ambiental y de velocidad del viento pueden ser favorables, permitiendo temperaturas ambientales o del concreto más altas, sin alterar el buen desempeño del concreto. (ACI - 305 - R-91).

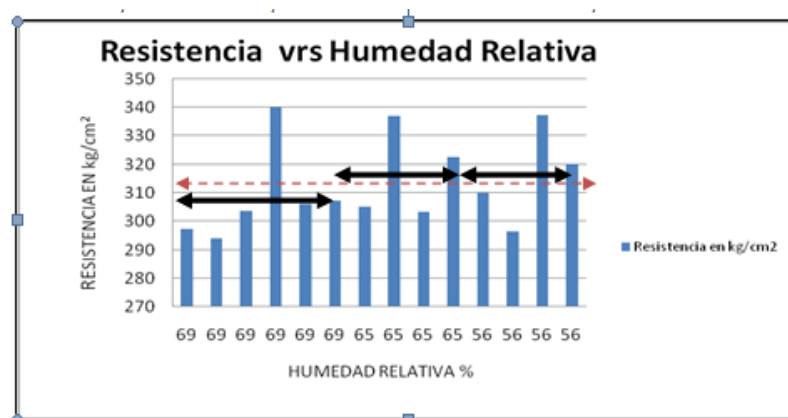
Al tomar en cuenta estas variables, se vuelve de suma importancia prestarle atención a este enfoque, debido a que las condiciones de temperatura ambiente, humedad relativa y velocidad del viento, cambian de acuerdo a cada zona geográfica. Además, mencionar la temperatura del concreto, como factor adicional que puede provocar problemas durante el mezclado, colocación y curado del mismo, hace aun mas relevante profundizar, en este análisis.

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN SAN SALVADOR PARA LA MEZCLA DE DISEÑO.

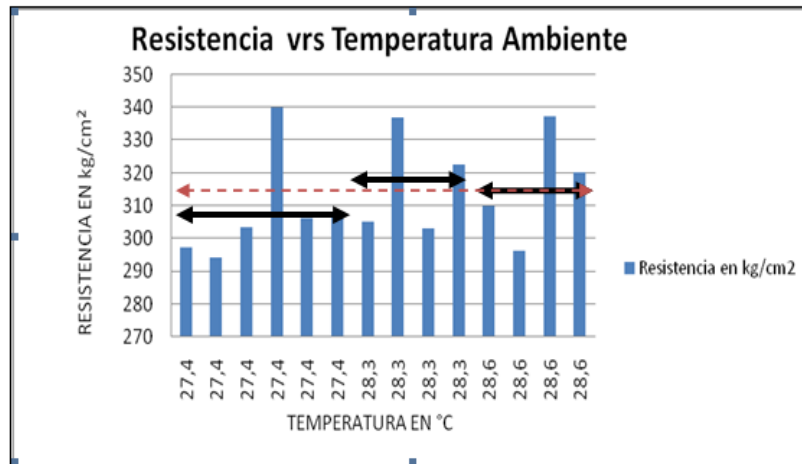
(ANÁLISIS POR RESISTENCIA A COMPRESIÓN A 28 DÍAS)

Cilindro N°	Edad en Días	Humedad Relativa en %	Temperatura ambiente °C	Temperatura del concreto °C	Resistencia en kg/cm ²
7	28	69	27.40	29	297.24
8	28	69	27.40	29	294.17
9	28	69	27.40	29	303.6
10	28	69	27.40	29	339.93
11	28	69	27.40	29	306.13
12	28	69	27.40	29	307.30
13	28	65	28.30	31	305.28
14	28	65	28.30	31	337.16
15	28	65	28.30	31	303.27
16	28	65	28.30	31	322.70
17	28	56	28.60	32	309.93
18	28	56	28.60	32	296.32
19	28	56	28.60	32	337.39
20	28	56	28.60	32	320.29

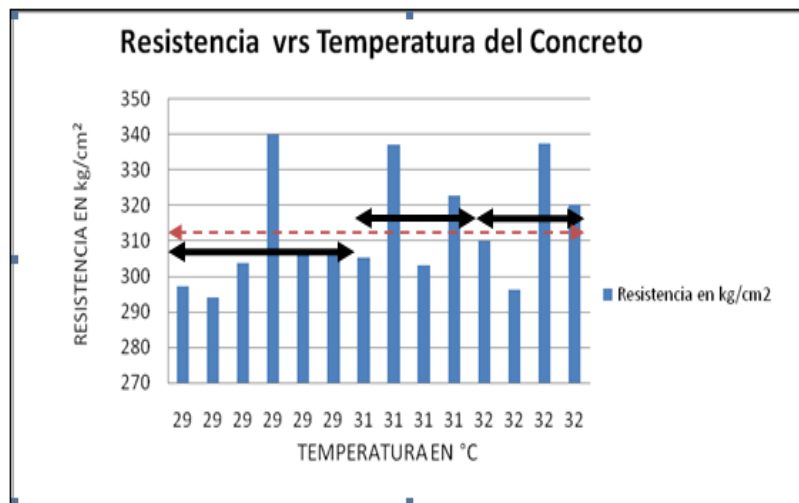
- Tabla 5.21 Condiciones ambientales y resistencia a compresión obtenidas, para especímenes ensayados a 28 días, mezcla de diseño, elaborado en el laboratorio de la UES, San Salvador.



- Gráficos 5.2 Comportamiento de la resistencia a compresión a 28 días, ante el efecto de las condiciones ambientales, medidas durante la elaboración de la mezcla de diseño en el laboratorio de la UES, la resistencia fue variable a las diferentes humedades relativas medidas. La flecha punteada indica el valor promedio de resistencia obtenida, y la flecha continua indica el valor promedio de resistencia para un mismo valor de humedad relativa.



- Gráficos 5.3 Comportamiento de la resistencia a compresión a 28 días, ante el efecto de las condiciones ambientales, medidas durante la elaboración de la mezcla diseño en el laboratorio de la UES. Puede observarse que aun en los puntos de temperatura alta, la resistencia es cercana al valor máximo encontrado. La flecha punteada indica el valor promedio de resistencia obtenida, y la flecha continua indica el valor promedio de resistencia para un mismo valor de Temperatura ambiente.



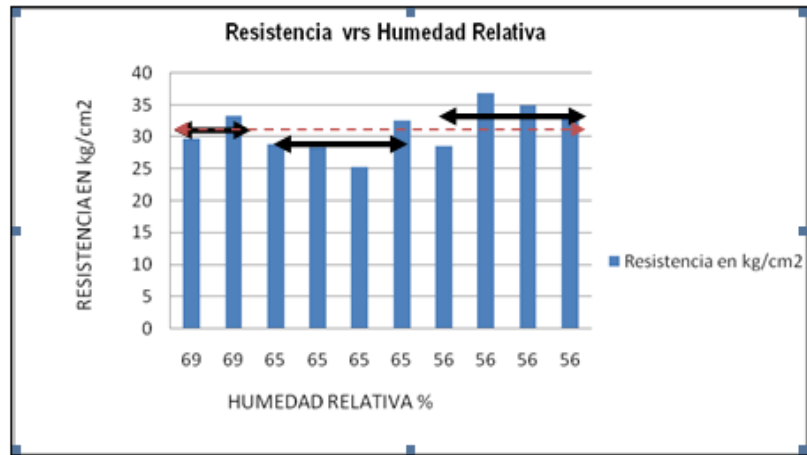
- Gráficos 5.4 Comportamiento de la resistencia a compresión a 28 días, ante el efecto de la temperatura del concreto, medido durante la elaboración de la mezcla diseño, en el laboratorio de la UES. La variabilidad de resistencia es semejante a las encontradas anteriormente, observando resistencias altas aun en concretos con 32 ° C de temperatura, La flecha punteada indica el valor promedio de resistencia obtenida, y la flecha continua indica el valor promedio de resistencia para un mismo valor de temperatura del concreto.

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN SAN SALVADOR PARA LA MEZCLA DE DISEÑO.

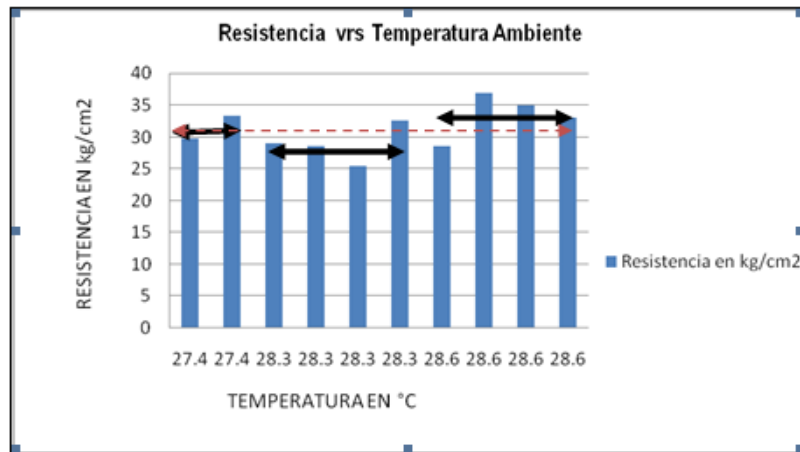
(ANALISIS POR RESISTENCIA A FLEXION A 28 DIAS)

Numero de Viga	Edad en Días	Humedad Relativa en %	Temperatura ambiente °C	Temperatura del concreto °C	Resistencia en kg/cm2
1	28	69	27.40	29	29.80
2	28	69	27.40	29	33.28
3	28	65	28.30	31	28.96
4	28	65	28.30	31	28.51
5	28	65	28.30	31	25.36
6	28	65	28.30	31	32.59
7	28	56	28.60	32	28.58
8	28	56	28.60	32	36.88
9	28	56	28.60	32	34.94
10	28	56	28.60	32	33.07

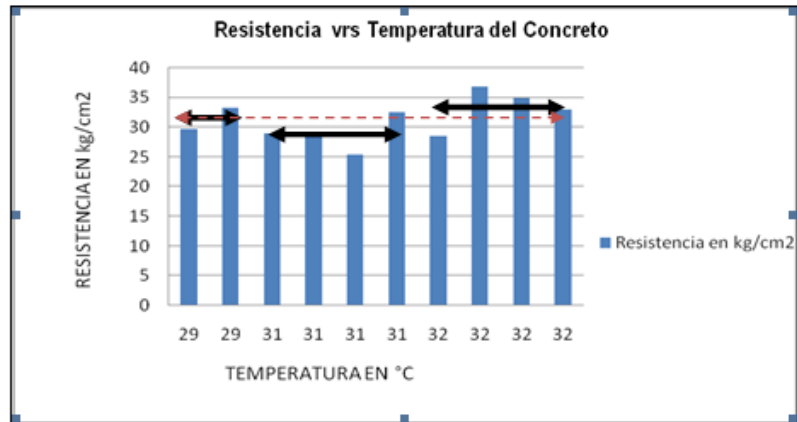
- Tabla 5.25 Condiciones ambientales y resistencia a flexión obtenidas, para especímenes ensayados a 28 días, mezcla de diseño, elaborado en el laboratorio de la UES, San Salvador.



- Gráficos 5.5 Comportamiento de la resistencia para el esfuerzo a flexión 28 días, ante el efecto de la humedad relativa, medidas durante la elaboración de la mezcla diseño en el laboratorio de la UES, la resistencia fue variable, y presento su máxima resistencia flexionante, en el punto mas desfavorable e humedad relativa. La flecha punteada indica el valor promedio de resistencia obtenida, y la flecha continua indica el valor promedio de resistencia para un mismo valor de humedad relativa.



- Gráficos 5.6 Comportamiento de la resistencia a flexión a 28 días, ante el efecto de la temperatura ambiente, medida durante la elaboración de la mezcla diseño en el laboratorio de la UES. Puede observarse que aun en los puntos de temperatura alta, la resistencia obtenida resulta ser el valor máximo encontrado. La flecha punteada indica el valor promedio de resistencia obtenida, y la flecha continua indica el valor promedio de resistencia para un mismo valor de temperatura ambiente.



- Gráficos 5.7 Comportamiento de la resistencia a flexión a 28 días, ante el efecto de la temperatura del concreto, medido durante la elaboración de la mezcla diseño, en el laboratorio de la UES. La variabilidad de resistencia es semejante a las encontradas anteriormente, observando resistencias altas aun en concretos con 32 ° C de temperatura. La flecha punteada indica el valor promedio de resistencia obtenida, y la flecha continua indica el valor promedio de resistencia para un mismo valor de temperatura del concreto.

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA LA ZONA CENTRAL (SAN SALVADOR).

(ANALISIS POR RESISTENCIA A COMPRESION A 28 DIAS)

Cilindro N°	Edad en Días	Humedad Relativa en %	Temperatura ambiente °C	Temperatura del concreto °C	Resistencia en kg/cm2
31	28	66	27.8	28.10	277.57
32	28	66	27.8	28.10	422.15
33	28	66	27.8	28.10	360.47
34	28	66	27.8	28.10	353.52
35	28	66	27.3	29.15	399.04
36	28	66	27.3	29.15	393.12
37	28	66	27.3	29.15	271.91
38	28	66	27.3	29.15	393.26
39	28	66	27.3	29.15	351.41
40	28	66	27.3	29.15	411.11
41	28	66	27.3	29.15	270.31
42	28	66	27.3	29.15	283.51
43	28	66	26.0	28.25	373.60
44	28	66	26.0	28.25	418.02
45	28	66	26.0	28.25	338.68
46	28	66	26.0	28.25	368.73
47	28	70	26.2	28.60	348.53
48	28	70	26.2	28.60	374.05
49	28	70	26.2	28.60	360.47
50	28	70	26.2	28.60	415.11
51	28	70	26.2	28.60	403.76
52	28	70	26.2	28.60	393.57
53	28	70	26.2	28.60	382.23
54	28	70	26.2	28.60	383.67
55	28	70	26.2	28.60	394.24
56	28	70	26.2	28.60	391.05
57	28	70	26.2	28.60	277.85
58	28	75	25.0	28.20	437.95
59	28	75	25.0	28.20	382.25
60	28	75	25.0	28.20	412.50

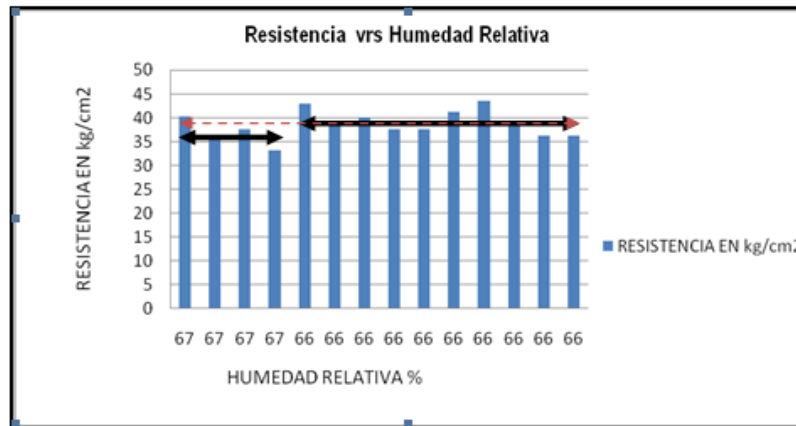
- Tabla 5.26 Condiciones ambientales y resistencia a compresión obtenidas, para especímenes ensayados a 28 días, para la zona central, punto de análisis San Salvador.

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA LA ZONA CENTRAL (SAN SALVADOR).

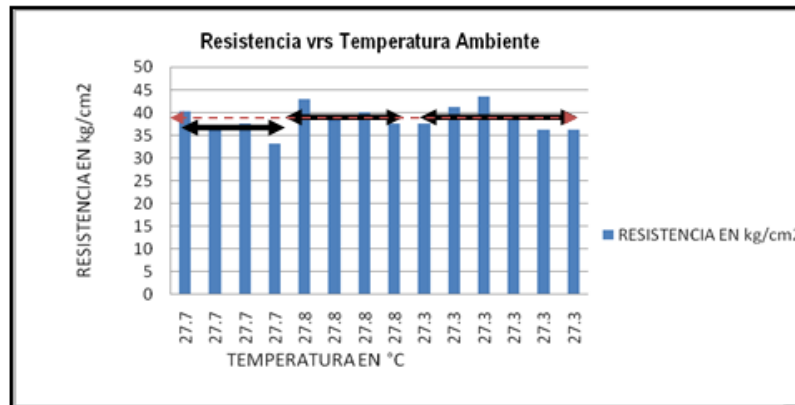
(ANALISIS POR RESISTENCIA A FLEXION A 28 DIAS)

Numero de Viga	Edad en Días	Humedad Relativa en %	Temperatura ambiente °C	Temperatura del concreto °C	Resistencia en kg/cm2
17	28	67	27.70	27.30	40.22
18	28	67	27.70	27.30	36.25
19	28	67	27.70	27.30	37.46
20	28	67	27.70	27.30	33.23
21	28	66	27.80	28.10	42.95
22	28	66	27.80	28.10	38.52
23	28	66	27.80	28.10	39.96
24	28	66	27.80	28.10	37.46
25	28	66	27.30	28.25	37.46
26	28	66	27.30	28.25	41.21
27	28	66	27.30	28.25	43.5
28	28	66	27.30	28.20	38.67
29	28	66	27.30	28.20	36.25
30	28	66	27.30	28.20	36.25

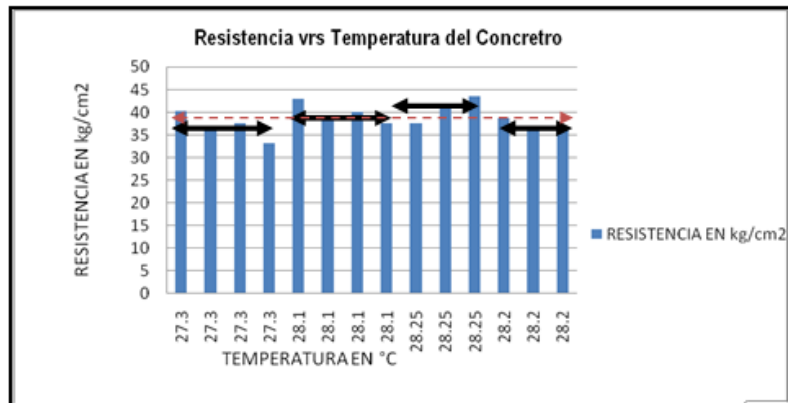
- Tabla 5.27 Condiciones ambientales y resistencia a flexión obtenidas, para especímenes ensayados a 28 días, para la zona central, punto de análisis San Salva



- Grafico 5.11 Muestra el comportamiento de la resistencia a flexión en la zona central para el punto de San Salvador, ante el efecto de la humedad relativa medida durante la elaboración de concreto. El máximo valor de resistencia a flexión se observa en un punto donde el porcentaje de la humedad relativa es baja. La flecha punteada indica el valor promedio de resistencia obtenida, y la flecha continua indica el valor promedio de resistencia para un mismo valor de humedad relativa.



- Grafico 5.12 La temperatura ambiente permaneció con poca variabilidad, en San Salvador durante la elaboración de los especímenes y después de las primeras horas de realizadas las mezclas. Los valores encontrados de resistencia a flexión permanecen con poca variación.



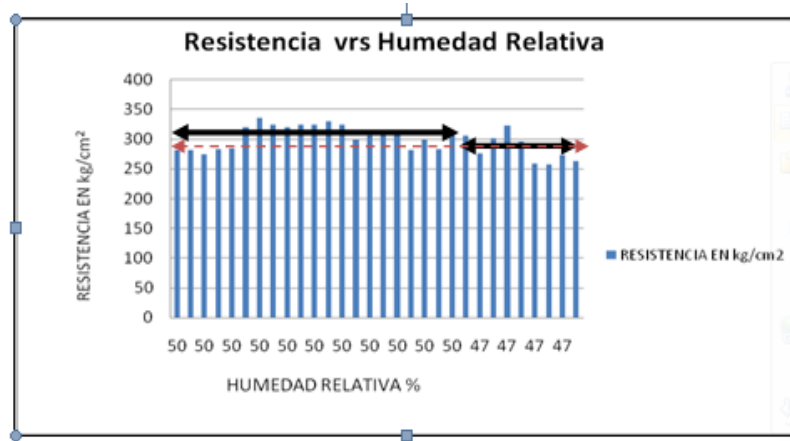
- Grafico 5.13 Condiciones de la temperatura del concreto, encontradas en el punto de San Salvador, se puede observar a mantener una tendencia de uniformidad en la resistencia a la flexión. La flecha punteada indica el valor promedio de resistencia obtenida, y la flecha continua indica el valor promedio de resistencia para un mismo valor de temperatura del concreto.

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA LA ZONA ORIENTAL (SAN MIGUEL).

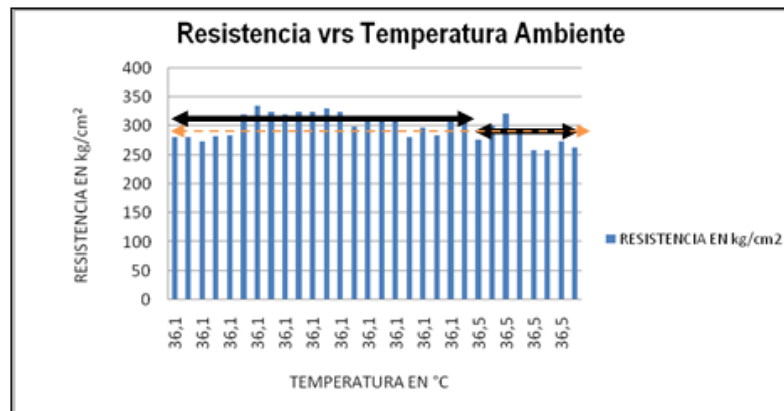
(ANALISIS POR RESISTENCIA A COMPRESION A 28 DIAS)

Cilindro N°	Edad en Días	Humedad Relativa en %	Temperatura ambiente °C	Temperatura del concreto °C	Resistencia en kg/cm2
71	28	50	36.10	30.85	281.94
72	28	50	36.10	30.85	281.94
73	28	50	36.10	30.85	274.18
74	28	50	36.10	30.85	282.66
75	28	50	36.10	30.85	284.58
76	28	50	36.10	30.85	319.84
77	28	50	36.10	30.85	335.29
78	28	50	36.10	30.85	325.10
79	28	50	36.10	30.85	320.81
80	28	50	36.10	30.85	324.25
81	28	50	36.10	30.85	324.25
82	28	50	36.10	30.85	330.86
83	28	50	36.10	30.85	325.00
84	28	50	36.10	30.85	298.75
85	28	50	36.10	30.85	308.01
86	28	50	36.10	30.85	309.08
87	28	50	36.10	30.85	310.09
88	28	50	36.10	30.85	281.94
89	28	50	36.10	30.85	298.36
90	28	50	36.10	30.85	283.84
91	28	50	36.10	30.85	312.09
92	28	47	36.50	30.65	306.14
93	28	47	36.50	30.65	276.43
94	28	47	36.50	30.65	301.39
95	28	47	36.50	30.65	322.55
96	28	47	36.50	30.65	295.96
97	28	47	36.50	30.65	258.38
98	28	47	36.50	30.65	258.04
99	28	47	36.50	30.65	273.90
100	28	47	36.50	30.65	263.53

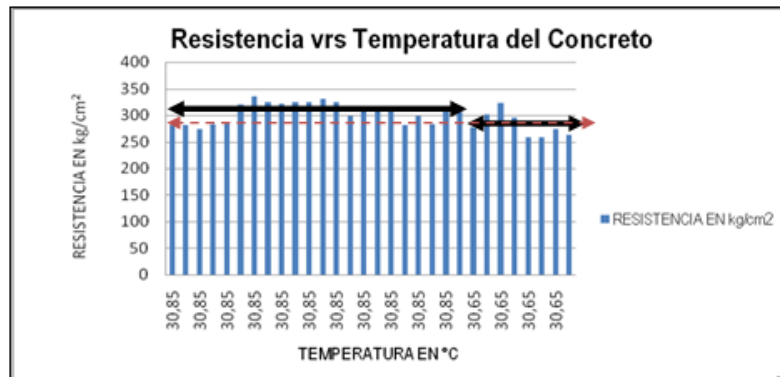
- Tabla 5.28 Condiciones ambientales y resistencia a compresión obtenidas, para especímenes ensayados a 28 días, representando a la zona oriental del país, punto de San Miguel.



- Grafico 5.14. Las condiciones ambientales para la zona occidental fueron desfavorables, en el caso de la humedad relativa, su valor decayó del 50% en algunas horas, disminuyendo de igual manera su resistencia a la compresión. La flecha punteada indica el valor promedio de resistencia obtenida, y la flecha continua indica el valor promedio de resistencia para un mismo valor de humedad relativa.



- Grafico 5.15 Los valores de temperatura ambiente tomados, en El Delirio San miguel, resultaron ser altos, la resistencia del concreto a compresión registro, mucha uniformidad al igual que los valores de temperatura tomados durante el desarrollo de la prueba. La flecha punteada indica el valor promedio de resistencia obtenida, y la flecha continua indica el valor promedio de resistencia para un mismo valor de temperatura ambiente.



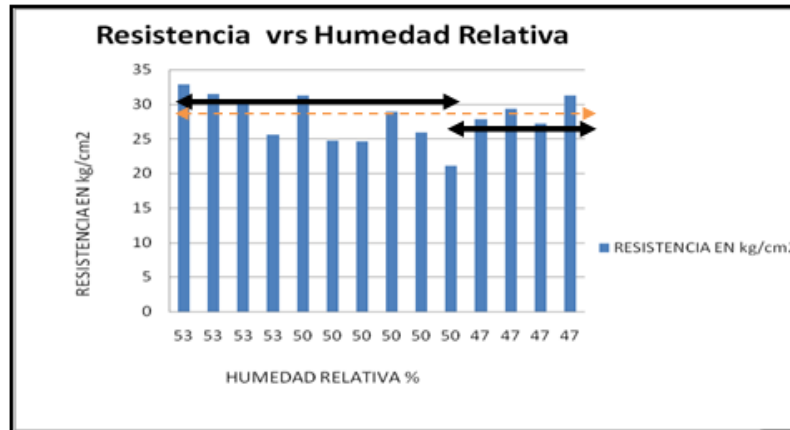
- Grafico 5.16 En San Miguel, la temperatura del concreto no sobre paso los 32 °C, sin embargo las resistencias a compresión reaccionaron mas ante las condiciones ambientales de la zona, que a la razón de cambio de temperatura interna del concreto mismo, la resistencia mecánica se mostro estable pero manteniendo una baja respecto al mezcla de diseño empleado. La flecha punteada indica el valor promedio de resistencia obtenida, y la flecha continua indica el valor promedio de resistencia para un mismo valor de temperatura del concreto.

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA LA ZONA ORIENTAL (SAN MIGUEL).

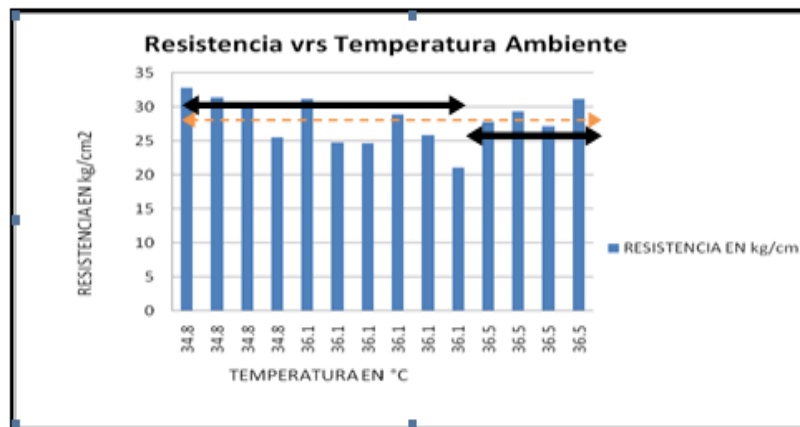
(ANALISIS POR RESISTENCIA A FLEXION A 28 DIAS)

Numero de Viga	Edad en Días	Humedad Relativa en %	Temperatura ambiente °C	Temperatura del concreto °C	Resistencia en kg/cm2
37	28	50	36.1	29.85	32.81
38	28	50	36.1	29.85	31.42
39	28	50	36.1	29.85	30.21
40	28	50	36.1	30.25	25.54
41	28	50	36.1	30.25	31.22
42	28	47	36.5	30.65	24.77
43	28	47	36.5	30.65	24.64
44	28	47	36.5	30.65	28.90
45	28	47	36.5	30.65	25.87
46	28	47	36.5	30.65	21.08
47	28	47	36.5	30.65	27.79
48	28	47	36.5	30.65	29.33
49	28	47	36.5	30.65	27.19
50	28	47	36.5	30.65	31.22

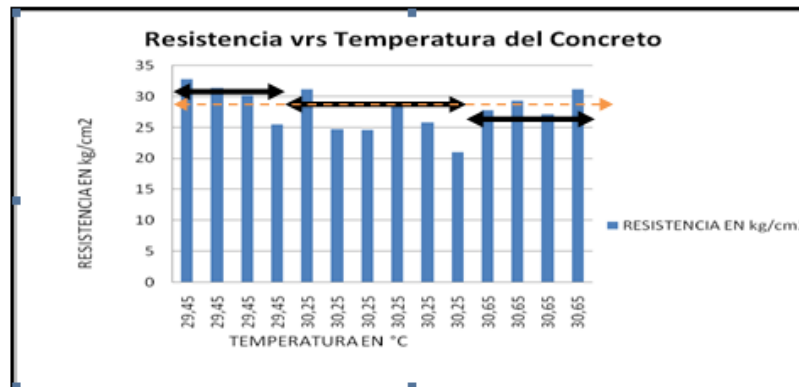
- Tabla 5.29 Condiciones ambientales y resistencia obtenidas a esfuerzo flexionante, para especímenes ensayados a 28 días, representando a la zona oriental del país, municipio de San Miguel.



- Grafico 5.17. Las condiciones ambientales para la zona occidental fueron desfavorables, en el caso de la humedad relativa, su valor decayó del 50% en algunas horas, sin embargo los valores mínimos de resistencia a flexión obtenidos, ocurren cuando la humedad relativa es igual al 50%, no cuando el valor cae en su mínimo valor que fue del 47%. La flecha punteada indica el valor promedio de resistencia obtenida, y la flecha continua indica el valor promedio de resistencia para un mismo valor de humedad relativa.



- Grafico 5.18 Se muestra los resultados de la resistencia al esfuerzo a flexión, obtenidos para la zona oriental, punto elaborado en el cantón El Delirio, San Miguel, se pueden observar incrementos de resistencia tanto como para el valor máximo de temperatura como para su valor mínimo encontrado. La flecha punteada indica el valor promedio de resistencia obtenida, y la flecha continua indica el valor promedio de resistencia para un mismo valor de temperatura ambiente.



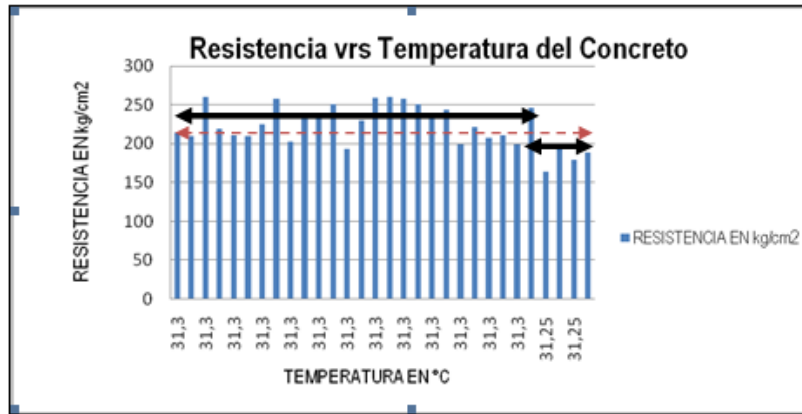
- Grafico 5.19 Resistencias a flexión obtenidas para la mezcla hecha en la zona oriental, los menores valores se encontraron cuando la temperatura obtuvo un valor de 30.25 °C, y no cuando alcanzo su valor máximo de 30.65 °C, si bien la resistencia mecánica a la compresión se comporto de una manera mas constante, en flexión los resultados tuvieron mayor. La flecha punteada indica el valor promedio de resistencia obtenida, y la flecha continua indica el valor promedio de resistencia para un mismo valor de temperatura del concreto.

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA LA ZONA OCCIDENTAL (SAN TA ANA).

(ANALISIS POR RESISTENCIA A COMPRESION A 28 DIAS)

Cilindro N°	Edad en Días	Humedad Relativa en %	Temperatura ambiente °C	Temperatura del concreto °C	Resistencia en kg/cm2
111	28	53	30.8	31.30	214.87
112	28	53	30.8	31.30	209.41
113	28	53	30.8	31.30	260.05
114	28	53	30.8	31.30	219.61
115	28	53	30.8	31.30	211.08
116	28	53	30.8	31.30	209.97
117	28	53	30.8	31.30	225.18
118	28	53	30.8	31.30	257.43
119	28	53	30.8	31.30	202.97
120	28	53	30.8	31.30	233.22
121	28	53	30.8	31.30	237.66
122	28	53	30.8	31.30	250.74
123	28	53	30.8	31.30	193.43
124	28	53	30.8	31.30	229.2
125	28	53	30.8	31.30	258.68
126	28	53	30.8	31.30	260.11
127	28	53	30.8	31.30	257.3
128	28	53	30.8	31.30	251.24
129	28	53	30.8	31.30	236.42
130	28	53	30.8	31.30	243.4
131	28	53	30.8	31.30	199.72
132	28	53	30.8	31.30	221.54
133	28	53	30.8	31.30	207.76
134	28	53	30.8	31.30	210.52
135	28	53	30.8	31.30	199.72
136	28	59	29.5	31.25	246.43
137	28	59	29.5	31.25	163.89
138	28	59	29.5	31.25	194.22
139	28	59	29.5	31.25	179.60
140	28	59	29.5	31.25	189.24

- Tabla 5.30 Condiciones ambientales y resistencia a compresión obtenidas, para especímenes ensayados a 28 días, en la zona occidental del país, municipio de Santa Ana.



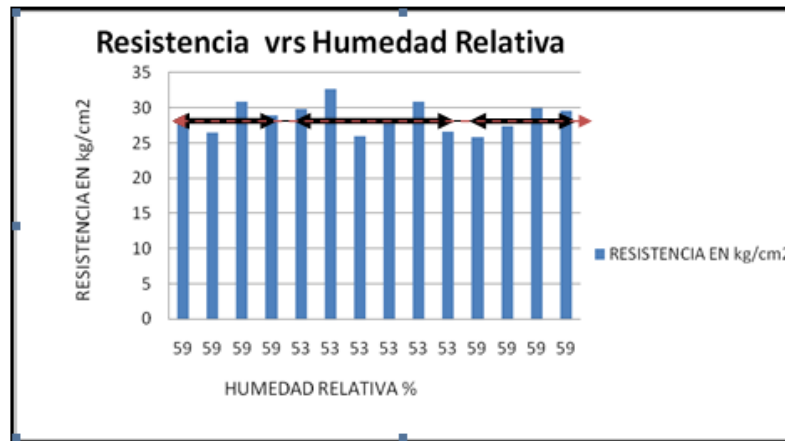
- Grafico 5.22 La temperatura del concreto obtenida para Santa Ana, se mantiene constante durante el desarrollo de la prueba y esta muy cercano al límite propuesto de 32 °C por las guías como temperatura máxima para colocación de concreto. La grafica muestra resultados de la resistencia a compresión, con poca variabilidad, y al observar el momento en que se produce una disminución de 1 °C, la resistencia tiende a disminuir. La flecha punteada indica el valor promedio de resistencia obtenida, y la flecha continua indica el valor promedio de resistencia para un mismo valor de temperatura del concreto.

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PARA LA ZONA OCCIDENTAL (SAN TA ANA).

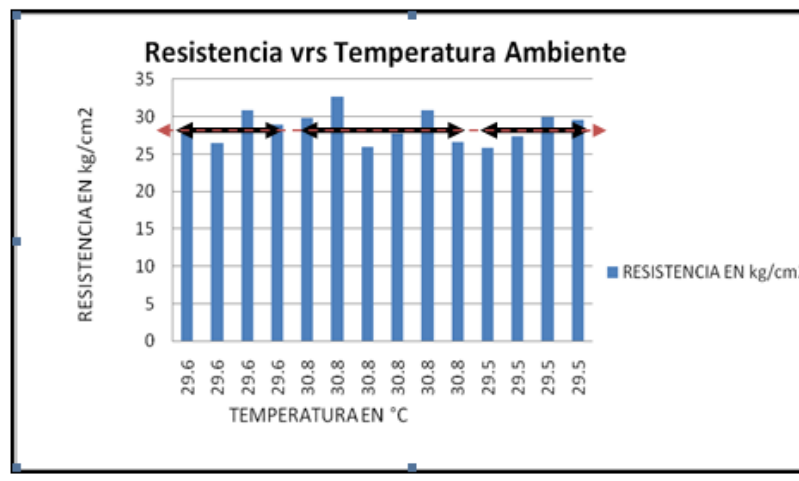
(ANALISIS POR RESISTENCIA A FLEXION A 28 DIAS)

Numero de Viga	Edad en Días	Humedad Relativa en %	Temperatura ambiente °C	Temperatura del concreto °C	Resistencia en kg/cm2
57	28	59	29.6	31.7	27.72
58	28	59	29.6	31.7	26.49
59	28	59	29.6	31.7	30.81
60	28	59	29.6	31.7	28.95
61	28	53	30.8	31.3	29.8
62	28	53	30.8	31.3	32.65
63	28	53	30.8	31.3	25.98
64	28	53	30.8	31.3	27.79
65	28	53	30.8	31.3	30.81
66	28	53	30.8	31.3	26.59
67	28	59	29.5	31.05	25.88
68	28	59	29.5	31.05	27.37
69	28	59	29.5	31.05	29.99
70	28	59	29.5	31.05	29.61

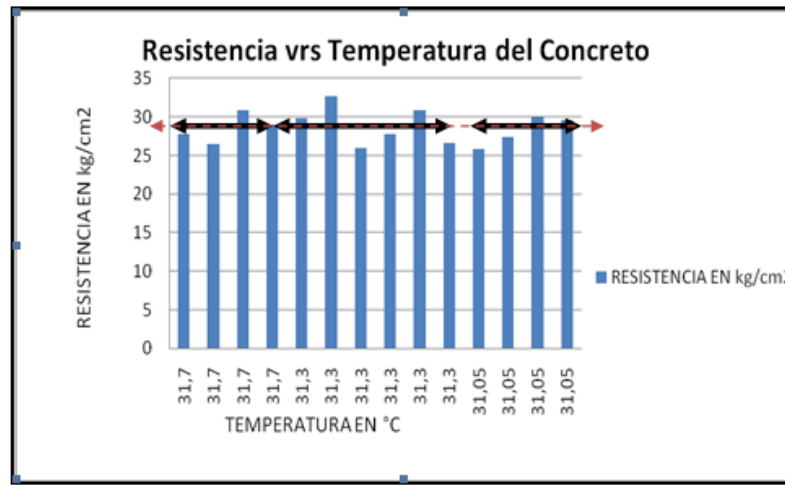
- Tabla 5.31 Condiciones ambientales y resistencia a flexión obtenidas, para especímenes ensayados a 28 días, en la zona occidental del país, municipio de Santa Ana.



- Grafico 5.23 La grafica muestra, las mediciones de humedad relativa para la zona occidental durante la toma de muestras, contra la respectiva resistencia a flexión de cada espécimen. La tendencia observada es que mientras la humedad relativa baja, se obtienen mejores resistencias que para humedades relativas altas, caso muy similar al comportamiento a compresión. La flecha punteada indica el valor promedio de resistencia obtenida, y la flecha continua indica el valor promedio de resistencia para un mismo valor de humedad relativa.



- Grafico 5.24 Las resistencias a flexión obtenidas para la zona occidental, no reaccionan ante los efectos de la temperatura ambiente; según el grafico durante la elaboración de las muestras el concreto fresco en temperaturas bajas (29.5 °C), no obtuvo las mejores resistencias a flexión. Al revisar el momento en que la temperatura aumento un poco más de un grado centígrado, la resistencia alcanzo sus valores máximos de resistencia, para esta zona de análisis.



- Grafico 5.25 La grafica muestra para el caso de la resistencia a flexión, un comportamiento mas estable y uniforme, la toma de la variable de temperatura del concreto, durante el muestro no supero a 1 °C, de diferencia, por lo que la resistencia se mantuvo constante bajo este parámetro. La flecha punteada indica el valor promedio de resistencia obtenida, y la flecha continua indica el valor promedio de resistencia para un mismo valor de temperatura del concreto.

Al analizar todas las graficas el comportamiento del concreto es aceptable y no presenta variación en su comportamiento fisico de resistencia a compresión y flexión, que pueda adjudicarse a las influencias de las condiciones ambientales de las zonas estudiadas.

**CUADRO RESUMEN DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO SOMETIDO A ESFUERZOS
DE COMPRESION Y FLEXION EN LOS PUNTOS DE ANALISIS.**

PUNTO DE ANALISIS	CONDICIONES AMBIENTALES OCTUBRE 2008				CONDICIONES DE CONCRETO		
	Edad de prueba (días)	Temperatura ambiente promedio (°C)	Humedad relativa promedio (%)	Velocidad de viento promedio (km/h)	Temperatura del concreto promedio (°C)	F'c promedio (kg/cm ²)	MR promedio (kg/cm ²)
MEZCLA DE DISEÑO (UES SAN SALVADOR)	7	27.91	68.86	12.00	30.67	229.00	
	28	27.91	68.86	12.00	30.67	311.00	31.20
SAN SALVADOR (UES SAN SALVADOR)	7	27.00	67.80	12.00	28.26	279.40	36.48
	28	27.00	67.80	12.00	28.26	369.90	38.53
SAN MIGUEL (EL DELIRIO SAN MIGUEL)	7	34.85	55.00	1.00	29.91	217.40	28.00
	28	34.85	55.00	1.00	29.91	298.10	28.32
SANTA ANA (UES SANTA ANA)	7	29.47	57.36	15.00	30.98	202.70	28.60
	28	29.47	57.36	15.00	30.98	223.70	29.17

- Tabla 5.32 Resumen de mediciones de variables ambientales y resultado de ensayos de esfuerzo a compresión, a edades de 7 y 28 días, en las zonas de estudio.

5.4.1 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

En la graficas sigueintes, se muestra el comportamiento mecanico de las resistencias a compresión y flexión, elaboradas en las tres zonas de analisis, afectado bajo las variables ambientales, y que se ensayaron a edades de 7 y 28 días. Al hacer el analisis de la resistencias del concreto endurecido con respecto al tiempo, se observa que la resistencia de la mezcla de diseño, solo es superada por la mezcla hecha en el mismo punto, representando a la zona central, mientras que las otras mezclas; se mantienen por debajo de ella; Sin embargo todas las mezclas de las tres zonas alcanzan la resistencia esperada.

CUADRO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION.

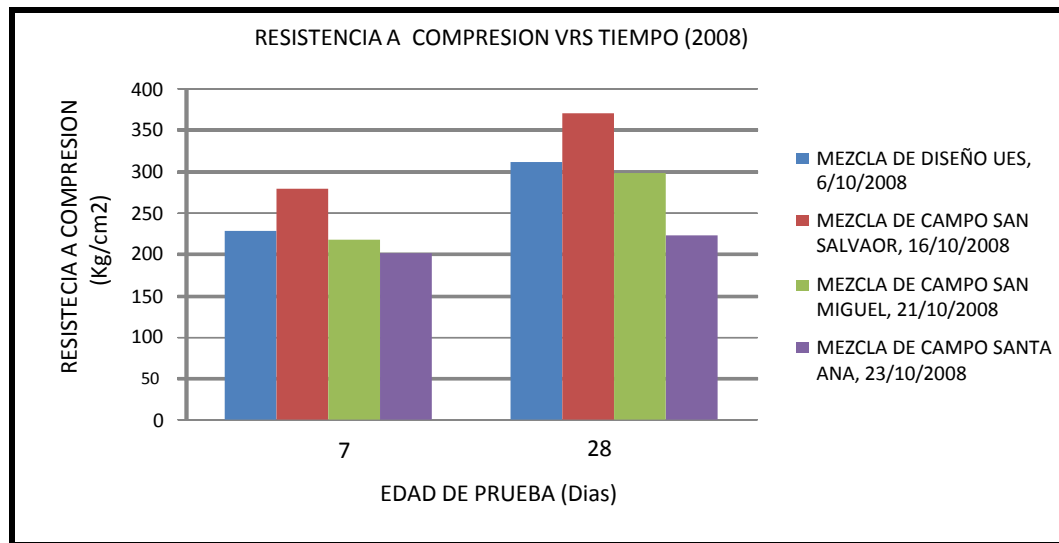
San Salvador Mezcla de Diseño 06/10/08		Zona Central San Salvador 16/10/08		Zona Oriental San Miguel 21/10/08		Zona Occidental Santa Ana 23/10/08	
Edad de prueba (día)	Resistencia promedio (kg/cm ²)	Edad de prueba (día)	Resistencia promedio (kg/cm ²)	Edad de prueba (día)	Resistencia promedio (kg/cm ²)	Edad de prueba (día)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	0	0
7	229.0	7	279.4	7	217.4	7	202.7
28	311.0	28	369.9	28	298.1	28	223.7

-Tabla 5.33 Resultados promedios de ensayos de esfuerzo a compresión, elaboradas durante el mes de octubre de 2008, en las tres zonas de estudio.

Los valores de resistencia a compresión, para la mezcla hecha en las diferentes zonas de estudio presentan, que el punto mas favorable fue la mezcla elaborada en San Salvador, le sigue San Miguel y Santa Ana respectivamente. Para los puntos de la zona oriental y occidental, el valor de la resistencia a compresión es aceptable, pero mantienen una tendencia a la baja, en ese mismo orden, comparándolos con la mezcla de diseño. Al realizar la comparación de la resistencia a compresión de las tres zonas, mas la mezcla de diseño; el punto mas sobresaliente, fue el que representa la zona central, San Salvador, ya que sus resistencias de compresión y flexión, son superiores.

Los resultados mas menores de resistencia a compresión; le corresponde a los obtenidos en el departamento de Santa Ana, el cual al revisar las condiciones ambientales que imperaron en este lugar, podemos observar que se encontraron cercanas a sus valores críticos y se dieron en forma simultanea, siendo las de mayor efecto la humedad relativa, que tuvo tendencia a disminuir

y cuyo parámetro es crítico cuando se acerca o baja del 50%; por otro lado la velocidad de viento se considera normal cuando no excede el orden de 15 km/h., estando Santa Ana en este orden.



- Grafico N° 5.26 Promedios de ensayos de esfuerzo a compresión, para las zonas de estudio

5.4.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN.

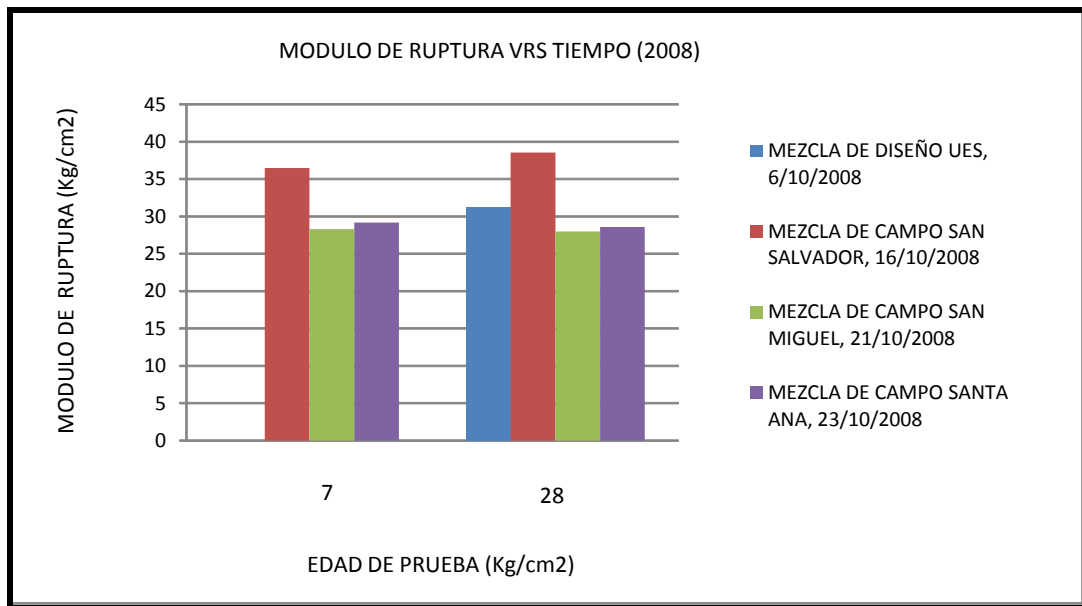
CUADRO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A FLEXION.

Relación A/C 0.6	San Salvador Mezcla de Diseño 06/10/08	Zona Central San Salvador 16/10/08	Zona Oriental San Miguel 21/10/08	Zona Occidental Santa Ana 23/10/08
MR promedios Obtenidos a edad de 7 días (Kg/cm ²)		36.48	28.32	29.17
MR promedios Obtenidos a edad de 28 días (Kg/cm ²)	31.20	38.53	28.00	28.60

- Tabla 5.34 Resultado de ensayos de esfuerzo a flexión, a edades de 7 y 28 días, elaboradas durante el mes de octubre de 2008 en las zonas de estudio.

Como se observa en la grafica 5.27, el esfuerzo de flexión ensayado a los 28 días el punto de mayor esfuerzo flexionante se encuentra en la zona central, superando los valores, encontrados para San Miguel y Santa Ana.

Al revisar los resultados a la flexión para las zonas oriental y occidental, el primero presenta una disminución leve respecto al segundo para este esfuerzo; caso contrario a lo encontrado en la resistencia a la compresión; dicha diferencia pudiera ser comprensible al revisar que en tales casos lo resultados están muy próximos uno del otro, y pudiera advertirse un leve cambio de las condiciones ambientales en estos puntos al momento de los ensayos. También se pudiera decir que la variación de ambos puntos es tan pequeña, que su diferencia se vuelve no significativa; sin embargo; este efecto no es tan evidente en la zona central ya que se obtuvo un alto valor de resistencia mecánica, tanto para flexión como para compresión.



- Grafico 5.27 Comportamiento del esfuerzo a flexión en el concreto endurecido, para los puntos de análisis.

**CUADRO RESUMEN DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A FLEXION EN LOS
PUNTOS DE ANALISIS.**

PUNTO DE ANALISIS	CONDICIONES AMBIENTALES OCTUBRE 2008				CONDICIONES DE CONCRETO	
	Edad de prueba (días)	Temperatura ambiente promedio (°C)	Humedad relativa promedio (%)	Velocidad de viento promedio (km/h)	Temperatura del concreto promedio (°C)	Modulo de Ruptura (MR) promedio (kg/cm ²)
MEZCLA DE DISEÑO (UES SAN SALVADOR)	7	27.91	68.86	12.00	30.67	-
	28	27.91	68.86	12.00	30.67	31.20
SAN SALVADOR (UES SAN SALVADOR)	7	27.00	67.80	12.00	28.26	36.48
	28	27.00	67.80	12.00	28.26	38.53
SAN MIGUEL (EL DELIRIO SAN MIGUEL)	7	34.85	55.00	1.00	29.91	28.32
	28	34.85	55.00	1.00	29.91	28.00
SANTA ANA (UES SANTA ANA)	7	29.47	57.36	15.00	30.98	29.17
	28	29.47	57.36	15.00	30.98	28.60

- Tabla 5.35 Resumen de mediciones de variables ambientales y resultado de ensayos de esfuerzo a flexión, a edades de 7 y 28 días, en las zonas de estudio.

Para poder analizar, los resultados del comportamiento del esfuerzo flexionante; y es de notar que los resultados que mas cercanos se encuentran uno del otro, son los puntos de Santa Ana y San Miguel, siendo levemente mayor el primero; mientras que San Miguel obtenía un mayor esfuerzo a la compresión.

5.4.3 - ANALISIS ESTADISTICO.

La humedad relativa, la velocidad del viento y la temperatura del ambiente, podría tener un efecto considerable en los especímenes de concreto expuestos en los tres puntos de estudio, específicamente sobre la resistencia mecánica resultante, sin embargo para este estudio no se mantuvo un control de estos parámetros después de elaborado los especímenes, pues solo nos interesaba el efecto que las variables ambientales mencionadas, en el concreto en su estado fresco.

Sin embargo, se debe mencionar que un espécimen que se encuentre en un ambiente relativamente húmedo acusará de una menor resistencia a la compresión y una mayor resistencia a la flexión que la de especímenes, expuestos a ambientes más secos. Sin hacer regla lo anterior, lo podemos observar en los resultados obtenidos, para los puntos probados en la zona occidental y oriental de país.

Las variaciones que pueden surgir en el concreto, se pueden aducir, a varios factores y considerando que se mantuvieron medidas las condiciones ambientales de mayor efecto sobre el concreto, podríamos pensar que se presentaron otro tipo de causas, para las variaciones de resistencia que se han obtenido. Esta variabilidad debe tomarse en cuenta al especificar la resistencia del concreto; y la única forma racional de hacerlo es por métodos estadísticos.

Para realizar el control de calidad de cualquier material por métodos estadísticos, se requiere determinar la característica del material, que será revisada para evaluar si se encuentra en valores aceptables; para esta revisión será necesario obtener mediante pruebas aleatorias los valores que tiene dicha característica del material, en algún momento o lugar de colocación y al efectuar las pruebas se encontrara que los resultados que se obtienen con diferentes especímenes varían entre si, por lo que la característica bajo análisis que se convierte en una variable.

El nivel apropiado de resistencia requerida en el concreto, se mide generalmente por medio de pruebas de aceptación.

El análisis estadístico de los distintos valores que se obtienen de las pruebas, permiten determinar con cierto grado de confianza, si estos se encuentran dentro de rangos aceptables o si cumplen con una especificación, la que para nuestro caso nos guiaremos por las tablas 3.2 y 3.3 del ACI 214 - R-06 norma para el control del concreto, (Anexo A – 4 y A – 5).

ANALISIS ESTADISTICO DE ACEPTACION DEL CONCRETO.

MEZCLA DE DISEÑO SAN SALVADOR 6/10/2008			
MEDIA ARITMETICA (X)= 311.0 Kg/cm ²			
ESPECIMENES n	RESISTENCIA (Kg/cm ²) xi	RESISTENCIA - MEDIA (Xi - \bar{x})	(Xi - \bar{x}) ²
1	297.24	(13.76)	189.24
2	294.17	(16.83)	283.18
3	303.60	(7.40)	54.82
4	339.93	28.93	836.75
5	306.13	(4.87)	23.71
6	307.30	(3.70)	13.73
7	305.28	(5.72)	32.66
8	337.16	26.16	684.20
9	303.27	(7.73)	59.83
10	322.70	11.70	136.94
11	309.93	(1.07)	1.14
12	296.32	(14.68)	215.46
13	337.39	26.39	696.63
14	320.29	9.29	86.37
Σ			3,314.65
RESISTENCIA PROMEDIO = 311.0 Kg/cm ²			
DESVIACION ESTANDAR "S": 15.38 Kg/cm ²			
COEFICIENTE DE VARIACION "C.V" = 4.94%			

- Tabla 5.36 Tabla de resultados estadísticos para ensayos de esfuerzo a compresión, a edad de 28 días, para la mezcla de diseño, cuyos valores encontrados para la desviación estándar y coeficiente de variación, indican que es un concreto de resistencia aceptable.

Calculo de resultados de tabla 5.36

$X =$ Resistencia promedio = 311.0 Kg/cm²

$X_i =$ Resistencia de cada espécimen (Kg/cm²)

$$1. (X_i - X) = | 297.24 - 311.0 | = 13.76 \text{ Kg/cm}^2$$

$$(X_i - X)^2 = | 297.24 - 311.0 |^2 = 189.24 \text{ Kg/cm}^2$$

Calculo de Desviación Estándar "S": 15.38 Kg/cm²

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n=14} (X_i - X)^2}{N} = \frac{3314.65}{14} = 15.38 \text{ Kg/cm}^2$$

Calculo de Coeficiente de Variación Muestra "C.V" = 4.94%

$$CV = ((S) / (X)) * 100 = 15.38/311 = 0.049 * 100 = 4.94\%$$

De acuerdo a las tablas 3.2 y 3.3 del ACI 214 R-06 (Anexo A – 4 y A – 5), norma para el control del concreto, se puede asegurar lo siguiente:

La mezcla de diseño; hecha en condiciones de laboratorio, se mantiene dentro del rango de desviación estándar que varia según el ACI 214 - R-06, en $15 < S < 17$, por lo que el concreto se considera muy bueno.

Respecto al coeficiente de variación de acuerdo a la misma tabla, podemos decir lo siguiente; si varia entre $4 < C.V < 5$, el concreto es aceptable.

PUNTO DE ANALISIS SAN SALVADOR, 16/10/2008			
MEDIA ARITMETICA (X)= 369.90 Kg/cm ²			
ESPECIMENES n	RESISTENCIA (Kg/cm ²) xi	RESISTENCIA - MEDIA (Xi - \bar{X})	(Xi - \bar{X}) ²
1	277.57	(92.33)	8,525.53
2	422.15	52.25	2,730.03
3	360.47	(9.43)	88.96
4	353.52	(16.38)	268.15
5	399.04	29.14	849.41
6	393.12	23.22	539.33
7	271.91	(97.99)	9,602.55
8	393.26	23.36	545.61
9	351.41	(18.49)	341.73
10	411.11	41.21	1,698.56
11	270.31	(99.59)	9,918.19
12	283.51	(86.39)	7,463.58
13	373.60	3.70	13.67
14	418.02	48.12	2,315.41
15	338.68	(31.22)	974.58
16	368.73	(1.17)	1.37
17	348.53	(21.37)	456.76
18	374.05	4.15	17.22
19	360.47	(9.43)	88.96
20	415.11	45.21	2,043.85
21	403.76	33.86	1,146.39
22	393.57	23.67	560.39
23	382.23	12.33	152.14
24	383.67	13.77	189.60
25	394.24	24.34	592.45
26	391.05	21.15	447.48
27	277.85	(92.05)	8,473.36
28	437.95	68.05	4,631.03
29	382.25	12.35	152.64
30	412.50	42.60	1,814.79
Σ			66,643.67
RESISTENCIA PROMEDIO = 369.9 Kg/cm ²			
DESVIACION ESTANDAR "S": 47.13 Kg/cm ²			
COEFICIENTE DE VARIACION "C.V" = 12.74%			

- Tabla 5.37 Tabla de resultados estadísticos para ensayos de esfuerzo a compresión, a edad de 28 días, para el punto de la zona central, cuyo valor de desviación estándar indica que es un concreto aceptable; pero que su coeficiente de variación, indica también que es un concreto pobre ya que sobre pasa la relación de $6 < C.V.$

Calculo de resultados de tabla 5.37:

X= Resistencia promedio = 369.9 Kg/cm²

X_i=Resistencia de cada espécimen (Kg/cm²)

$$1. (X_i - X) = | 277.57 - 369.9 | = 92.33 \text{ Kg/cm}^2$$

$$(X_i - X)^2 = | 277.57 - 369.9 |^2 = 8,525.53 \text{ Kg/cm}^2$$

Calculo de Desviación Estándar "S": 47.13 Kg/cm²

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n=30} (X_i - X)^2}{N} = \frac{66,643.67}{30} = 47.13 \text{ Kg/cm}^2$$

Calculo de Coeficiente de Variación Muestral "C.V" = 12.74%

$$CV = ((S) / (X)) * 100 = 47.13/369.9 = 0.1274 * 100 = 12.74\%$$

Haciendo el análisis del punto en San Salvador; la desviación estándar se encuentra en el rango de 40 < S < 50, por lo que el concreto se considera aceptable.

Respecto al coeficiente de variación de acuerdo a la misma tabla, si, se encuentra en la siguiente relación 6 < C.V, el concreto se considera pobre, cae fuera del rango.

PUNTO DE ANALISIS SAN MIGUEL, 21/10/2008			
MEDIA ARITMETICA (X)= 298.1Kg/cm ²			
ESPECIMENES n	RESISTENCIA (Kg/cm ²) xi	RESISTENCIA - MEDIA (Xi - \bar{x})	(Xi - \bar{x}) ²
1	281.94	(16.16)	261.04
2	281.94	(16.16)	261.04
3	274.18	(23.92)	572.11
4	282.66	(15.44)	238.42
5	284.58	(13.52)	182.70
6	319.84	21.74	472.53
7	335.29	37.19	1,382.83
8	325.10	27.00	729.03
9	320.81	22.71	515.69
10	324.25	26.15	683.91
11	324.25	26.15	683.91
12	330.86	32.76	1,073.23
13	325.00	26.90	723.44
14	298.75	0.65	0.42
15	308.01	9.91	98.22
16	309.08	10.98	120.61
17	310.09	11.99	143.69
18	281.94	(16.16)	261.04
19	298.36	0.26	0.07
20	283.84	(14.26)	203.30
21	312.09	13.99	195.58
22	306.14	8.04	64.70
23	276.43	(21.67)	469.40
24	301.39	3.29	10.82
25	322.55	24.45	598.00
26	295.96	(2.14)	4.58
27	258.38	(39.72)	1,577.46
28	258.04	(40.06)	1,604.55
29	273.90	(24.20)	585.54
30	263.53	(34.57)	1,194.93
29	273.90	(24.20)	585.54
30	263.53	(34.57)	1,194.93
Σ			16,693.27
RESISTENCIA PROMEDIO = 298.1 Kg/cm ²			
DESVIACION ESTANDAR "S": 23.58 Kg/cm ²			
COEFICIENTE DE VARIACION "C.V" = 7.91%			

- Tabla 5.38 Tabla de resultados estadísticos para ensayos de esfuerzo a compresión, a edad de 28 días, para el punto de la zona oriental, cuyo valor de desviación estándar indica que es un concreto de excelente calidad; pero que su coeficiente de variación, indica también que es un concreto pobre ya que sobre pasa la relación de $6 < C.V.$

Calculo de resultados de tabla 5.38:

X= Resistencia promedio = 298.1 Kg/cm²

Xi=Resistencia de cada espécimen (Kg/cm²)

$$1. (X_i - X) = | 281.94 - 298.1 | = 16.16 \text{ Kg/cm}^2$$

$$(X_i - X)^2 = | 281.94 - 298.1 |^2 = 261.04 \text{ Kg/cm}^2$$

Calculo de Desviación Estándar "S": 23.58 Kg/cm²

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n=30} (X_i - X)^2}{N} = \frac{16,693.27}{30} = 23.58 \text{ Kg/cm}^2$$

Calculo de Coeficiente de Variación Muestral "C.V" = 7.91%

$$CV = ((S) / (X)) * 100 = 23.58 / 298.1 = 0.1274 * 100 = 7.91\%$$

Para el punto de análisis en San Miguel; la desviación estándar cumple $S < 25$, por lo que el concreto se considera excelente. Respecto al coeficiente de variación de acuerdo a la misma tabla, podemos decir lo siguiente, si es entre $6 < C.V$, el concreto se considera pobre.

PUNTO DE ANALISIS SANTA ANA, 23/10/2008			
MEDIA ARITMETICA (X) =223.7 Kg/cm ²			
ESPECIMENES n	RESISTENCIA (Kg/cm ²) xi	RESISTENCIA - MEDIA (Xi - \bar{X})	(Xi - \bar{X}) ²
1	214.87	(8.83)	77.97
2	209.41	(14.29)	204.08
3	260.05	36.35	1,321.57
4	219.61	(4.09)	16.73
5	211.08	(12.62)	159.25
6	209.97	(13.73)	188.64
7	225.18	1.48	2.18
8	257.43	33.73	1,137.63
9	202.97	(20.73)	429.87
10	233.22	9.52	90.66
11	237.66	13.96	194.91
12	250.74	27.04	731.30
13	193.43	(30.27)	916.10
14	229.20	5.50	30.23
15	258.68	34.98	1,223.73
16	260.11	36.41	1,326.03
17	257.30	33.60	1,129.24
18	251.24	27.54	758.57
19	236.42	12.72	161.74
20	243.40	19.70	388.08
21	199.72	(23.98)	574.86
22	221.54	(2.16)	4.67
23	207.76	(15.94)	254.05
24	210.52	(13.18)	173.66
25	199.72	(23.98)	575.27
26	246.43	22.73	516.56
27	163.89	(59.81)	3,576.72
28	194.22	(29.48)	869.29
29	179.60	(44.10)	1,944.77
30	189.24	(34.46)	1,187.18
30	189.24	(34.46)	1,187.18
Σ			21,352.74
DESVIACION ESTANDAR "S": 26.67 Kg/cm ²			
DESVIACION ESTANDAR "S": 26.67 Kg/cm ²			
COEFICIENTE DE VARIACION "C.V" = 11.92%			

- Tabla 5.39 Tabla de resultados estadísticos para ensayos de esfuerzo a compresión, a edad de 28 días, para el punto de la zona occidental, en el departamento de Santa Ana.

Calculo de resultados de tabla 5.39:

X= Resistencia promedio = 223.7 Kg/cm²

Xi=Resistencia de cada espécimen (Kg/cm²)

$$1. (X_i - X) = | 214.87 - 223.7 | = 8.83 \text{ Kg/cm}^2$$

$$(X_i - X)^2 = | 214.87 - 223.7 |^2 = 77.97 \text{ Kg/cm}^2$$

Calculo de Desviación Estándar "S": 26.67 Kg/cm²

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n=30} (X_i - X)^2}{N} = \frac{21,352.74}{30} = 26.67 \text{ Kg/cm}^2$$

Calculo de Coeficiente de Variación Muestral "C.V" = 11.92%

$$CV = ((S) / (X)) * 100 = 26.67 / 223.7 = 0.1274 * 100 = 11.92\%$$

Revisando el punto de análisis Santa Ana; la desviación estándar, varia en el rango de 25<S<35, por lo que el concreto, en la zona occidental se considera muy bueno.

Respecto al coeficiente de variación de acuerdo a la misma tabla, podemos decir lo siguiente, si es entre 6<C.V, el concreto se considera pobre.

5.4.4 CUANTIFICACIÓN DE LA VELOCIDAD DE EVAPORACIÓN DE AGUA TEÓRICA MÁXIMA PARA LAS ZONAS DE ANÁLISIS.

El agrietamiento por contracción plástica es rara vez problema de climas húmedos, donde la humedad relativa es ocasionalmente menor a 80%. Para nuestras zonas de estudio se ha encontrado una variabilidad de la humedad relativa de acuerdo, a las zonas, horas y tipo de clima encontrado, lo que nos da situaciones en que encontramos humedades relativas inferiores al 80%, dándose este fenómeno en forma mas extrema para la zonas oriental y occidental; mientras que en la zona central, el valor de la humedad relativa fue cercano a un 60%, lo que presento ser un valor mucho mas aceptable.

El ACI 305 - R-91 proporciona un método grafico para calcular la perdida de humedad superficial para varias condiciones ambientales y nos permite calcular en base a los factores que contribuyen en mayor medida al agrietamiento plástico, por medio de la velocidad de evaporación del agua de mezclado.

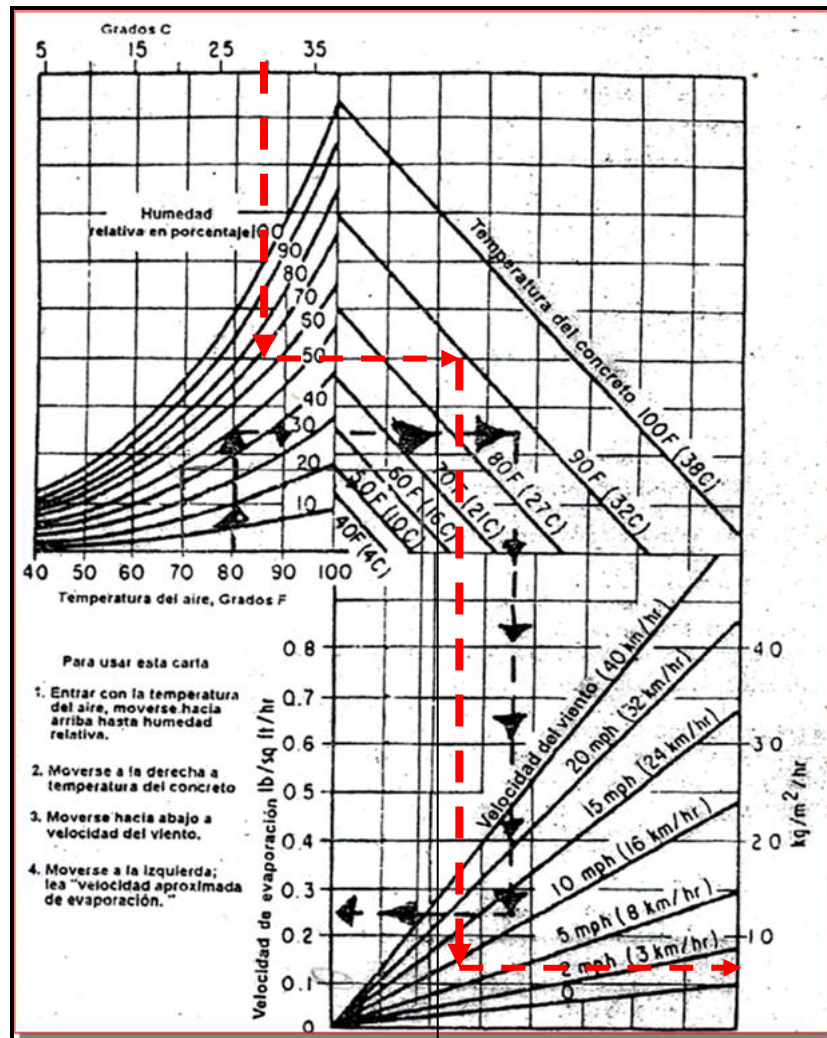
Cuando la velocidad de evaporación se acerca a 1.0 Kg/m²/h, se deben tomar precauciones. Aun es posible que se presenten agrietamientos si la tasa de evaporación excede 0.5 Kg/m²/h.

OBTENCION GRAFICA DE LA TASAS DE EVAPORACIÓN. MEZCLA DE DISEÑO.

MEZCLA DE DISEÑO

Hora: 10:00 AM

Tasa de evaporación obtenida: 0.60 kg/m²/h

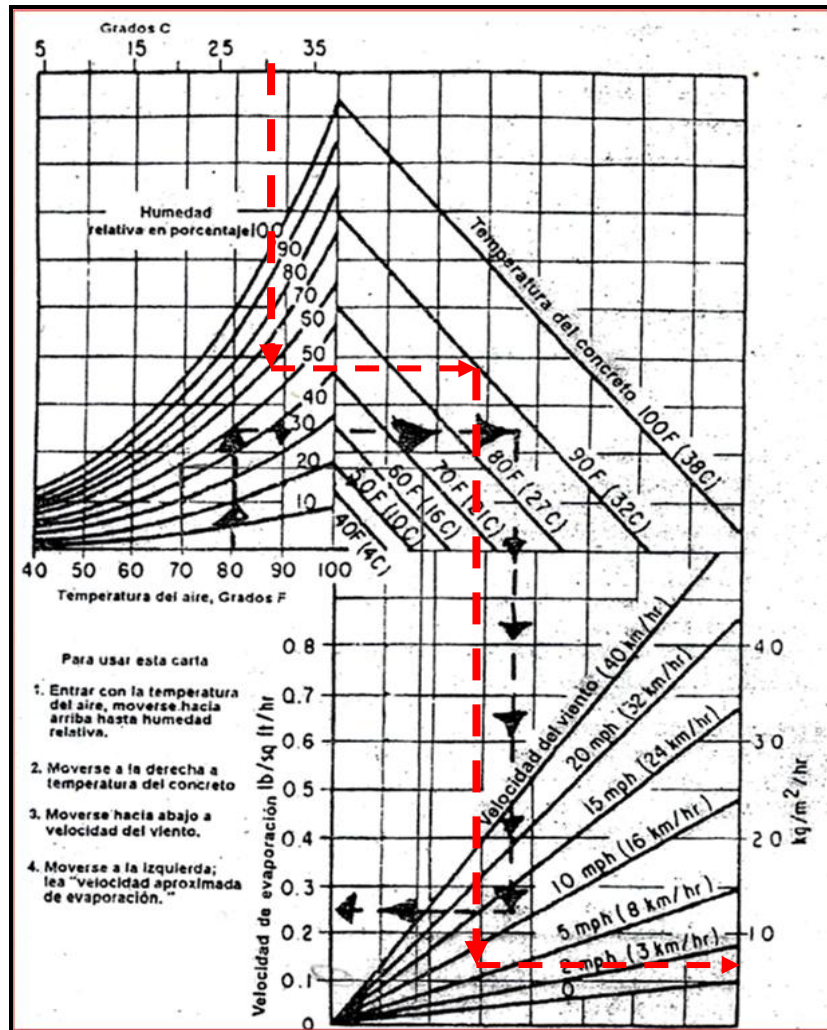


- Grafico 5.30 Determinación grafica de la tasa de evaporación del agua para la mezcla de diseño, en San Salvador UES, la razón de la tasa obtenida da un valor de 0.60 kg/m²/h.

MEZCLA DE DISEÑO

Hora: 11:00 AM

Tasa de evaporación obtenida: 0.60 kg/m²/h

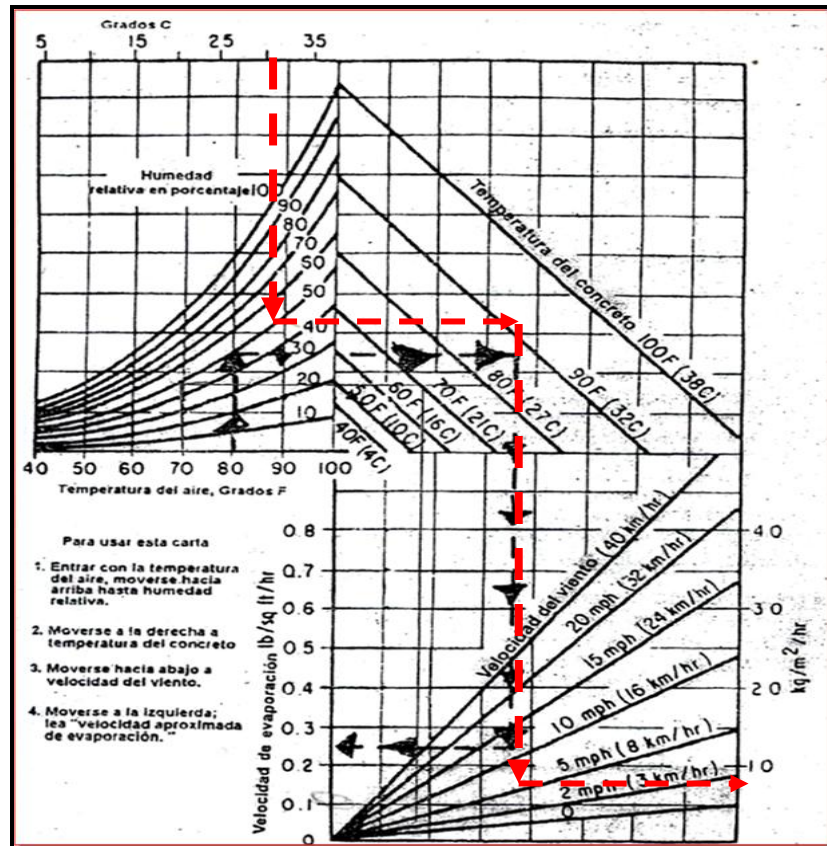


- Grafico 5.19 Determinación grafica de la tasa de evaporación del agua para la mezcla de diseño, en San Salvador UES, la razón de la tasa obtenida da un valor de 0.60 kg/m²/h.

MEZCLA DE DISEÑO

Hora: 12:05 AM

Tasa de evaporación obtenida: 0.80 kg/m²/h

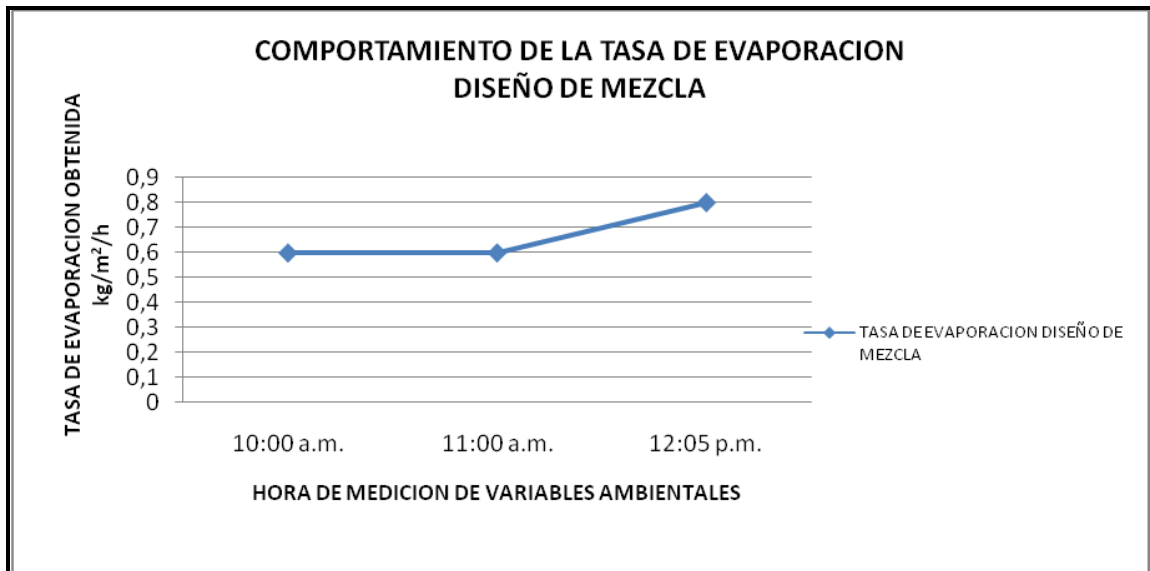


- Grafico 5.20 Determinación grafica de la tasa de evaporación del agua para la mezcla de diseño, en San Salvador UES, la razón de la tasa obtenida da un valor de 0.80 kg/m²/h.

DETERMINACIÓN DE LA TASAS DE EVAPORACIÓN, PARA LAS ZONAS DE ANÁLISIS.

MEZCLA DE DISEÑO, SAN SALVADOR UES.						
Hora (hh:mm)	Temperatura Ambiente (°C)	Humedad Relativa (%)	Temperatura del Concreto (°C)	Velocidad de Viento (Escala de Beaufort)	Velocidad de Viento (Km/hrs)	Tasa de evaporación del agua Kg/m ² /h.
10:00 a.m.	27.4	69	29.0	1.3	12	0.60
11:00 a.m.	28.3	65	31.0	1.3	12	0.60
12:05 p.m.	28.6	56	32.0	1.3	12	0.80
VALOR PROMEDIO						0.67

- Tabla 5.40, Factores ambientales medidos durante la elaboración de la mezcla de diseño, tomados en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, de la Universidad de El Salvador, San Salvador.



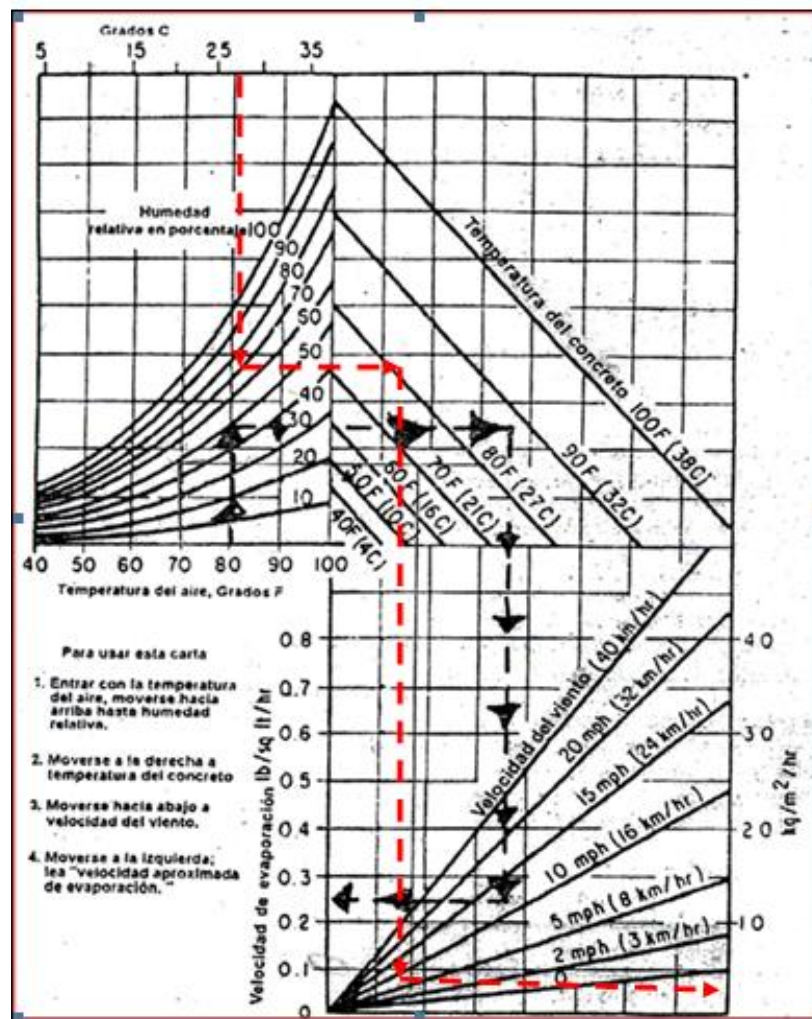
- Grafico 5.21 Determinación grafica de la tasa de evaporación del agua para la mezcla de diseño, en San Salvador UES, la tendencia es ascendente durante las primeras horas de la mañana, obteniendo un valor constante de 0.60 kg/m²/h., y luego mantenerse con un valor máximo de 0.80 kg/m²/h., la razón de la tasa obtenida da un valor promedio de 0.67 kg/m²/h.

OBTENCION GRAFICA DE LA TASAS DE EVAPORACIÓN. ZONA CENTRAL SAN SALVADOR.

ZONA CENTRAL SAN SALVADOR

Hora: 10:00 AM

Tasa de evaporación obtenida: 0.25 kg/m²/h

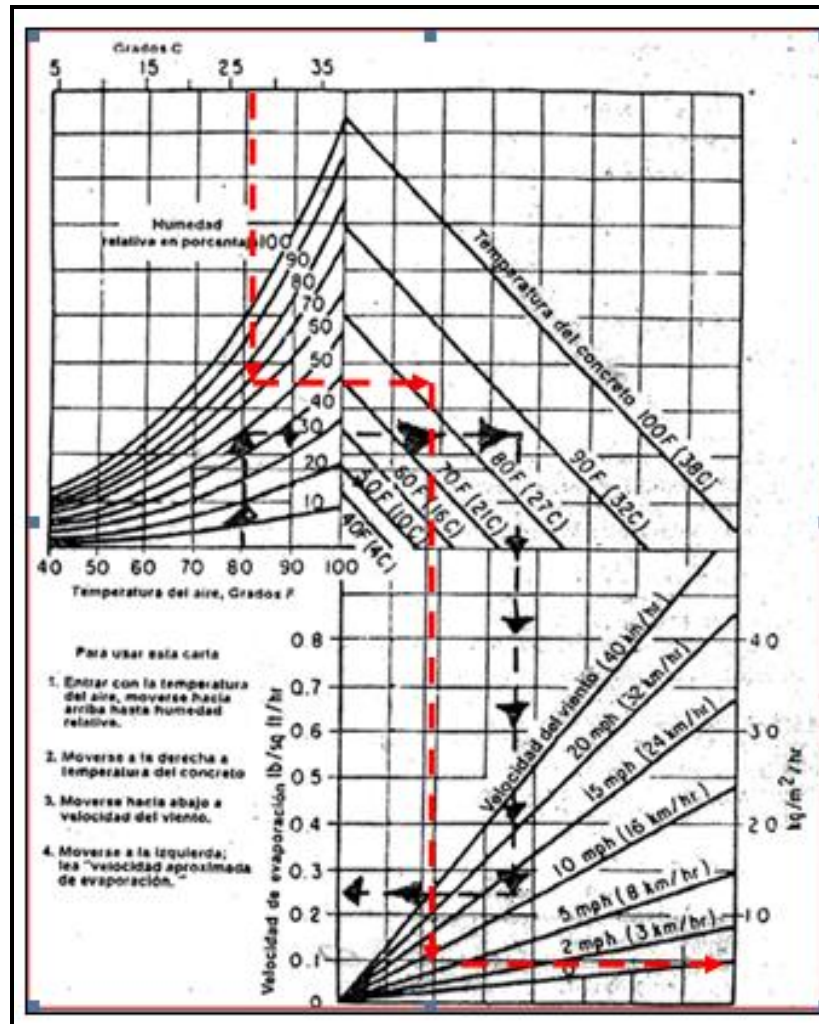


- Grafico 5.22 Determinación grafica de la tasa de evaporación del agua para prueba de campo en el departamento de San Salvador, la razón de la tasa da un valor de 0.25 kg/m²/h.

ZONA CENTRAL SAN SALVADOR

Hora: 11:00 AM

Tasa de evaporación obtenida: 0.50 kg/m²/h



- Grafico 5.23 Determinación grafica de la tasa de evaporación del agua para prueba de campo en el departamento de San Salvador, la razón de la tasa da un valor de 0.50 kg/m²/h.

ZONA CENTRAL SAN SALVADOR

Hora: 12:00 M

Tasa de evaporación obtenida: 0.50 kg/m²/h

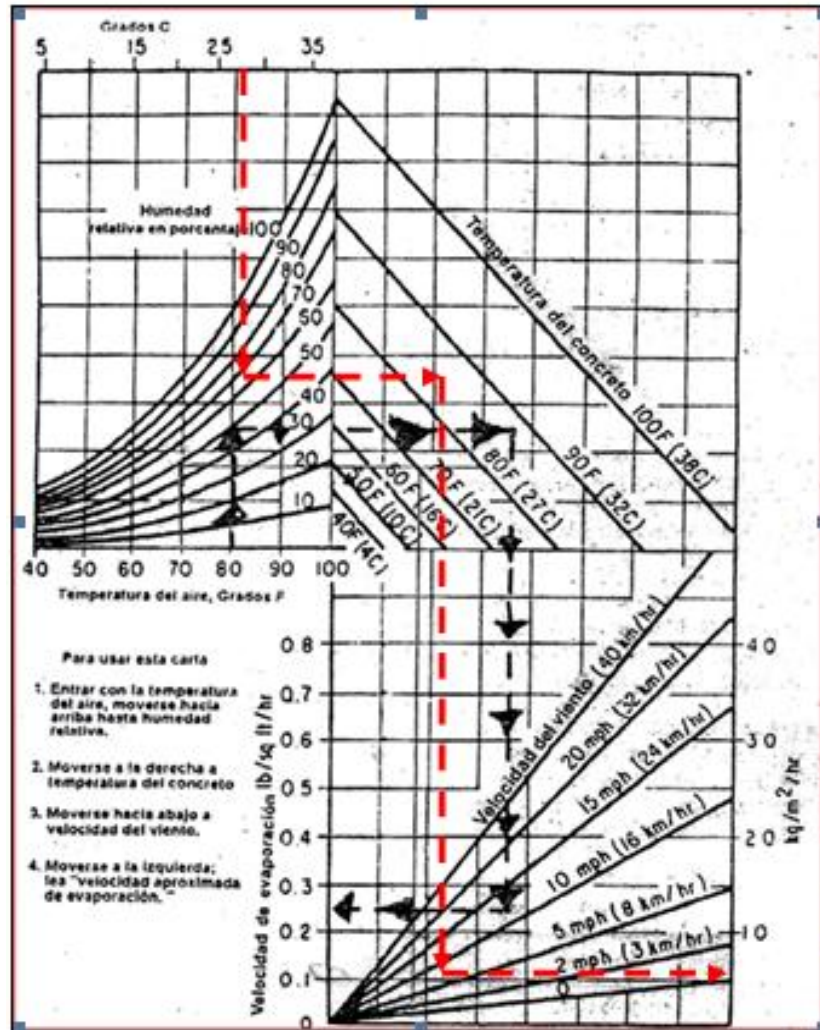


Grafico 5.24 Determinación grafica de la tasa de evaporación del agua para prueba de campo en el departamento de San Salvador, la razón de la tasa da un valor de 0.50 k/m²/h.

ZONA CENTRAL SAN SALVADOR

Hora: 1:00 PM

Tasa de evaporación obtenida: 0.50 kg/m²/h

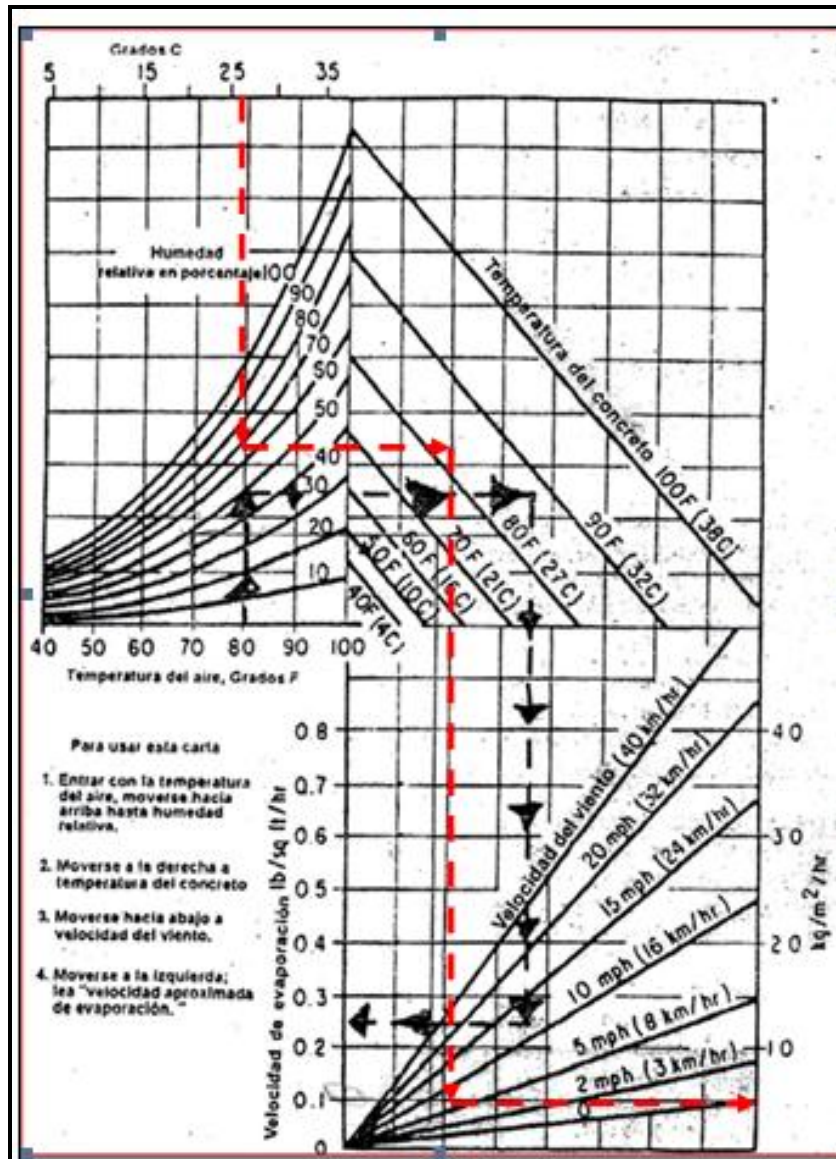
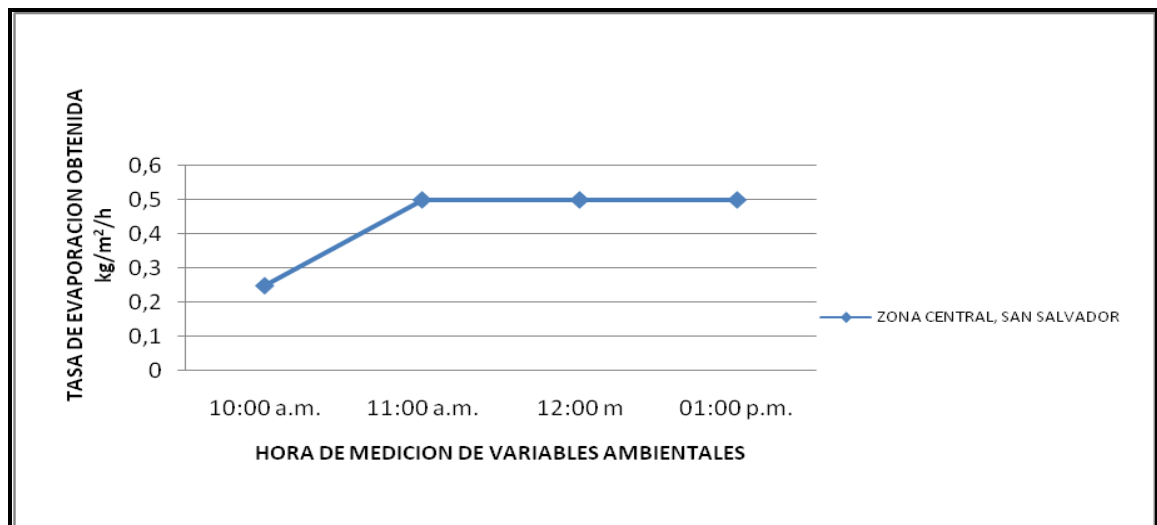


Grafico 5.25 Determinación grafica de la tasa de evaporación del agua para prueba de campo en el departamento de San Salvador, la razón de la tasa da un valor de 0.50 kg/m²/h.

DETERMINACIÓN DE LA TASA DE EVAPORACIÓN, PARA LA ZONA CENTRAL SAN SALVADOR.

ZONA CENTRAL SAN SALVADOR						
Hora (hh:mm)	Temperatura Ambiente (°C)	Humedad Relativa (%)	Temperatura del Concreto (°C)	Velocidad de Viento (Escala de Beaufort)	Velocidad de Viento (Km/hrs)	Tasa de evaporación del agua Kg/m ² /h.
10:00 am	27.7	67	27.30	2.7	12	0.25
11:00 am	27.8	66	28.10	2.7	12	0.50
12:00 m	27.3	66	28.25	2.7	12	0.50
1:00 pm	26.0	70	28.20	2.7	12	0.50

- Tabla 5.41, Factores ambientales medidos durante la elaboración de pruebas en la zona central, en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, de la Universidad de El Salvador, para la zona central representando el punto de San Salvador.



- Grafico 5.26 Determinación grafica de la tasa de evaporación del agua para la zona central, en el departamento de San Salvador, el comportamiento, tuvo un valor mínimo de 0.25 kg/m²/h y luego se mantuvo en un valor constante; la razón de la tasa obtenida da un valor promedio de 0.44 kg/m²/h.

OBTENCION GRAFICA DE LA TASAS DE EVAPORACIÓN. ZONA ORIENTAL SAN MIGUEL

ZONA ORIENTAL SAN MIGUEL

Hora: 10:00 am

Tasa de evaporación obtenida: 0.20 kg/m²/h

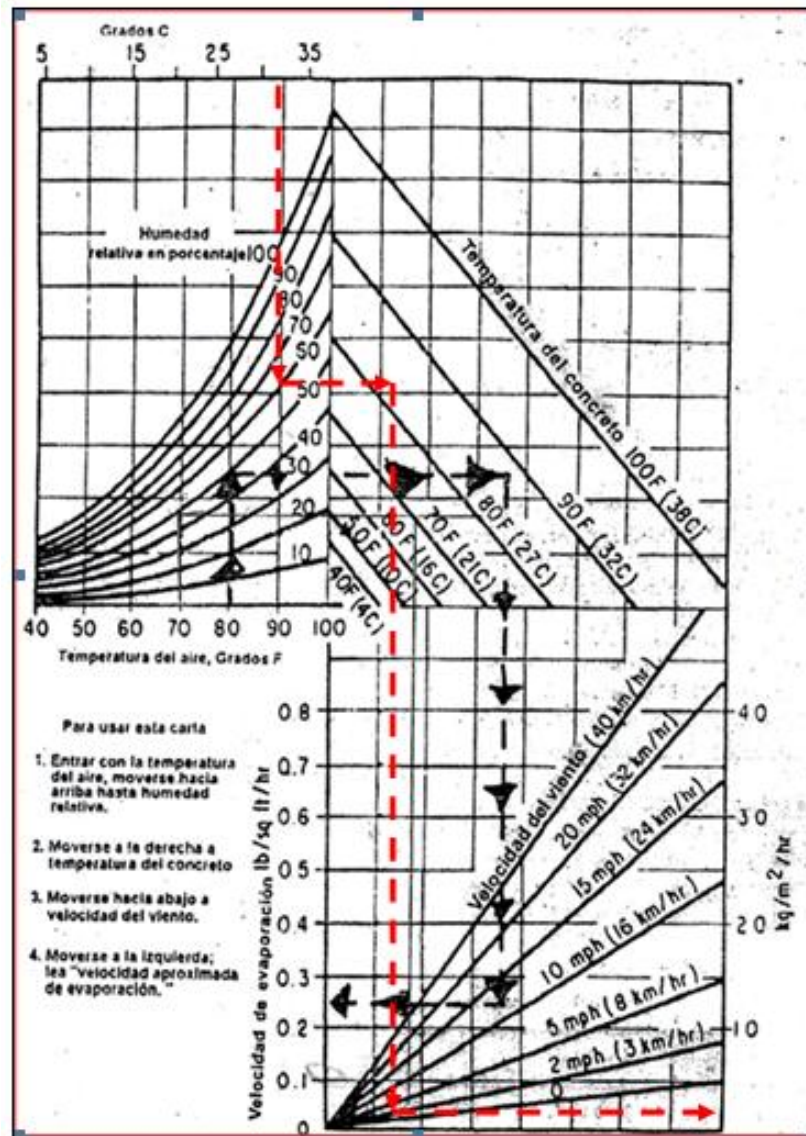
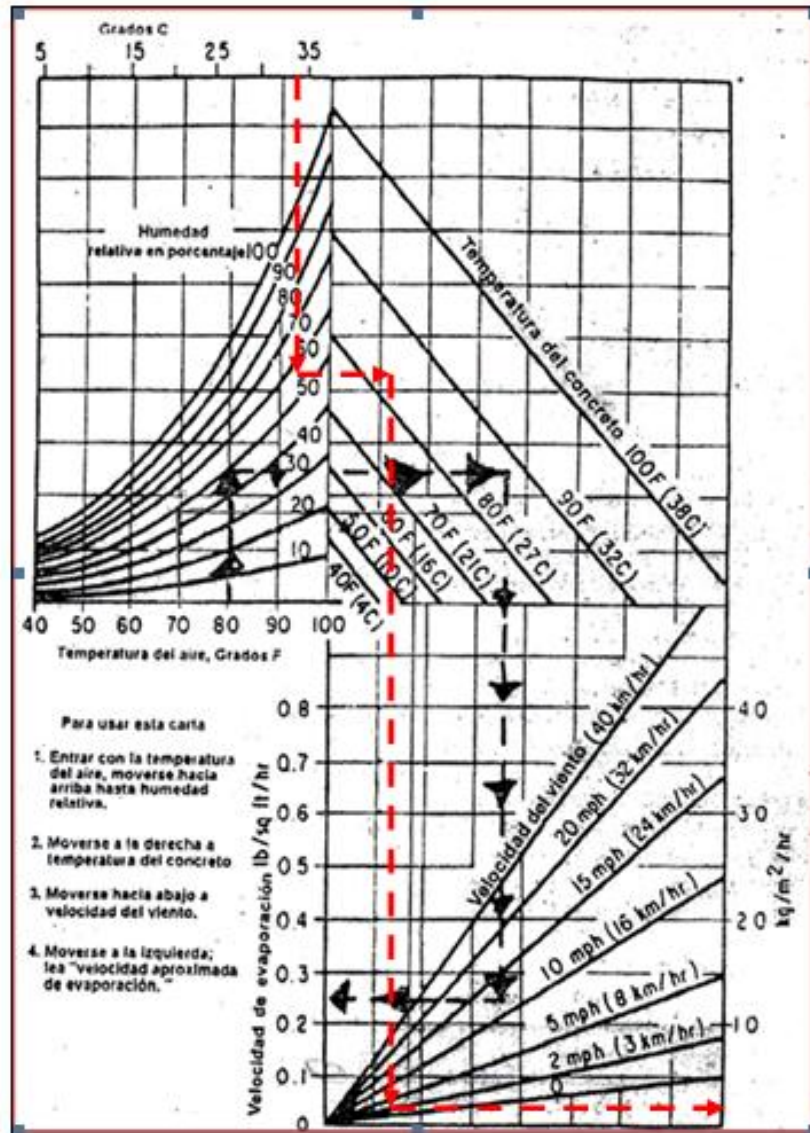


Grafico 5.27 Determinación grafica de la tasa de evaporación del agua para prueba de campo en el departamento de San Miguel, la razón de la tasa obtenida da un valor de 0.20 kg/m²/h.

ZONA ORIENTAL SAN MIGUEL

Hora: 11:00 am

Tasa de evaporación obtenida: 0.20 kg/m²/h

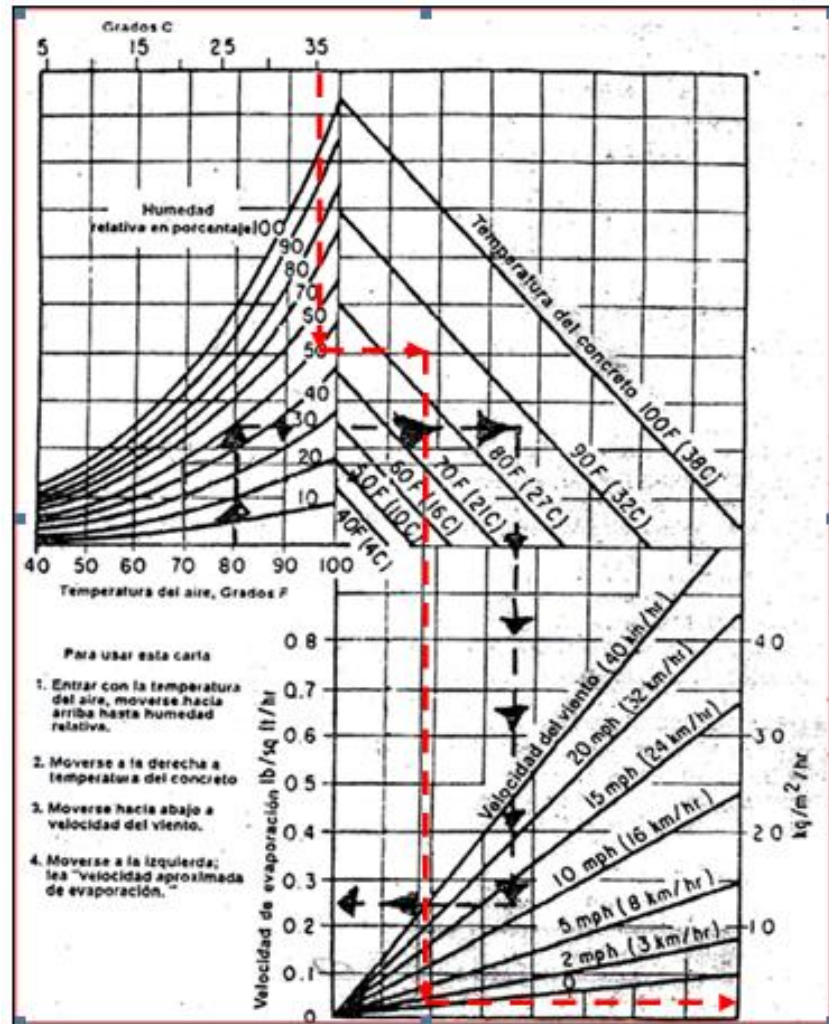


- Grafico 5.28 Determinación grafica de la tasa de evaporación del agua para prueba de campo en el departamento de San Miguel, la razón de la tasa obtenida da un valor de 0.20 kg/m²/h.

ZONA ORIENTAL SAN MIGUEL

Hora: 12:00 m

Tasa de evaporación obtenida: 0.20 kg/m²/h

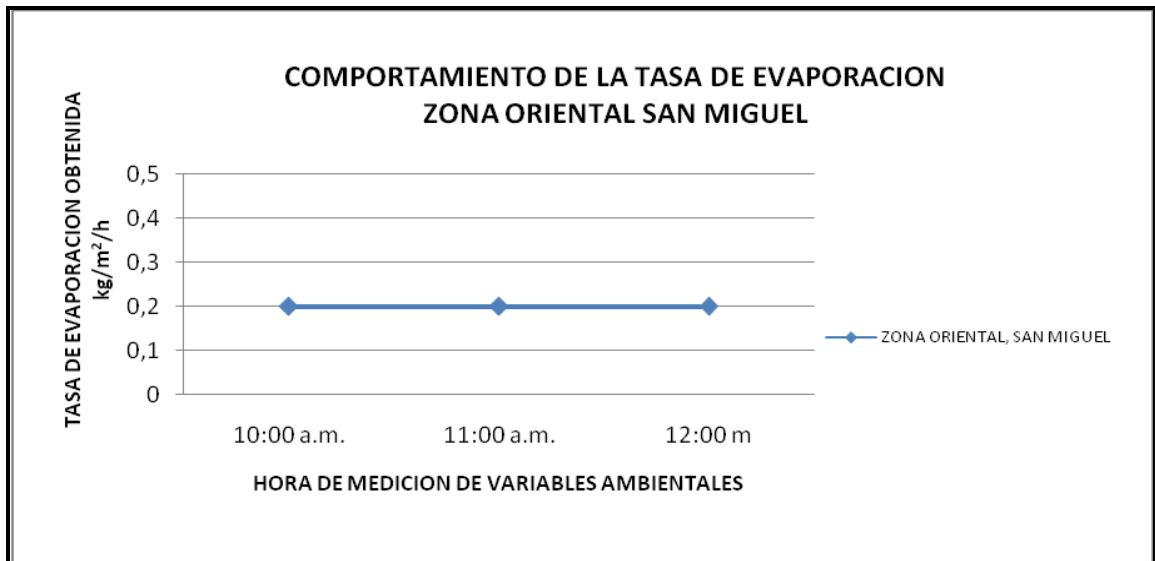


- Grafico 5.29 Determinación grafica de la tasa de evaporación del agua para prueba de campo en el departamento de San Miguel, la razón de la tasa obtenida da un valor de 0.20 kg/m²/h.

DETERMINACIÓN DE LA TASA DE EVAPORACIÓN, PARA LA ZONA ORIENTAL SAN MIGUEL.

ZONA ORIENTAL SAN MIGUEL						
Hora (hh:mm)	Temperatura Ambiente (°C)	Humedad Relativa (%)	Temperatura del Concreto (°C)	Velocidad de Viento (Escala de Beaufort)	Velocidad de Viento (Km/hrs)	Tasa de evaporación del agua Kg/m ² /h.
10:00 am	32.9	63	29.50	0.30	1.0	0.20
11:00 am	34.8	53	30.30	0.30	1.0	0.20
12:00 m	36.1	50	30.70	0.30	1.0	0.20

- Tabla 5.42, Factores ambientales medidos durante la elaboración de pruebas en la zona oriental, en el cantón El Delirio, departamento de San Miguel.



- Gráfico 5.30 Determinación gráfica de la tasa de evaporación del agua para la zona oriental, en el departamento de San Miguel, la cual se mostró constante durante el desarrollo de la prueba; la razón de la tasa obtenida da un valor promedio de 0.20 kg/m²/h.

OBTENCION GRAFICA DE LA TASA DE EVAPORACIÓN. ZONA OCCIDENTAL SANTA ANA.

ZONA OCCIDENTAL SANTA ANA

Hora: 10:00 am

Tasa de evaporación obtenida: 0.70 kg/m²/h

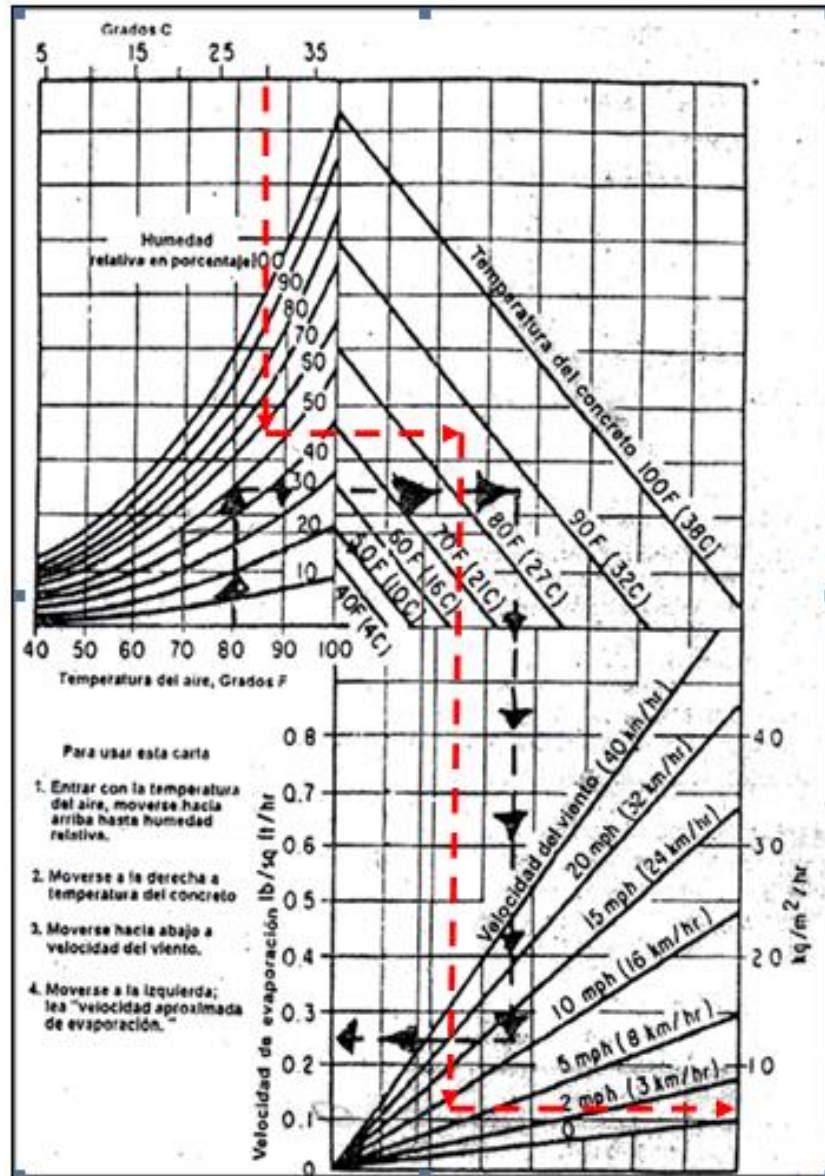
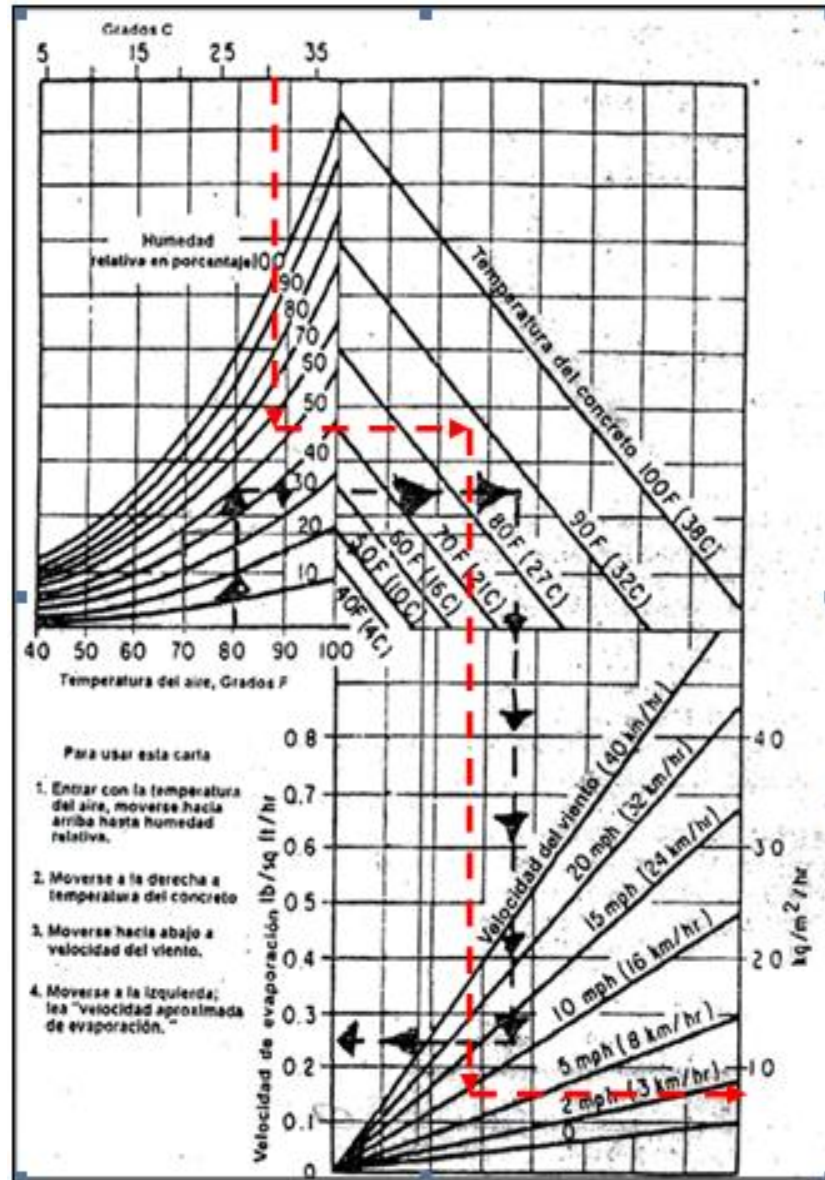


Gráfico 5.31 Determinación gráfica de la tasa de evaporación del agua para prueba de campo en la zona occidental en el departamento de Santa Ana, UES Santa Ana, Para la razón de la tasa se obtuvo un valor de 0.70 kg/m²/h.

ZONA OCCIDENTAL SANTA ANA

Hora: 11:00 am

Tasa de evaporación obtenida: 0.80 kg/m²/h

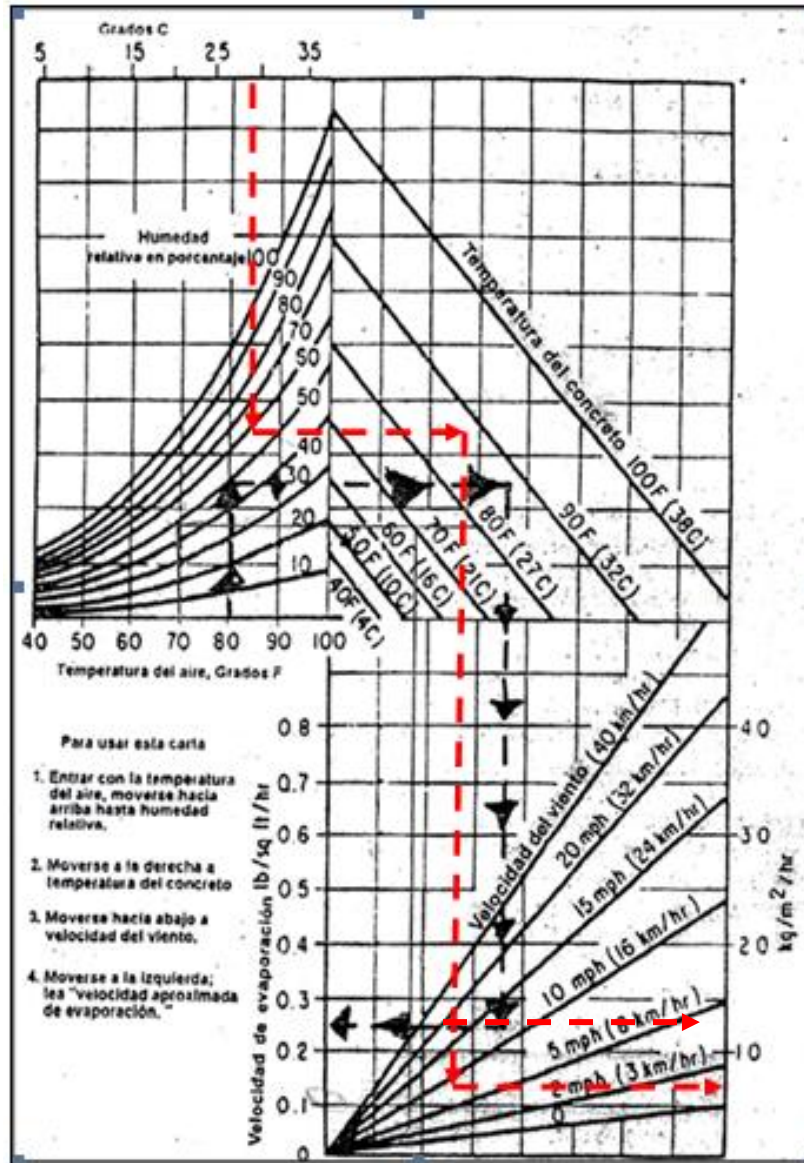


- Grafico 5.32 Determinación grafica de la tasa de evaporación del agua para prueba de campo en la zona occidental en el departamento de Santa Ana, UES Santa Ana, Para la razón de la tasa se obtuvo un valor de 0.80 kg/m²/h.

ZONA OCCIDENTAL SANTA ANA

Hora: 12:00 m

Tasa de evaporación obtenida: 0.70 kg/m²/h

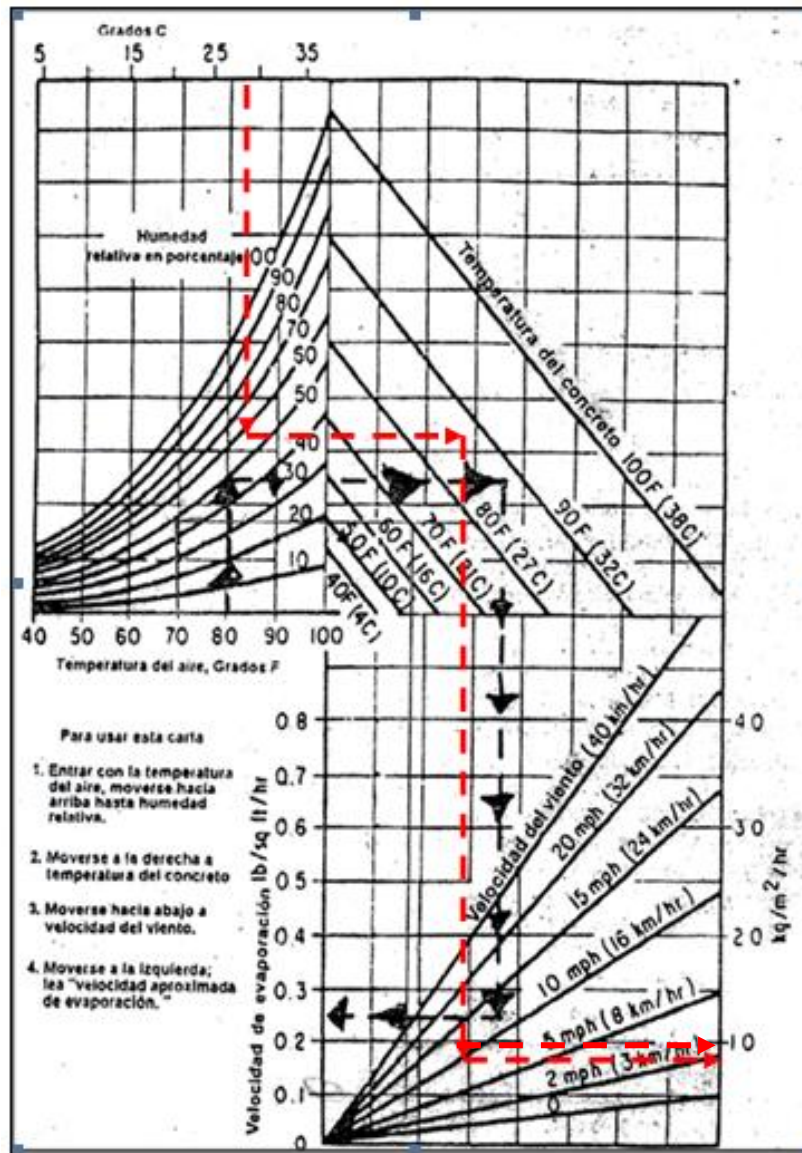


- Grafico 5.33 Determinación grafica de la tasa de evaporación del agua para prueba de campo en la zona occidental en el departamento de Santa Ana, UES Santa Ana, Para la razón de la tasa se obtuvo un valor de 70 kg/m²/h.

ZONA OCCIDENTAL SANTA ANA

Hora: 1:00 pm

Tasa de evaporación obtenida: 0.80 kg/m²/h

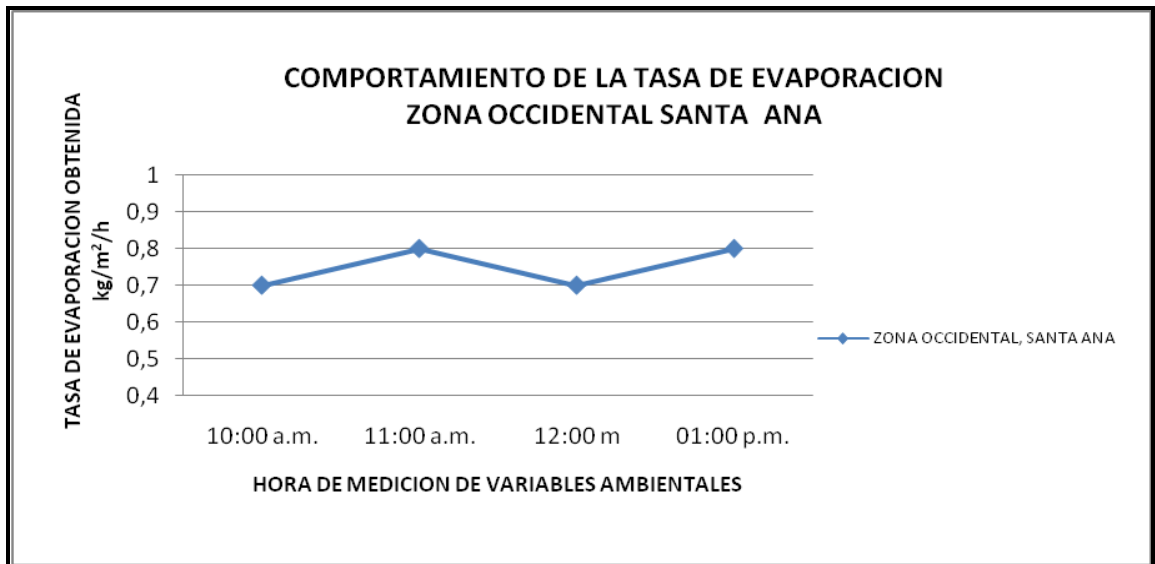


- Grafico 5.34 Determinación grafica de la tasa de evaporación del agua para prueba de campo en la zona occidental en el departamento de Santa Ana, UES Santa Ana, Para la razón de la tasa se obtuvo un valor de 0.80 kg/m²/h.

DETERMINACIÓN DE LA TASA DE EVAPORACIÓN, PARA LA ZONA OCCIDENTAL SANTA ANA.-

ZONA OCCIDENTAL SANTA ANA						
Hora (hh:mm)	Temperatura Ambiente (°C)	Humedad Relativa (%)	Temperatura del Concreto (°C)	Velocidad de Viento (Escala de Beaufort)	Velocidad de Viento (Km/hrs)	Tasa de evaporación del agua Kg/m²/h.
10:00 am	29.6	59	30.70	2.7	15	0.70
11:00 am	30.8	53	31.30	2.7	15	0.80
12:00 m	29.5	59	31.05	2.7	15	0.70
1:00 pm	28.7	59	31.30	2.7	15	0.80

- Tabla 5.43, Factores ambientales medidos durante la elaboración de pruebas en la zona occidental, en el municipio de Santa Ana, departamento de Santa Ana.



- Grafico 5.35 Determinación grafica de la tasa de evaporación del agua para la zona occidental, en el departamento de Santa Ana, la razón de la tasa obtenida da un valor promedio de 0.75 kg/m²/h.

VALORES PROMEDIOS DE TASA DE EVAPORACIÓN DE AGUA DE LA SUPERFICIE DEL CONCRETO ENCONTRADOS PARA LAS DIFERENTES ZONAS DE ESTUDIO.

VALORES DE TASA DE EVAPORACIÓN DE AGUA PARA LAS ZONA DE ANÁLISIS	
ZONA	TASA DE EVAPORACIÓN DE AGUA (Kg/m²/h)
SAN SALVADOR MEZCLA DE DISEÑO	0.67
ZONA CENTRAL, SAN SALVADOR	0.44
ZONA ORIENTAL, SAN MIGUEL	0.20
ZONA OCCIDENTAL SANTA ANA	0.75

- Tabla 5.44, Tasa promedio de la evaporación del agua, en el concreto fresco, encontradas para las zonas de análisis.

En la tabla anterior se muestran los valores promedio de tasa de evaporación del agua de la superficie del concreto donde se puede notar que en la zona de Santa Ana durante la elaboración de la prueba de campo se obtuvo una tasa de evaporación de 0.75 Kg/m²/h, obteniendo el mayor valor de tasa de evaporación, y se que encuentra muy cercano al limite establecido por el ACI 305-R 91. Las razones de evaporación encontradas, para los puntos de análisis en los departamentos de San Salvador y San Miguel, arrojan valores que no exceden a la tasa de evaporación de 1 Kg/m²/h, en la que según el ACI 305-R-91, podría repercutir de manera significativa en las propiedades mecánicas del concreto. Aunque si se encuentran estos valores; cercanos al valor medio, donde se pueden tomar medidas preventivas, para evitar efecto adverso de estos fenómenos.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 - CONCLUSIONES

- Los ensayos a los agregados gruesos y finos utilizados, para la elaboración de mezcla de concreto en este estudio, son de calidad aceptable respecto con la ASTM C-33, y pueden ser utilizados.
- Se elaboró una mezcla de diseño, considerando una relación resistencia a la compresión de mayor uso en El Salvador (210 kg/cm^2) y se logró reproducir, estudiar y analizar en condiciones de campo para las zonas, central, oriental y occidental, representados por un punto en el departamento de San Salvador, San Miguel y Santa Ana.
- Se realizó un análisis comparativo de los efectos producidos en el concreto en condiciones plásticas; en San Salvador, San Miguel y Santa Ana. Puntos que representaron las zonas: centro, oriente, y occidente de nuestro país por sus condiciones climáticas que imperan en cada lugar; considerando en este análisis la humedad relativa, la temperatura ambiente y la velocidad de viento. Variables climáticas que en este periodo de investigación no afectaron la calidad del concreto.
- Se determinaron bajo las consideraciones propuestas por el ACI 305-R-91, valores promedios de las condiciones ambientales para la zona central (San Salvador), oriental (San Miguel) y occidental (Santa Ana); siendo en el departamento de San Salvador, el que presentó mejores condiciones ambientales. Los valores encontrados de las variables

climáticas en los departamentos antes mencionados fueron, respectivamente en el mismo orden; humedad relativa (67.80%, 55.0%, 57.36%), temperatura ambiente (27 °C, 34.8°C, 29.4 °C) temperatura del concreto (28.26 °C, 29.91 °C, 30.98 °) y velocidad de viento promedio toma de la base de datos del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) (12 km/h, 1 km/h, 15 km/h).

- Al analizar el comportamiento de las tasas de evaporación de agua en el concreto fresco para los puntos de análisis seleccionados en San Salvador, San Miguel y Santa Ana; siendo los resultados, 0.44 Kg/m²/h, 0.20 Kg/m²/h, y 0.75 Kg/m²/h, respectivamente; se concluye que en ninguno de ellos, se obtuvieron tasas de evaporación mayores al límite propuesto por el ACI 305-R-91, que es de 1 Kg/m²/h. Por lo que se puede asegurar que la resistencia del concreto no pudo verse afectado por este fenómeno en este periodo de investigación.
- La variación del comportamiento del concreto en estado plástico, ante el sometimiento de la influencia del medio ambiente, para cada lugar de análisis, es insignificante ya que con valores de temperatura ambiente y una humedad relativa de 36.5 °C y 47% obtenida en San Miguel, los resultados de resistencia son superiores a 250 Kg/cm², para la mezcla de diseño en San Salvador, los resultados fueron superiores a 290 Kg/cm² con una temperatura de concreto de 32°C. Así mismo observando los valores de velocidad promedio de viento registrada por SNET en Santa Ana de 15.0 km/h. los resultados siguen siendo favorables en su resistencia a compresión, respecto a la mezcla de diseño.

- Al analizar los resultados de temperatura del concreto concluimos que está, variable no depende de las condiciones ambientales al momento de elaborar y colocar el concreto, sino más bien de otros factores.

- El ensayo de resistencia a compresión para las muestras a siete días de edad, se realizó con el propósito de revisar la tendencia o ganancia de resistencia a edades tempranas, las cuales superaron el 70% de la resistencia esperada respecto a la de diseño.

- Desde el punto de vista del análisis estadístico esta investigación se considera aceptable ya que el grado de confianza que representan los trabajos y procedimientos hechos para la obtención de los resultados, se encuentran dentro de rangos establecidos en el ACI 214 R-02 (condición de laboratorio $S < 17$ y condición de campo $S < 50$, considerado aceptable). Las características encontradas de desviación estándar(S), son muy aceptables y fueron las siguientes; mezcla de diseño, en condiciones de laboratorio ($S = 15.38 \text{ Kg/cm}^2$) muy buena; mezcla San Salvador, en condiciones de campo ($S = 47.13 \text{ Kg/cm}^2$) aceptable; mezcla San Miguel, condición de campo ($S = 23.58 \text{ Kg/cm}^2$) excelente; mezcla Santa Ana, condición de campo ($S = 26.67 \text{ Kg/cm}^2$) muy buena. Cumpliendo así, los rangos de aceptación de calidad de una investigación.

- El ensayo destructivo de Resistencia a la Compresión según ASTM C-39-01, realizado en la mezcla de diseño, da como resultado, una resistencia promedio a 28 días, de 311 kg./cm², cuyo valor sobre pasa el criterio de resistencia promedio requerida, descrito en el ACI 318-99, sección 5.3.2, mientras que para los especímenes tomados y ensayados bajo la misma norma, en las pruebas de campo se obtienen resistencia promedio a la compresión, a las edades de 28 días, para el punto hecho en San Salvador, valore de 369.9 kg./cm², para el punto hecho en el Cantón El Delirio en San Miguel, se obtiene valor de 298.10 kg./cm², y finalmente para Santa Ana 223.70 kg./cm² los cuales se encuentran superiores al f'c de diseño igual a 210 kg./cm², y que además cumplen el criterio de aceptación de concreto, establecido por el ACI 318-99, en su sección 5.3.3; sin que las variables ambientales, hubiesen intervenido en el resultado final de la resistencia obtenida.
- Se logro ensayar mediante la norma ASTM C - 172 – 02, especímenes de vigas, sometidos al esfuerzo de flexión, en el que se tomo como valor patrón de comparación, el obtenido en la mezcla de diseño, para el que se obtuvo una resistencia promedio de 31.20 kg./cm² a la edad de 28 días. Los valores de resistencia obtenidos para San salvador, San Miguel y Santa Ana, fueron los siguientes; 38.53 kg./cm², 28.00 kg./cm², y 28.60 kg./cm² respectivamente; en donde únicamente el punto de San Salvador sobrepasa el valor de comparación de resistencia del mezcla de diseño.

6.2 - RECOMENDACIONES

- Se recomienda el cuidado, selección y control de los agregados pétreos que componen el concreto, ya que ellos contribuyen al mayor porcentaje de volumen que lo componen.
- Se recomienda hacer una investigación con estas mismas variables, pero con pétreos que se utilizan más frecuentemente en los lugares señalados en este estudio.
- Con respecto a la elaboración de la mezcla de diseño se deben tomar en cuenta todos los ensayos pertinentes a los agregados para el concreto siguiendo la practica estándar para seleccionar proporciones adecuadas (ACI - 211.1), siguiendo las normas ASTM para cada ensayo y no perder de vista los rangos de resultados que las normas estipulan, con respecto a los resultados obtenidos al momento de la elaboración de cada uno de ellos.
- En los resultados obtenidos en el punto de análisis de San Miguel para este periodo de investigación, pudimos observar que las condiciones ambientales de nuestro país no son extremas y no afectan en la calidad del concreto siempre y cuando las mezclas de concreto sea aceptable; por tanto es recomendable tomar en cuenta esta aseveración y ya que en la zona de San Miguel se pudo elaborar concreto durante el periodo de horas mas críticos del día.

- El procedimiento de colado de concreto en nuestro País, bajo las condiciones ambientales en que se desarrollo esta investigación, puede proceder sin ningún riesgos, que afecte de forma negativa, a la resistencia de concreto; mas sin embargo, a medida mejoran las condiciones ambientales a favor del comportamiento del concreto en estado plástico, mejores son los resultados en su resistencia posterior, lo que se demuestra con el registro (Anexos A-5, A-6) de los resultados obtenidos en San Miguel, para el año 2007 hecho en horas nocturnas, por lo que para colados masivos en esta zona se recomiendan hacerlos en horarios nocturnos.

- Es necesario analizar el paradigma de rechazar un concreto, solamente por superar la temperatura interna del mismo en 32°C, ya que con este valor registrado en las mediciones para la mezcla de diseño se obtuvieron resistencias altas y aceptables, por lo que se sugiere investigar más esta variable, interrelacionándola con las variables ambientales del lugar en que se colocará el concreto.

- A pesar de que en nuestra investigación la población de especímenes se mantuvo constante para nuestro estudio, la depuración de resultados para mejorar la uniformidad de la desviación estándar junto con el coeficiente de variación, ayudara a mejorar más la calidad de la investigación.

- La propuesta del comportamiento del concreto para climas tropicales de nuestra investigación tiene un enfoque específicamente para el estado plástico del concreto, por lo tanto se recomienda una investigación en la cual se profundice un estudio para darle continuidad a un análisis en donde se pueda darle seguimiento a la medición de las variables ambientales una vez el concreto se encuentra ya endurecido; preferentemente en los mismos puntos para que se pueda extender y confirmar bajo este análisis los resultados de esta investigación.
- Se recomienda incluir dentro de la cátedra de tecnología del concreto de la carrera de ingeniería civil, un mayor enfoque al estudio del comportamiento de este, ante las variables ambientales, ya que éstos demandan un conocimiento sólido para dar soluciones y recomendaciones a los problemas que ocasionan las condiciones ambientales para cada lugar en el que se colocara concreto.

BIBLIOGRAFÍA

- **Diseño y Control de Mezclas de Concreto**, Steven H. Kosmatka, William C Panerese, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto IMCYC, A.C., Primera Edición, México; 1992.

- **Manual de Tecnología del Concreto**, Tomo I, Comisión Federal de Electricidad, CFE, Editorial Limusa Noriega Editores, México 1994,

- **Estudio sobre los Agentes Físicos y Químicos Sobre el Concreto, una Propuesta de Evaluación y Diagnósticos de Estructuras de Concreto Existentes**, Engels Alejandro Álvarez Miranda, Trabajo de Graduación, UAE, El salvador, 2006.

- **Consideraciones Sobre el Mezcla de diseños y el Control de Calidad del Concreto de Cementos para Pavimentos**, Boletín N° 41 del Instituto Colombiano de Productores de Cemento, Colombia, 1982.

- **Estudio de Concretos con Alta Resistencia a la Agresión Provocada Por la Contaminación del Medio Ambiente**, José Alfredo Aguilar Coto, Trabajo de Graduación, UES, El Salvador ,1994.

- **Datos Prácticos Sobre Control y Supervisión del Concreto en la Construcción**, Alfredo Candel Herodier, Trabajo de Graduación, UES, El Salvador, 1967.
- **Efecto del Porcentaje de Aire y la Temperatura en la Resistencia del Concreto**, Crisanto Javier Portillo, Trabajo de Graduación, UES, El Salvador, 1997.
- **Colado del Concreto en Climas Caluroso ACI-305 R 91**, American Concrete Institute, Publicado por Fundación de la Industria de la Construcción, Primera edición, México, 1994.
- **Concreteado en Tiempo Caluroso**, Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto, Revista del ISCYC, Año 8, Numero 31, San Salvador, El salvador, Diciembre 2003.
- **Art. Proyectos Exitosos**, Revista del Instituto Salvadoreño del cemento y del concreto. ISCYC, N° 43, año 11, San Salvador, El Salvador, Diciembre 2006.
- **Art. Proyectos Exitosos**, Revista del Instituto Salvadoreño del cemento y del concreto. ISCYC, N° 44, año 12, San Salvador, El Salvador, Marzo 2007.
- **Manual de la construcción con concreto, Joseph J. Waddel y Joseph A. Dobrowolski**, Traducción por Ing. Hernán Pérez castellanos, tercera Edición, Editorial MC Graw Hill, México DF, Abril 2001

- **El Salvador, Perfil Ambiental Estudio de Campo**, Joaquín Alonso Guevara Moran; EMTECSA de CV, división consultoría, San Salvador El Salvador, abril 1985.

- **Informe Primera comunicación Nacional Sobre Cambio Climático**, República de El Salvador, Ministerio del Medio Ambiente, Febrero 2000.

- **Almanaque Salvadoreño** 1993.

- **Código de Diseño de Hormigón Estructural, ACI 318-99**. Instituto Americano del Concreto Revisión 1999.

- **Manual de la construcción con concreto tomo I y II**. Joseph J. Waddell y Joseph A. Dobrowolski. Tercera edición, México, 2001.

- **Tecnología del concreto**, A.M Neville, Tomo I Y II Mexico, 1989.

OTRAS FUENTES CONSULTADAS.

- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)
www.marn.gob.sv

- Tecnología del concreto.
www.imcyc.com.mx

- Servicio nacional de Estudios territoriales (SNET).
www.snet.gov.sv

- *Google Earth*
 - **earth.google.com**

GLOSARIO

ABSORCIÓN.

Proceso por el cual una sustancia retiene la energía radiante incidente.

AIRE HUMEDO

Se denomina al aire que contiene una humedad relativa superior al 80%. Término muy utilizado en meteorología dinámica y operativa.

ALBEDO

Razón entre la energía luminosa que difunde por reflexión una superficie y la energía incidente. Varía según la textura, color y la extensión de la superficie del objeto y se registra en porcentajes. Entre las superficies con alto albedo figura la arena y la nieve. Entre las que tienen un albedo mínimo están los bosques y la tierra recién trabajada.

ALTITUD

Es el término usado en meteorología para medir la altura de un objeto con relación al nivel medio del mar.

ANEMÓMETRO

Instrumento que mide la dirección e intensidad del viento.

ATMÓSFERA

La porción gaseosa o de aire del medio ambiente físico que rodea al planeta. En el caso de la tierra, se mantiene más o menos cerca de la superficie gracias a la atracción de la fuerza de gravedad de la tierra.

CLIMA

Corresponde al promedio de los eventos meteorológicos que ocurren a diario en una región. Este récord histórico ayuda a caracterizar el comportamiento meteorológico de un área geográfica en el largo plazo. La palabra clima se deriva del griego KLIMA que significa inclinación y refleja la importancia que los estudiosos de la antigüedad atribuían a la influencia del sol.

CLIMATOLOGÍA

El estudio del clima. Incluye información del clima, análisis de las causas de las diferencias en el clima y el uso de la información climática en el diseño de soluciones para problemas operativos.

CONDENSACIÓN

Proceso por el cual el vapor de agua cambia de estado gaseoso al estado líquido. Es el proceso físico opuesto a la evaporación.

CONVERGENCIA

Movimiento horizontal y convergente de aire hacia una región en particular. Los vientos de convergencia a niveles bajos producen normalmente un movimiento ascendente, en contraste

con la divergencia. Zona donde chocan las líneas de flujo del viento generándose movimientos convectivos (ascenso del aire) para compensar la acumulación de aire en una pequeña zona. Línea de convergencia donde converge el aire que permite que la nube crezca.

DEPRESIÓN TROPICAL

Perturbación tropical con vientos máximos sostenidos de superficie alcanzando pero no sobrepasando los 61km/h (33 nudos). Tiene una ó más isobaras cerradas.

DEPRESIÓN

En meteorología es otro nombre para designar un área de baja presión, una baja u hondonada. También se usa para designar una etapa en el desarrollo de un ciclón tropical.

DESECACIÓN.

Eliminación del agua de una sustancia. Eliminación del disolvente de una disolución. Acción y efecto de desecar

DIVERGENCIA

Movimiento del viento que resulta en una expulsión horizontal de aire desde una región específica. Las divergencias de aire en niveles bajos de la atmósfera están asociadas con movimientos del aire descendentes conocidos como subsidencia. Es lo contrario de la convergencia.

EFFECTO INVERNADERO

Es el calentamiento global de la atmósfera debido a la presencia de dióxido de carbono y de vapor de agua,. Estos dos gases permiten que no todos los rayos del sol que calientan la tierra escapen y se reintegre al espacio.

EL NIÑO

Es el calentamiento cíclico de la temperatura del agua del Pacífico Oriental (costa oeste de Sudamérica) que puede resultar en cambios significativos de organización del clima en diferentes partes del mundo. Esto ocurre cuando el agua tibia ecuatorial desplaza al agua fría de la corriente Humboldt, interrumpiendo el proceso de ascensión de aguas Profundas.

ESCALA DE VIENTO DE BEAUFORT

Sistema usado para estimar la velocidad del viento. Tiene como unidad de medida el Número de Beaufort que se compone de la velocidad del viento, un término descriptivo y los efectos visibles sobre los objetos en tierra y/o en la superficie marina. Esta escala fue diseñada por Sir Francis Beaufort (1777-1857), hidrógrafo de la Marina Real Británica.

HUMEDAD ABSOLUTA

La cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Se confunde frecuentemente con la humedad relativa o punto de rocío. Los tipos de humedad son: humedad absoluta, humedad relativa y humedad específica.

HUMEDAD RELATIVA

Tipo de humedad que se basa en el cociente entre la presión actual del vapor del aire y la saturación de la presión del vapor. Usualmente se expresa en porcentajes.

LATITUD

Líneas imaginarias paralelas que circundan el globo tanto al norte como al sur del ecuador que se registran como a cero grados (0). Los polos están ubicados a 90 grados de latitud Norte y Sur.

LATITUDES ALTAS

Anillos de latitud ubicados entre los 60 y 90 grados norte y sur. Conocidas también como regiones polares.

LATITUDES BAJAS

Anillos de latitud ubicados entre los 30 y 0 grados norte y sur. Conocidas también como regiones tropicales o tórridas.

LATITUDES MEDIAS

Es el cinturón de latitudes entre los 35 y 65 grados norte y sur. También conocida como región templada.

LLOVIZNA

Precipitación en forma de pequeñísimas gotas de agua con diámetros menores de 0.5 milímetros.

LLUVIA

Precipitación de partículas de agua líquida en forma de gotas de diámetro mayor de 0.5 mm. Si cae en una zona amplia, el tamaño de la gota puede ser menor. La intensidad de la lluvia se basa en el porcentaje de su caída. Muy liviana significa que las gotas no mojan la superficie.

LONGITUD

Lugar al este u oeste al que se le asigna cero (0) grados de longitud en referencia al meridiano de origen (Greenwich). La distancia entre las líneas imaginarias de longitud es mayor en el ecuador y menor en las latitudes altas, interceptándose todas en los polos.

MERIDIÓN

También conocido como el Sur o (también llamado Sud o incluso Austral) es uno de los cuatro puntos cardinales colocados sobre el horizonte, ubicado diametralmente opuesto al Norte. Es la dirección a lo largo de un meridiano a 90° en sentido horario del Este. Se suele denominar así tanto al punto cardinal como a la dirección y a la comarca inferior de un país o región que por convención eurocéntrica se representa en la posición inferior de mapas y cartas. La recta meridiana sobre el horizonte pasa por dos puntos el Norte y el Sur. Lo que es del sur, está en el sur o pertenece al sur, se denomina sureño, austral o meridional.

METEOROLOGÍA/ METEORÓLOGO

Ciencia y estudio de los fenómenos atmosféricos. Varias de las áreas que abarca la meteorología son por ejemplo: la agricultura, la aviación, la Hidrología meteorología y las meteorologías física, dinámica, operacional y sinóptica. Un meteorólogo es un científico que estudia la atmósfera y los fenómenos atmosféricos.

MESOESCALA

Es el estudio de sistemas del tiempo atmosférico más pequeños que la escala sinóptica meteorológica, pero más grandes que la micro escala y la escala de tormenta de los sistemas de nubes cúmulos.

ONDA TROPICAL

Perturbación de escala sinóptica en la corriente de los vientos alisios y viaja con ellos hacia el oeste a una velocidad media de 15 Km/h. Produce fuerte convección sobre la zona que atraviesa.

PRECIPITACIÓN

Cualquier y todas las formas del agua, en estado líquido o sólido, que cae de las nubes hasta llegar a la tierra. Esto incluye la lluvia, llovizna, llovizna helada, lluvia helada, granizo, hielo granulado, nieve, granizo menudo y bolillas de nieve.

SEPTENTRIÓN

También conocido como el norte es uno de los cuatro puntos cardinales, se considera donde la meridiana corta al horizonte pero en sentido hacia el Polo Norte geográfico. En el hemisferio norte, se corresponde con el punto del horizonte cuya perpendicular pasa por la Estrella Polar. A la ubicación o a la dirección norte se les llama *septentrional*(o boreal).

TEMPERATURA MEDIA

Promedio de lecturas de temperatura tomadas durante un período de tiempo determinado. Por lo general es el promedio entre las temperaturas máximas y mínima.

TEMPERATURA

Medida del movimiento molecular o el grado de calor de una sustancia. Se mide usando una escala arbitraria a partir del cero absoluto, donde las moléculas teóricamente dejan de moverse. Es también el grado de calor y de frío. En observaciones de la superficie, se refiere principalmente al aire libre o temperatura ambiental cerca a la superficie de la tierra.

TERMÓMETRO

Instrumento que sirve para medir la temperatura. Las diferentes escalas usadas en meteorología son: Celsius, Fahrenheit y Kelvin o Absoluta.

TIEMPO

Es el estado de la atmósfera en un momento específico respecto a su efecto en la vida y las actividades humanas. Los cambios de la atmósfera en el corto plazo y no en el largo plazo, como ocurre con los grandes cambios climáticos. Para definirlo se utilizan términos que tienen que ver con claridad, nubosidad, humedad, precipitación, temperatura, visibilidad y viento.

VERANO

En astronomía es el período entre el solsticio de verano y el equinoccio de otoño. Se caracteriza por tener las temperaturas más altas del año, excepto en algunas regiones tropicales. Por lo general, el verano ocurre en los meses de junio, julio y agosto en el hemisferio norte y los meses de diciembre, enero y febrero en el hemisferio sur.

VIENTO

Es el aire que fluye en relación a la superficie de la tierra , generalmente de manera horizontal. Hay cuatro aspectos del viento que se miden: dirección, velocidad, tipo (ráfagas y rachas) y cambios. Los cambios superficiales se miden con veletas y anemómetros mientras que los de gran altitud se detectan con globos piloto, radio viento o reportes de la aeronáutica civil.

VIENTOS ALISIOS

Son dos cinturones de viento que soplan desde los centros de alta presión subtropicales moviéndose hacia la zona de baja presión ecuatorial. Son vientos de poca altitud caracterizados por su consistencia en su dirección. En el hemisferio norte, los vientos alisios soplan desde el noreste y en el hemisferio sur los vientos alisios soplan desde el sureste.

VIENTOS DEL ESTE

Término usualmente empleado para designar vientos con un componente persistente desde la dirección este. Ejemplo: los vientos alisios.

VIENTOS DEL OESTE

Cinturones amplios de vientos persistentes con un componente occidental. Es el movimiento atmosférico predominante centrado alrededor de las latitudes medias de cada hemisferio. Cerca de la superficie de la tierra los vientos del oeste se extienden aproximadamente entre los 35 y 65 grados de latitud, mientras en los niveles altos se extienden en dirección más ampliamente hacia los polos y el ecuador.

ZONA DE BAJA PRESIÓN ECUATORIAL

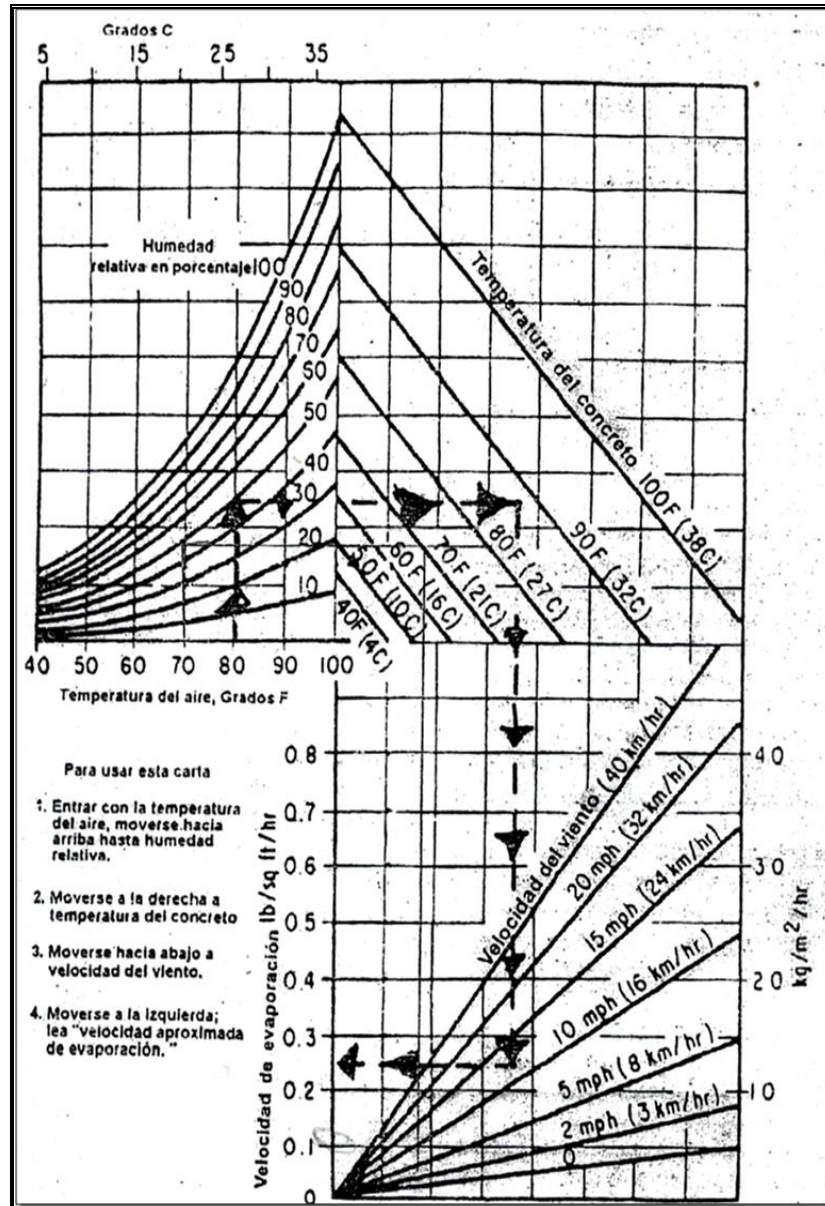
Es un área de baja presión semi - continua que se ubica entre las áreas subtropicales de alta presión de los hemisferios norte y sur.

ZONA DE CONVERGENCIA INTERTROPICAL (ITCZ)

Área en los hemisferios norte y sur donde convergen los vientos alisios, generalmente localizada entre los 10 grados al norte y sur del ecuador. Es una amplia área de baja presión donde tanto la fuerza de coriolis como la baja presión gradual son débiles, permitiendo la formación ocasional de perturbaciones tropicales. Durante el verano en el hemisferio norte, cambia de lugar siguiendo los rayos solares más perpendiculares, por ejemplo, avanzando hacia el norte sobre el sur de Asia y el Atlántico Norte.

ANEXOS

ANEXO A-1



- Anexo A- 1. Fig.2.1.5 del ACI 305-R91 Efecto de la temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento en la velocidad de evaporación del agua de la superficie del concreto.

ANEXO A-2

Factor de modificación para la desviación estándar cuando se dispone de menos de 30 ensayos

Número de ensayos*	Factor de modificación para la desviación estándar+
Menos de 15	Emplee la tabla 5.3.2.2
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o más	1.00

* Interpolarse para un número de ensayos intermedios.

+ Desviación estándar modificada para usar en la determinación de la resistencia promedio requerida f'_c de 5.3.2.1.

- Anexo A-2 ACI-318-99, Cap. 5 Tabla 5.3.1.2 calidad del hormigón, mezclado y colocación, sección 5.3.1 desviación estándar.

ANEXO A – 3

Número de Beaufort	Velocidad del viento (km/h)	Nudos (millas náuticas/h)	Denominación	Aspecto de la mar	Efectos en tierra
0	0 a 1	< 1	Calma	Despejado	Calma, el humo asciende verticalmente
1	2 a 5	1 a 3	Ventolina	Pequeñas olas, pero sin espuma	El humo indica la dirección del viento
2	6 a 11	4 a 6	Flojito (Brisa muy débil)	Crestas de apariencia vítreas, sin romper	Se mueven las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos
3	12 a 19	7 a 10	Flojo (Brisa débil)	Pequeñas olas, crestas rompientes.	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
4	20 a 28	11 a 16	Bonancible (Brisa moderada)	Borreguillos numerosos, olas cada vez más largas	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
5	29 a 38	17 a 21	Fresquito (Brisa fresca)	Olas medianas y alargadas, borreguillos muy abundantes	Pequeños movimientos de los árboles, superficie de los lagos ondulada
6	39 a 49	22 a 27	Fresco (Brisa fuerte)	Comienzan a formarse olas grandes, crestas rompientes, espuma	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas
7	50 a 61	28 a 33	Frescachón (Viento fuerte)	Mar gruesa, con espuma arrastrada en dirección del viento	Se mueven los árboles grandes, dificultad para andar contra el viento
8	62 a 74	34 a 40	Temporal (Viento duro)	Grandes olas rompientes, franjas de espuma	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas dificultosa
9	75 a 88	41 a 47	Temporal fuerte (Muy duro)	Olas muy grandes, rompientes. Visibilidad mermada	Daños en árboles, imposible andar contra el viento
10	89 a 102	48 a 55	Temporal duro (Temporal)	Olas muy gruesas con crestas empenachadas. Superficie del mar blanca.	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones
11	103 a 117	56 a 63	Temporal muy duro (Borrasca)	Olas excepcionalmente grandes, mar completamente blanca, visibilidad muy reducida	Estragos abundantes en construcciones, tejados y árboles
12	118 y más	64 a 71 >	Temporal huracanado (Huracán)	El aire está lleno de espuma y rociaciones. Enorme oleaje. Visibilidad casi nula	Destrucción total

- Anexo A – 3 La Escala de Beaufort es una medida empírica para la intensidad del viento, basada principalmente en el estado del mar, de sus olas y la fuerza del viento. Su nombre completo es Escala de Beaufort de la Fuerza de los Vientos.

ANEXO A – 4

TABLE 3.2—STANDARDS OF CONCRETE CONTROL *					
OVERALL VARIATION					
CLASS OF	STANDARD DEVIATION FOR DIFFERENT CONTROL STANDARDS, MPA (PSI)				
operation	Excellent	Very good	Good	Fair	Poor
General	Below 2.8	2.8 to 3.4	3.4 to 4.1	4.1 to 4.8	Above 4.8
construction	(below 400)	(400 to 500)	(500 to 600)	(600 to 700)	(above 700)
testing					
Laboratory	Below 1.4	1.4 to 1.7	1.7 to 2.1	2.1 to 2.4	Above 2.4
trial batches	(below 200)	(200 to 250)	(250 to 300)	(300 to 350)	(above 350)
Within-test variation					
Class of	Coefficient of variation for different control standards, %				
operation	Excellent	Very good	Good	Fair	Poor
Field control					
testing	Below 3.0	3.0 to 4.0	4.0 to 5.0	5.0 to 6.0	Above 6.0
Laboratory					
trial	Below 2.0	2.0 to 3.0	3.0 to 4.0	4.0 to 5.0	Above 5.0
batches					

*fc' ≤ 34.5 MPa (5000 psi)		
	1	
s1	=	= ----R
	d2	
V1	s1	= ---- x 100
	X	

- Anexo A-4 Tabla 3.2 del ACI 214 R-06 Norma para el control del concreto.

ANEXO A – 5

Table 3.3—Standards of concrete control*					
Overall variation					
Class of	Coefficient of variation for different control standards, %				
operation	Excellent	Very good	Good	Fair	Poor
General	Below 7.0	7.0 to 9.0	9.0 to 11.0	11.0 to 14.0	Above 14.0
construction					
testing					
Laboratory	Below 3.5	3.5 to 4.5	4.5 to 5.5	5.5 to 7.0	Above 7.0
trial batches					
Within-test variation					
Class of	Coefficient of variation for different control standards, %				
operation	Excellent	Very good	Good	Fair	Poor
Field control					
testing	Below 3.0	3.0 to 4.0	4.0 to 5.0	5.0 to 6.0	Above 6.0
Laboratory	Below 2.0	2.0 to 3.0	3.0 to 4.0	4.0 to 5.0	Above 5.0
trial batches					

* $f_c' > 34.5$ MPa (5000 psi).

- Anexo A-5 Tabla 3.3 del ACI 214 R-06 Norma para el control del concreto.

ANEXO A – 6

CUADRO DE ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ESFUERZO A

COMPRESION EN LOS PUNTOS DE ANALISIS 2007

LUGAR DE PRUEBA	CONDICIONES AMBIENTALES			CONDICIONES DE CONCRETO	
	Temperatura Ambiente (°C)	Humedad Relativa (%)	Velocidad de Viento (km/h)	Edad (Días)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)
MEZCLA DE DISEÑO (SAN SALVADOR)	26.30	72.50	3.00	7	195.70
	26.60	72.50	3.00	28	300.60
SAN SALVADOR (SAN SALVADOR)	33.00	38.40	15.00	7	175.00
	33.00	38.40	15.00	28	206.70
SAN MIGUEL (EL DELIRIO, SAN MIGUEL)	24.00	87.00	2.50	7	201.40
	24.00	87.00	2.50	28	230.90
SANTA ANA (SANTA ANA)	30.00	40.30	2.50	7	176.90
	30.00	40.30	2.50	28	181.20

- Anexo A – 6 Resultados obtenidos en los puntos de San Salvador, San Miguel y Santa Ana, para el año 2007, el cuadro muestra las mediciones de las condiciones ambientales tomadas en ese año, y la resistencia a compresión promedio a 7 y 28 días. La etapa de prueba se re chequeo en el año 2008, manteniendo todas las variables constantes y poder respaldar la hipótesis de este estudio.

ANEXO A – 7

CUADRO DE ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ESFUERZO DE FLEXION EN LOS PUNTOS DE ANALISIS. 2007

LUGAR DE PRUEBA	CONDICIONES AMBIENTALES			CONDICIONES DE CONCRETO	
	Temperatura Ambiente (°C)	Humedad Relativa (%)	Velocidad de Viento (km/h)	Edad (Días)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)
MEZCLA DE DISEÑO (SAN SALVADOR)	26.30	72.50	3.00	7	-
	26.60	72.50	3.00	28	40.85
SAN SALVADOR (SAN SALVADOR)	33.00	38.40	15.00	7	-
	33.00	38.40	15.00	28	50.05
SAN MIGUEL (EL DELIRIO, SAN MIGUEL)	24.00	87.00	2.50	7	-
	24.00	87.00	2.50	28	26.83
SANTA ANA (SANTA ANA)	30.00	40.30	2.50	7	-
	30.00	40.30	2.50	28	34.65

- Anexo A – 7 Resultados obtenidos en los puntos de San Salvador, San Miguel y Santa Ana, para el año 2007, el cuadro muestra las mediciones de las condiciones ambientales tomadas en ese año, y la resistencia a flexión promedio a 7 Y 28 días. La etapa de prueba se re chequeo en el año 2008, manteniendo todas las variables constantes y poder respaldar la hipótesis de este estudio.

