

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO DE GRADO

“INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA AMBIENTE EN EL TIEMPO DE FRAGUADO DE HORMIGONES ELABORADOS CON 3 MARCAS DE CEMENTO TIPO IP DISPONIBLES EN LA CIUDAD DE LA PAZ”

POSTULANTES:

Averanga Vergara Brian David

Casas Gutierrez Juan Adolfo

Quispe Quispe Martin

TUTORES:

Ing. Adolfo Castro Vega

Ing. Fernando M. Cerruto Anibarro

LA PAZ – BOLIVIA

2022



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS POR DARME ESTA HERMOSA VIDA.
A MIS QUERIDOS PADRES DAVID Y LUISA POR SIEMPRE DARME SU APOYO
EN ESTOS AÑOS DE CARRERA UNIVERSITARIA.
A MI HERMANO POR SU COMPAÑÍA Y APOYO.
A TODOS MIS SERES QUERIDOS QUE CONFIARON EN MI Y ME BRINDARON SU
GRANITO DE ARENA.
A MIS MASCOTAS QUE ME ACOMPAÑABAN EN LAS LARGAS NOCHES DE
ESTUDIO.
A TODOS MIS AMIGOS QUE CONOCI EN LA UNIVERSIDAD Y EN EL COLEGIO Y
ME AYUDARON A HACER MAS AMENA MI VIDA UNIVERSITARIA.
A LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL Y A TODOS LOS DOCENTES DE ESTA
CASA UNIVERSITARIA QUE ME BRINDARON TODOS SUS CONOCIMIENTOS Y
FORMARME COMO PROFESIONAL.
AL INSTITUTO DE ENSAYO DE MATERIALES, EN ESPECIAL A LOS TECNICOS
Y A NUESTROS COMPAÑEROS QUE NOS COLABORARON EN NUESTRA
ESTANCIA EN EL INSTITUTO.
ESPECIALMENTE A NUESTROS TUTORES ING. CASTRO E ING. CERRUTO POR
SUS ENSEÑANZAS A LO LARGO DEL PROYECTO.
A MIS COMPAÑEROS DE PROYECTO, ADOLFO Y MARTIN POR TODAS LAS
COSAS VIVIDAS A LO LARGO DEL DESARROLLO DEL PROYECTO SON UNOS
GRANDES AMIGOS Y AHORA YA SOMOS PRFESIONALES.
ME SIENTO MUY ORGULLOSO DE SALIR PROFESIONAL DE ESTA
PRESTIGIOSA CASA DE ESTUDIOS, UMSA LA MEJOR.

BRIAN DAVID AVERANGA VERGARA

AGRADECIMIENTOS

AGRADEZCO A DIOS POR DARME LA VIDA Y GUIAR MIS PASOS DÍA A DÍA.
A MI PADRE PATRICIO QUE ME INCULCO HÁBITOS Y VALORES, ADEMÁS DE
SER UN EJEMPLO PARA MÍ Y QUE AHORA, DESDE EL CIELO ME ILUMINA
PARA SEGUIR ADELANTE CON MIS OBJETIVOS.

A MI MADRE ELSA QUE SIEMPRE ESTUVO PARA APOYARME, POR SUS
CONSEJOS, DEDICACIÓN Y PACIENCIA QUE ME TUVO.

A MIS HERMANOS JHOSELIN, KAREN Y FERNANDO QUE DÍA A DÍA ME
IMPULSARON A SEGUIR ADELANTE Y QUE ESPERO PODER LLEGAR A SER UN
EJEMPLO PARA ELLOS.

A MIS ABUELOS, TÍOS Y PRIMOS QUE ME APOYARON EN MOMENTOS
DIFÍCILES.

A PAMELA POR LA AYUDA Y MOTIVACIÓN QUE ME BRINDASTE EN LOS
PEORES MOMENTOS.

A MIS QUERIDOS AMIGOS QUE SIEMPRE ESTUVIERON PARA SACARME UNA
SONRISA, BETO, VICTOR, CRISTIAN, CARLOS, RAUL, MILTON, ENRIQUE,
ANDY,

A MIS COMPAÑEROS Y PROFESORES DE COLEGIO QUE ME IMPULSARON A
ESTUDIAR TAN HERMOSA CARRERA.

A MIS COMPAÑEROS DE UNIVERSIDAD, POR LOS BUENOS MOMENTOS QUE
HEMOS COMPARTIDO, ADEMÁS DE HACER MÁS AMENO EL ESTUDIO.

A MI QUERIDA UMSA POR HABERME PERMITIDO FORMARME Y SER
PROFESIONAL, ASÍ COMO TAMBIÉN A LOS DOCENTES DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA CIVIL POR TRANSMITIRME SUS DIVERSOS CONOCIMIENTOS Y
MOTIVARME A SEGUIR ESTUDIANDO.

A MIS TUTORES ING. CASTRO E ING. CERRUTO QUE NOS GUIARON Y
COMPARTIERON SU EXPERIENCIA Y SABIDURÍA PARA PODER REALIZAR UN
BUEN PROYECTO.

A LOS TÉCNICOS DEL INSTITUTO DE ENSAYO DE MATERIALES DON NICO Y
DON RICHARD POR LA CONFIANZA Y LA PACIENCIA QUE TUVIERON.
Y POR ÚLTIMO AGRADECER A MIS COMPAÑEROS DE PROYECTO, DAVID Y
MARTIN, AMIGOS CON LOS QUE COMPARTÍ ALEGRÍAS Y TRISTEZAS EN LA
REALIZACIÓN DE ESTE PROYECTO.

JUAN ADOLFO CASAS GUTIERREZ

AGRADECIMIENTOS

A DIOS POR DARMER LA VIDA.
A MIS QUERIDOS PADRES BENJAMÍN Y VICTORIA
QUIENES ME DIERON SU APOYO INCONDICIONAL.
A MIS AMIGOS Y AMIGAS DE LA UNIVERSIDAD CON
QUIENES COMPARTIMOS MOMENTOS DE ALEGRÍA Y
TAMBIÉN DE ANGUSTIA.
A LOS SEÑORES DOCENTES QUIENES COMPARTIERON
SUS CONOCIMIENTOS PARA QUE PUEDA FORMARME
PARA SER UN BUEN PROFESIONAL.
AL INSTITUTO DE LO ENSAYO DE MATERIALES I.E.M.
ÁREA DE HORMIGONES QUE NOS ABRIÓ LAS PUERTAS
DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO.
A LOS ASESORES ING. FERNANDO CERRUTO Y ADOLFO
CASTRO QUIENES NOS GUIARON Y ORIENTARON
DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO.
A MIS QUERIDOS COMPAÑEROS ADOLFO Y DAVID CON
QUIENES COMPARTIMOS MOMENTOS DE ALEGRÍA Y
ANGUSTIAS DURANTE EL DESARROLLO DEL
PROYECTO.

MARTIN QUISPE QUISPE

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA AMBIENTE EN EL TIEMPO DE FRAGUADO DE HORMIGONES ELABORADOS CON 3 MARCAS DE CEMENTO TIPO IP DISPONIBLES EN LA CIUDAD DE LA PAZ

Objetivo general

Evaluar los efectos de la temperatura en el tiempo de fraguado para hormigones preparados con distintos consumos de cemento del tipo IP disponibles en la ciudad de La Paz.

Los objetivos específicos son:

- Dosificar hormigones con consumos de cemento de 300, 400 y 500 kg/m³ y 3 marcas de cemento.
- Evaluar el tiempo de fraguado en función a la temperatura ambiente de 5°, 15° y 25° C.
- Ensayar a compresión las probetas, a las edades de 7 y 28 días.
- Elaborar curvas tiempo de fraguado vs temperatura ambiente de los hormigones preparados.

Desarrollo del proyecto

Planificación: Se realizó 3 réplicas por consumo y a temperaturas variables para la correlación de datos óptimo, se elaboró 9 dosificaciones en base a los alcances y límites del proyecto.

Trabajos Previos: Se realizó la adquisición y acopio para los agregados dentro de los previos IEM, compra de materiales y adecuación de ambientes para ejecutar el proyecto.

Vaciados y ensayos: Se realizó una serie de ensayos en base a la norma de ASTM C 403 para evaluar el tiempo de fraguado. Se optó por vaciar 3-4 revolturas por día por un lapso de 8 semanas. Analizando 2 variables, temperaturas de 5°, 15° y 25 °C y consumos de 300, 400 y 500 kg/m³. Para los ambientes de ensayos se usó un refrigerador, un ventilador y una estufa respectivamente.

Conclusiones

-Se puede señalar que el tiempo de fraguado tiene una tendencia exponencial y que varía en función de la temperatura, obteniendo mayores tiempos conforme la temperatura disminuye en los tres cementos estudiados, viendo que es más notorio para el cemento IP-30.

-A menor consumo de cemento el tiempo de fraguado es mayor, es marcada la diferencia para el caso de cemento IP-30, y en el caso de los IP-40 es menor la influencia.

-En cuanto a los cementos IP-40 de ambas fabricas la influencia de la temperatura en el tiempo de fraguado es similar incluso con el mismo consumo de cemento, donde los hormigones elaborados con el cemento 2 tiene valores mayores que el cemento 3, pero las diferencias no son significativas.

-Los hormigones elaborados a altas temperaturas desarrollan resistencias mayores a edades tempranas, pero los hormigones elaborados a temperaturas bajas desarrollan mayores resistencias a largo plazo.

-A menor consumo de cemento las resistencias son menores, es marcada la diferencia entre los consumos de 300 y 400 kg/m³.

-Los cementos IP-40 ofrecen mayores resistencias que los cementos IP-30, y el cemento 3 tiene valores más altos que el cemento 2, esta diferencia se ve más cuando el consumo de cemento es mayor.

INFLUENCE OF AMBIENT TEMPERATURE ON THE SETTING TIME OF CONCRETE MADE WITH 3 BRANDS OF CEMENT TYPE IP AVAILABLE IN LA PAZ CITY

General objective

Evaluate the effects of temperature on the setting time for concrete prepared with different consumptions of cement IP-type available in the La Paz city.

The specific objectives are:

- Dose concrete with cement consumption of 300, 400 and 500 kg/m³ and 3 brands of cement.
- Evaluate the setting time based on the ambient temperature of 5°, 15° and 25°C.
- Test the specimens under compression, at the ages of 7 and 28 days.
- Elaborate curves of setting time vs ambient temperature of the prepared concrete.

Project development

Planning: 3 replicates were carried out per consumption and at variable temperatures for the optimal data correlation, 9 dosages were elaborated based on the scope and limits of the project.

Previous Works: The acquisition and storage for the aggregates were carried out within the previous IEM, purchase of materials and adaptation of environments to execute the project.

Concreting and tests: A series of tests were carried out based on the ASTM C 403 standard to evaluate the setting time. It was decided to empty 3-4 mixtures per day for a period of 8 weeks. Analyzing 2 variables, temperatures of 5°, 15° and 25°C and consumption of 300, 400 and 500 kg/m³. For the test environments, a refrigerator, a fan and a stove were used, respectively.

Conclusions:

- It can be pointed out that the setting time has an exponential trend and that it varies depending on the temperature, obtaining longer times as the temperature decreases in the three cements studied, seeing that it is more noticeable for the IP-30 cement.
- The lower the consumption of cement, the longer the setting time is, the difference is marked in the case of IP-30 cement, and in the case of IP-40 the influence is less.
- Regarding the IP-40 cements of both factories, the influence of temperature on the setting time is similar even with the same cement consumption, where the concretes made with cement 2 have higher values than cement 3, but the differences are not significant.
- Concretes made at high temperatures develop higher strengths at early ages, but concretes made at low temperatures develop higher strengths in the long term.
- The lower the consumption of cement, the resistances are lower, the difference between the consumption of 300 and 400 kg/m³ is marked.
- IP-40 cements offer greater resistance than IP-30 cements, and cement 3 has higher values than cement 2, this difference is more noticeable when cement consumption is higher.

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	2
2.- ANTECEDENTES	2
3.- IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	6
3.1.- <i>OBJETIVO GENERAL</i>	6
3.2.- <i>OBJETIVOS ESPECIFICOS</i>	6
4.- ALCANCE Y LÍMITES DEL PROYECTO	6
4.1.- <i>ALCANCES.....</i>	6
4.2.- <i>LIMITACIONES.....</i>	7
5.- MARCO TEÓRICO	8
5.1.- <i>GENERALIDADES</i>	8
5.2.- <i>FRAGUADO.....</i>	9
5.3.- <i>TIEMPOS DE FRAGUADO DEL HÓRMIGON.....</i>	10
5.3.1.- <i>TIEMPO INICIAL DE FRAGUADO</i>	10
5.3.2.- <i>TIEMPO FINAL DE FRAGUADO</i>	10
5.4.- <i>HORMIGÓN ENDURECIDO</i>	10
5.5.- <i>HORMIGONADO EN TEMPERATURAS FRÍAS.....</i>	11
5.6. <i>HORMIGONADO EN TIEMPO CALUROSO</i>	12
5.7. <i>TEMPERATURA EN LA CIUDAD DE LA PAZ.....</i>	13
6.- DOSIFICACIÓN.....	16
7.- DESARROLLO DEL PROYECTO	18
7.1.- <i>METODOLOGÍA.....</i>	18
7.1.1.- <i>PLANIFICACIÓN</i>	18
7.1.2.- <i>TRABAJOS PREVIOS</i>	20
7.1.3.- <i>VACIADOS Y ENSAYOS A TEMPERATURA DE 5°C</i>	22
7.1.4.- <i>VACIADOS Y ENSAYOS A TEMPERATURA DE 15°C</i>	25
7.1.5.- <i>VACIADOS Y ENSAYOS A TEMPERATURA DE 25°C</i>	26
7.1.6.- <i>DIFUCULTADES PRESENTADAS DURANTE EL ESTUDIO</i>	27
7.2.- <i>PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO</i>	28
7.2.1.- <i>ENSAYOS EN LOS AGREGADOS.....</i>	28
7.2.2.- <i>ENSAYOS EN EL HORMIGÓN</i>	29
8.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	31
8.1.- <i>ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS ENSAYOS DE TIEMPO DE FRAGUADO</i>	31
MODELO ANOVA.....	31
8.1.1.- <i>TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL Y FINAL, PARA CONSUMO DE 300</i> <i>KG/M³.....</i>	31
8.2.- <i>ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESION</i> <i>A DIFERENTES EDADES.....</i>	33
8.2.1.- <i>CRITERIO DE RECHAZO DE CILINDROS DUDOSOS.....</i>	33
8.2.2.- <i>CONTROL ESTADÍSTICO-NORMAL.....</i>	34

8.3.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO ANOVA Y DUNCAN DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A DIFERENTES EDADES.....	37
9.- ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS	37
9.1.- TIEMPO DE FRAGUADO POR TIPO DE CEMENTO, PARA UNA MISMA TEMPERATURA DE FRAGUADO	37
9.1.1.- TEMPERATURAS DE 5°C A 25°C Y CEMENTO IP-30	37
9.1.2.- TEMPERATURAS DE 5°C A 25°C Y CEMENTO IP-40	38
9.2.- TIEMPO DE FRAGUADO POR TEMPERATURA	40
9.3.- TIEMPO DE FRAGUADO COMPARATIVO A CONSUMOS DE CEMENTO	42
9.4.- TIEMPO DE FRAGUADO COMPARATIVO A LOS TIPOS DE CEMENTO	44
9.5.- RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN	46
9.5.1.- TEMPERATURAS DE 5°C A 25°C Y CEMENTO IP-30	46
9.5.2.- TEMPERATURAS DE 5°C A 25°C Y CEMENTO IP-40	47
9.6.- RESISTENCIA A COMPRESIÓN POR TEMPERATURA	49
9.7.- RESISTENCIA A COMPRESIÓN COMPARATIVO A CONSUMOS DE CEMENTO	51
9.8.- RESISTENCIA A COMPRESIÓN COMPARATIVO A LOS TIPOS DE CEMENTO	53
9.9.- ANÁLISIS DE COSTOS	54
10.- CONCLUSIONES PREVIAS	57
11.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
11.1.- CONCLUSIONES.....	60
11.2.- RECOMENDACIONES.....	62
12.- BIBLIOGRAFIA.....	65
13.- ANEXOS	65

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.
2. ANTECEDENTES.
3. IMPORTANCIA DE ESTUDIO.
4. ALCANCE Y LIMITES DEL PROYECTO.
5. MARCO TEÓRICO.
6. DOSIFICACIÓN.

1.- INTRODUCCIÓN

Al existir temperaturas variables en la ciudad de La Paz, la evolución del fraguado de los distintos cementos disponibles en la ciudad, tienen un comportamiento diferente, por lo tanto, se ve la necesidad de determinar y dar a conocer mediante datos experimentales de laboratorio, el Tiempo de Fraguado de hormigones elaborados con cemento IP diferentes. Así mismo, viendo que casi la totalidad de los cementos existentes en el mercado tiene adición de puzolana, en diferentes porcentajes, se ve la necesidad de estudiar las características de estos ya que no existen muchos estudios acerca de sus características.

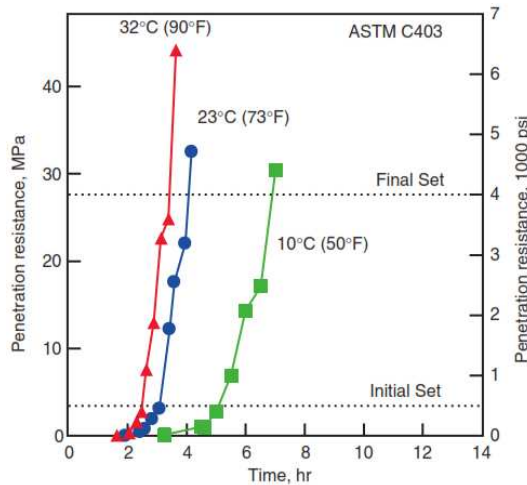
La información disponible sobre el Tiempo de fraguado, está limitada para cementos Portland tipo I sin adición de puzolana, en consecuencia, las especificaciones técnicas y las Norma Boliviana (NB) existentes sobre los Tiempos de Fraguado de hormigones, a distintas temperaturas, no están estudiadas para hormigones elaborados con cementos con adición de puzolana. Es necesario comenzar con los estudios elementales en este tipo de cementos los cuales son los más utilizados en nuestro medio.

Debido a que el proceso de fraguado del hormigón es un factor esencial en la construcción en nuestro medio se ve la necesidad de estudiar este proceso tomando en cuenta las distintas temperaturas que pueden existir en el ambiente, así como también diferentes cementos que se puede encontrar en el mercado, comparando con datos experimentales del tiempo de fraguado ya existentes y actualizarlos.

2.- ANTECEDENTES

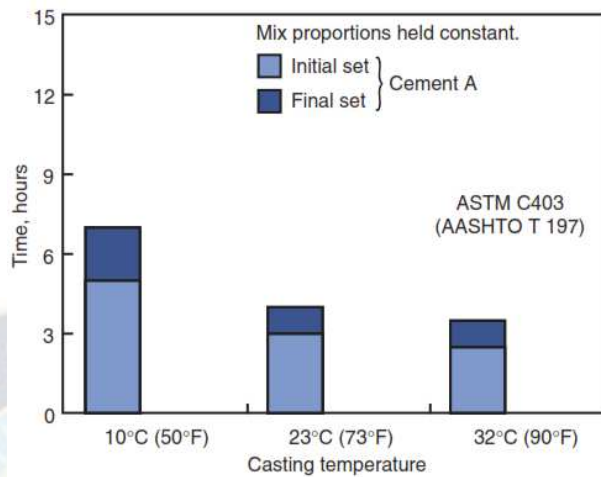
Como se mencionó, la poca información disponible sobre el Tiempo de Fraguado, está relacionada con los cementos Portland sin adición de puzolana, es decir cementos Portland normales. En el Gráfico 1 se presenta el grafico de resistencia a penetración vs tiempo, para hormigones elaborados con cemento tipo I. y el en el Gráfico 2 se presentan los Tiempos de Fraguado tanto inicial como final a distintas temperaturas, para hormigones elaborados con cemento tipo I.

Gráfico N°1. Tiempos de Fraguado a temperaturas variables



Fuente: Design and control of concrete (Kosmatka, Et al., 2008)

Gráfico N°2. Efecto de la temperatura en el Tiempo de Fraguado



Fuente: Design and control of concrete (Kosmatka, Et al., 2008)

También existe la investigación de la influencia sobre el Tiempo de Fraguado, de la temperatura y a la relación Agua/Cemento, realizada por VENUAT, mostrada en la Tabla N°1.

Tabla N°1

Influencia de la temperatura y la relacion A/C en los tiempos de fraguado, según VENUAT						
Relación A/C	0,45		0,5		0,55	
Fraguado	Principio	Fin	Principio	Fin	Principio	Fin
5°C	6h 30m	16h 00m	7h 30m	16h 30m	9h 15m	17h 00m
20°C	3h 00m	6h 00m	3h 30m	6h 30m	4h 00m	7h 00m
40°C	1h 30m	2h 15m	1h 45m	2h 30m	1h 55m	2h 50m
60°C	1h 20m	1h 55m	1h 30m	2h 10m	1h 40 m	2h 30m
80°C	0h 40m	1h 00m	0h 45m	1h 10m	0h 50m	1h 20m
100°C	0h 25m	0h 50m	0h 30m	0h 55m	0h 40m	1h 00m

Fuente: (EHE, 1991)

El único antecedente que se tiene acerca de Cementos con adición de puzolana, es el proyecto de grado realizado en la UMSA, el año 2011, “Influencia de la Temperatura Ambiente en el Tiempo de Fraguado para Hormigones H-21 y H-25 Elaborados con Cementos Puzolánicos Viacha, COBOCE, Warnes Tipo IP-30, IP-40 y FANCESA Tipo IP 30.”, (López, Et al., 2011) donde tenemos referencia acerca de cementos fabricados en el país, con resistencias a compresión de H-21 y 25, obteniéndose los siguientes cuadros de resultados, en las tablas N°2 y N°3.

Tabla N°2
 Tiempos de Fraguado Característicos para cemento IP-30

Cemento IP-30			
Hormigón H-21			
Temp.	Tiempos (hrs)		
(°C)	T_{o,k}	T_{f,k}	T_{frag}
5°	10,02	27,10	17,08
15°	7,50	15,67	8,18
25°	4,03	10,59	6,56
35°	3,38	8,14	4,76
Hormigón H-25			
Temp.	Tiempos (hrs)		
(°C)	T_{o,k}	T_{f,k}	T_{frag}
5°	9,80	24,87	15,07
15°	7,45	15,88	8,43
25°	3,81	10,16	6,35
35°	3,27	8,38	5,11

Fuente: Proyecto de Fraguado (López, Et al., 2011).

Tabla N°3
 Tiempos de Fraguado Característicos para cemento IP-40

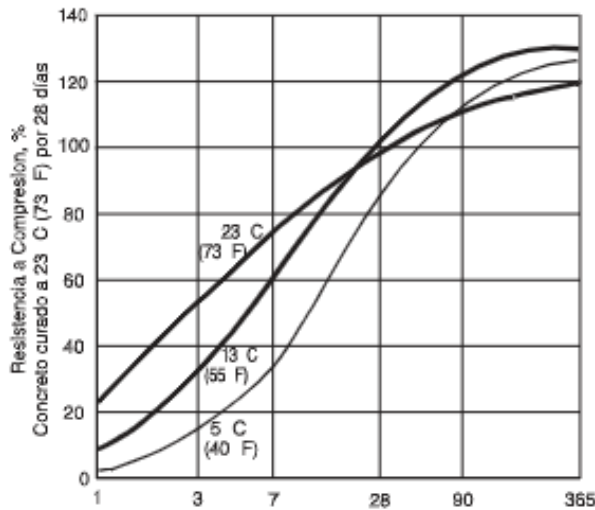
Cemento IP-40			
Hormigón H-21			
Temp.	Tiempos (hrs)		
(°C)	T_{o,k}	T_{f,k}	T_{frag}
5°	7,98	28,81	20,83
15°	6,50	16,00	9,51
25°	4,15	10,57	6,42
35°	3,59	10,45	6,86
Hormigón H-25			
Temp.	Tiempos (hrs)		
(°C)	T_{o,k}	T_{f,k}	T_{frag}
5°	8,47	23,76	15,28
15°	7,77	14,27	6,50
25°	4,91	9,70	4,79
35°	3,65	8,49	4,84

Fuente: Proyecto de Fraguado (López, Et al., 2011)

La influencia que pueden tener las bajas temperaturas en las propiedades del Hormigón endurecido se reconoce en el reporte 306 del ACI 306 R-88, acerca del “Vaciado de Hormigón a bajas temperaturas”, que expresa: “Uno debe aprovechar las oportunidades proporcionadas por el clima frío para vaciar Hormigón a bajas temperaturas”. El Hormigón vaciado a bajas temperaturas

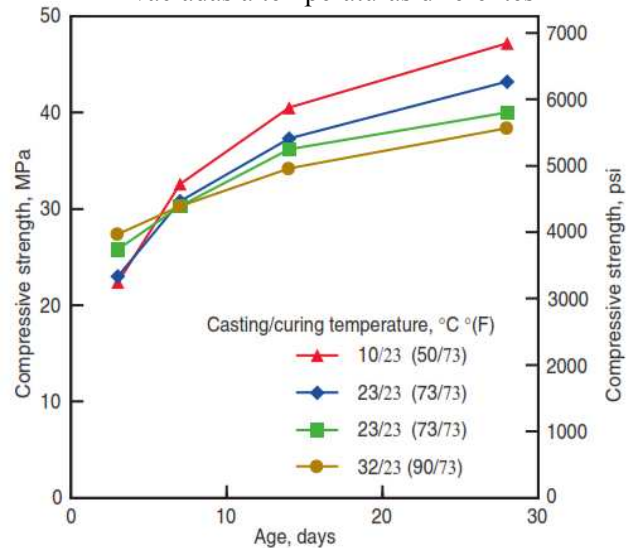
[entre 5 y 13 °C (40 a 55 °F)], se protege contra el congelamiento y es curado por largo tiempo, desarrollándose resistencias finales más altas y mayor durabilidad. (Ver el Gráfico N°3 y N°4).

Gráfico N°3. Efecto de las Bajas Temperaturas en la Resistencia a compresión del hormigón.



Fuente: Design and control of concrete (Kosmatka, Et al., 1990)

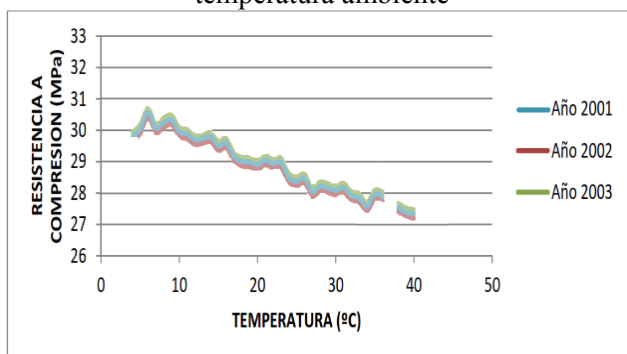
Gráfico N°4 Resistencias a compresión de hormigones vaciadas a temperaturas diferentes



Fuente: Design and control of concrete (Kosmatka, Et al., 2008)

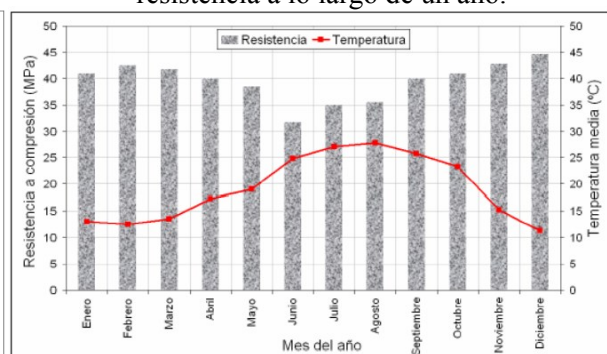
Como se mencionó anteriormente, es bien conocido el efecto de las condiciones ambientales en las propiedades físico – mecánicas del hormigón endurecido, provocando, entre otras cosas, bajadas de resistencias en períodos estivales. En la siguiente gráfica se puede observar cómo se confirma la influencia de la temperatura ambiental en la resistencia del hormigón con los datos utilizados en el trabajo “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE FACTORES AMBIENTALES EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN ARMADO” (Prieto & Morales,2005) de la Escuela Politécnica Superior Villanueva Cañada de Madrid. (Ver el Gráfico N°5 y N°6).

Gráfico N°5. Resistencia a Compresión a temperatura ambiente



Fuente: Influencia de factores ambientales en el hormigón armado (Prieto & Morales,2005)

Gráfico N°6. Evolución de la temperatura y resistencia a lo largo de un año.



Fuente: Influencia de factores ambientales en el hormigón armado (Prieto & Morales,2005)

3.- IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

3.1.- OBJETIVO GENERAL

Evaluar los efectos de la temperatura en el tiempo de fraguado para hormigones preparados con distintos consumos de cemento del tipo IP disponibles en la ciudad de La Paz.

3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dosificar hormigones con distinto consumo de cemento de 300, 400 y 500 kg/m³ y 3 marcas de cemento.
- Evaluar el tiempo de fraguado en función a la temperatura ambiente de 5°, 15° y 25° grados centígrados.
- Ensayar a compresión las probetas, a las edades de 7 y 28 días.
- Elaborar curvas tiempo de fraguado vs temperatura ambiente de los hormigones preparados.
- Realizar un análisis de costos.
- Proponer valores para ser considerados en Especificaciones Técnicas y Comités Técnicos de Normalización como la NB604 y NB1225001.

4.- ALCANCE Y LÍMITES DEL PROYECTO

4.1.- ALCANCES

Esta investigación comprende los siguientes ensayos a realizarse en el laboratorio de hormigones del IEM de la UMSA:

- Ensayos de Agregados ASTM C702, C29, C117, C127, C128 y C136.
- Ensayos de Hormigón Fresco ASTM C172, C138 y C403.
- Ensayos de Hormigón Endurecido ASTM C192, C617 y C39.

Las propiedades del hormigón en estado fresco estudiadas serán:

- Asentamiento ASTM C172.
- Peso unitario ASTM C138.
- Tiempo de Fraguado ASTM C403.

El estudio principal del proyecto es el Tiempo de Fraguado de mezclas de hormigón por resistencia a la penetración por la norma ASTM C403, donde se realizará la elaboración de las curvas de comportamiento del Tiempo de fraguado en función a la temperatura ambiente.

Las propiedades del hormigón en estado endurecido determinadas serán:

- Resistencia a compresión a 7 y 28 días de edad ASTM C39.
- Elaboración de curvas de comportamiento de Edad vs Resistencia.

4.2.- LIMITACIONES

El presente proyecto estará limitado por los siguientes aspectos:

- 3 condiciones de temperaturas 5°, 15° y 25°C.
- 3 marcas de cemento disponibles en la ciudad de La Paz (Cemento 1: Viacha IP-30, Cemento 2: Viacha IP-40, Cemento 3: Ecebol IP-40).
- 3 consumos de cemento 300, 400 y 500 kg/m³ por cada marca de cemento.
- Asentamiento de 7 cm.
- Grava de procedencia planta de SOBOCE.
- Tamaño máximo nominal de la grava de ¾".
- Arena de procedencia planta de SOBOCE.
- Tamaño máximo nominal de la arena de 4".
- Agua potable zona sur de la ciudad de La Paz.
- Dosificación según la norma ACI 211.1.
- Resistencia a compresión con probetas cilíndricas.
- 3 réplicas.

Los agregados fueron donados por la empresa SOBOCE y solo se pagó el transporte del material.

Por lo tanto, las conclusiones y recomendaciones derivadas de este trabajo deben interpretarse dentro del contexto señalado anteriormente.

La finalidad del este proyecto de investigación mediante datos experimentales en laboratorio es, evaluar los efectos de la temperatura en el tiempo de fraguado en momentos actuales, en hormigones preparados, con tres tipos de cemento IP disponibles en la ciudad de La Paz, además de la influencia de la cantidad de cemento, para ello se tendrán dosificaciones con tres consumos distintos de cemento, con el objeto de realizar comparaciones del tiempo de fraguado entre los cementos analizados y actualizar los valores obtenidos con investigaciones pasadas, por la migración a la normativa NB 1225001 en reemplazo del CBH87.

5.- MARCO TEÓRICO

5.1.- GENERALIDADES

El hormigón fresco es un material esencialmente heterogéneo, puesto que en el coexisten tres fases: la sólida (agregados y cemento), la líquida (agua) y la gaseosa (aire ocluido). A su vez, la fase sólida es heterogénea entre sí, ya que sus granos son de naturaleza y dimensión variables.

Entre sus componentes tenemos al cemento, el cual según su composición en masa se clasifica en cemento portland (Tipo I), cemento Portland con adición de puzolana (Tipo IP), cemento Portland con filler calizo (IF), cemento portland con escoria (IS), cemento portland mixto (IM) y cemento puzolánico (P) de los cuales para la preparación de los hormigones para este proyecto son los cementos Portland con adición de puzolana (Tipo IP) ya que son las que más se fabrican en nuestro país.

Este tipo de cementos están constituidos a base de Clinker portland en proporción no menor del 65% ni mayor del 94% en masa, de puzolana en proporción no menor del 6% ni mayor del 35% en masa y de otros componentes adicionales en proporción no mayor al 5% en masa. En Bolivia, todas las puzolanas utilizadas en la industria cementera, son puzolanas naturales y casi todos los cementos comercializados son cementos Portland con adición de puzolana.

5.2.- FRAGUADO

El cemento Portland endurece al ser mezclado con agua por la hidratación de los silicatos y aluminatos, formándose cristales de hidróxido de calcio, silicatos y aluminatos hidratados. La adición de pequeñas proporciones de yeso al Clinker, durante la fabricación, se efectúa para retardar su fraguado, que de otra manera sería demasiado rápido debido a la presencia de aluminatos, principalmente de aluminato tricálcico. El yeso retarda el fraguado puesto que se combina con el aluminato tricálcico y forma estringita, compuesto expansivo que absorbe mucha agua. La expansión de este compuesto es inofensiva puesto que se produce cuando la pasta se encuentra en estado plástico, es decir antes de fraguar.

Una vez que el cemento ha sido mezclado con el agua, se presenta un periodo en el que la mezcla se encuentra en estado plástico. Este periodo puede ser más o menos prolongado en función de la composición química del cemento, las condiciones ambientales, etc. Generalmente dura unas pocas horas. Durante esta etapa se aprovecha la plasticidad (trabajabilidad) de la mezcla para colocarla en el sitio donde se pretende que preste servicios: moldes, encofrados, etc. Posteriormente, en el proceso de petrificación del cemento, se distingue el fraguado que es la pérdida de plasticidad (proceso de rigidización) y luego el endurecimiento que es la adquisición de resistencia de la pasta fraguada.

El fraguado suele durar también unas pocas horas, en tanto que el endurecimiento puede durar mucho tiempo, incluso varios años en la medida en que queden partículas de cemento sin hidratar.

Para el caso de cemento Portland con adición de puzolana, la principal función de la puzolana es la de fijar la cal, es decir, combinarse con el hidróxido de calcio generado en la hidratación del cemento, para formar silicatos de calcio hidratados que son compuestos estables que contribuyen a la resistencia de las mezclas de cemento endurecidas (morteros y hormigones). El hidróxido de calcio es el compuesto más vulnerable en la pasta de cemento endurecida, es atacada por agentes agresivos como las aguas puras y el dióxido de carbono del aire. Además, por la presencia de la puzolana el fraguado desarrolla menor calor, por tanto, son adecuados para hormigonar en tiempos calurosos y vaciar en grandes masas.

5.3.- TIEMPOS DE FRAGUADO DEL HÓRMIGON

El fraguado se da en un lapso de tiempo delimitado por los momentos t_i (llamado tiempo inicial de fraguado) y t_f (llamado tiempo final de fraguado). El tiempo de fraguado disminuye al aumentar la temperatura (hasta los 30 °C). Por el contrario, cuando la temperatura es demasiado baja, el fraguado y el endurecimiento se prolongan y a partir de los 0° C se detienen.

5.3.1.- TIEMPO INICIAL DE FRAGUADO

El tiempo transcurrido, después del contacto inicial del cemento y el agua, requerido para que el mortero tamizado del hormigón, alcance una resistencia a la penetración de 3,5 MPa (500 psi) (ASTM C403/C403M).

5.3.2.- TIEMPO FINAL DE FRAGUADO

El tiempo transcurrido después del contacto inicial del cemento y el agua, requerido para que el mortero tamizado del hormigón, alcance una resistencia a la penetración de 27,6 MPa (4000 Psi) (ASTM C403/C403 M).

5.4.- HORMIGÓN ENDURECIDO

Las características físicas de un hormigón endurecido dependen no solo de la propia naturaleza de este sino, también de su edad y de las condiciones de humedad y temperatura a las que se halla sometido.

La característica física o mecánica más frecuentemente medida en hormigones es la resistencia a compresión y esto se debe a la facilidad de su determinación y a que muchas de sus otras propiedades que están relacionadas con ella. Por otra parte, el hormigón es un material que, generalmente, va a trabajar a compresión y por consiguiente, el conocer su resistencia frente a esa sollicitación es de gran interés.

Los ensayos sobre hormigón endurecido pueden ser destructivos y no destructivos; en los primeros la integridad de la probeta desaparece al realizar el ensayo, en los segundos, se puede seguir la evolución de las características mecánicas del hormigón en función del tiempo sin que el hormigón se altere.

5.5.- HORMIGONADO EN TEMPERATURAS FRÍAS

Esta perfectamente demostrado que el hormigón no adquiere la resistencia necesaria cuando su fraguado y primer endurecimiento tienen lugar en tiempo de heladas, debido a la acción expansiva del agua intersticial, que impide la evolución normal de estos procesos. Los ensayos efectuados por Graf llevan a la conclusión de que el hormigón queda seriamente dañado si la primera helada le sorprende cuando su resistencia en probeta cilíndrica no ha alcanzado los 8 MPa, pues en tal caso no es capaz de resistir los esfuerzos internos a que se ve sometido. Por esta causa, debe suspenderse el hormigonado en cualquiera de los casos siguientes:

- a) Cuando se prevea que, dentro de las 48 horas siguientes, pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.
- b) Cuando la temperatura de la masa de hormigón sea inferior a 5°C en elementos normales, o a 10°C en elementos de pequeño espesor.
- c) Cuando la temperatura de los moldes o encofrados sea inferior a 3°C.

Por otra parte, para hormigonar en tiempo frío es necesario mejorar la dosificación del hormigón, adoptando relaciones a/c lo más bajas posible, empleando mayor cantidad de cemento o cemento de mayor resistencia e incluso utilizando un aditivo adecuado. Todo ello con objeto de aumentar la velocidad de endurecimiento del hormigón y el calor de fraguado de la masa.

Las precauciones que pueden adoptarse, en el caso en que sea imprescindible continuar el hormigonado, son las siguientes:

1. Anadir un aditivo adecuado al agua de amasado teniendo en cuenta que nunca deben utilizarse productos susceptibles de atacar a las armaduras, en particular los que contienen ion cloro.
2. Calentar el agua de amasado a unos 40°C o excepcionalmente más, cuidando que no se formen grumos en la hormigonera. Para ello conviene verter una parte de los agregados antes que el cemento.
3. Calentar los agregados.

4. Proteger las superficies hormigonadas, mediante sacos, hojas de plástico (polietileno), colchones de paja, tejadillos con lana de vidrio, etc.
5. Crear un ambiente artificial adecuado alrededor de la obra (moldes radiantes calentados eléctricamente, circulación de aire o agua caliente, etc.) para que el proceso de fraguado y endurecimiento pueda desarrollarse normalmente.
6. Prolongar el curado durante el mayor tiempo posible.
7. Retrasar el desencofrado de las piezas, incluidos costeros, cuando el encofrado actué como aislante (encofrado de madera).
8. Utilizar mayores contenidos de cemento por metro cúbico de hormigón y/o cementos de mayor categoría resistente.

El peligro de que se hiele el hormigón fresco es tanto mayor cuanto más agua lleve este. Por ello se recomienda emplear, en estos casos, hormigones tan secos como sea posible. Además, el uso de aireantes es siempre aconsejable.

Si no puede garantizarse que, con las medidas adoptadas, se consiguen evitar los perjuicios de la helada, deberán efectuarse ensayos de información para conocer la resistencia realmente alcanzada por el hormigón y adoptar, en su caso, las medidas oportunas.

Con independencia de todo lo dicho, hay que recordar que el fraguado y endurecimiento del hormigón se retrasan en periodos de baja temperatura, lo que debe tenerse en cuenta tanto para el desencofrado y retirada de puntales como para la eventual realización de pruebas de la estructura.

5.6. HORMIGONADO EN TIEMPO CALUROSO

Cuando el hormigonado se efectuó en tiempo caluroso, deben adoptarse medidas para impedir la evaporación del agua de amasado, especialmente durante el transporte del hormigón, y para reducir, en su caso, la temperatura de la masa. No hay que olvidar que el calor, la sequedad y el viento provocan una evaporación rápida del agua, lo que trae consigo pérdidas de resistencia, fisuras por afogado y aumento de la retracción en las primeras edades.

Para reducir la temperatura de la masa puede recurrirse al empleo de agua fría, con escamas o trozos de hielo en su masa. A ser posible, los áridos deben almacenarse protegidos del soleamiento.

Una vez colocado el hormigón, se protegerá del sol y especialmente del viento mediante procedimientos similares a los empleados para curar el hormigón.

Como norma general y a pesar de las protecciones, no debe hormigonarse por encima de los 40°C, ni por encima de los 35°C si se trata de elementos de mucha superficie (pavimentos, soleras, losas, etc.), ni por encima de los 15°C en el caso de grandes masas de hormigón. En las proximidades de estas temperaturas conviene regar continuamente, al menos durante 10 días, los encofrados y superficies expuestas de hormigón.

5.7. TEMPERATURA EN LA CIUDAD DE LA PAZ

Como es bien conocido que en la ciudad de La Paz la temperatura varía con la estación, incluso en un día cualquiera se pueden tener las cuatro estaciones, entonces es necesario conocer la influencia de la temperatura en el tiempo de fraguado para hormigones elaborados con cementos con adición de puzolana IP.

Las tablas N°4 y N°5, muestran la información que se tiene de temperatura media máxima y media mínima respectivamente para la ciudad de La Paz:

Tabla N°4
 Temperatura Máxima Media (°C), en la ciudad de La Paz

ESTACION: Laycacota		LATITUD SUD: 16° 30' 17"											
DEPARTAMENTO: La Paz		LONGITUD OESTE: 68° 07' 24"											
PROVINCIA: Murillo		ALTURA (msnm): 3632											
TEMPERATURA MAXIMA MEDIA (°C)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1981	17.5	16.9	18.5	18	19.6	17.4	17.9	16	16.8	18.7	20.1	19.5	18.1
1982	18.1	19.7	18.4	18.1	18.7	16.6	17.7	18	17.6	18.2	19.4	20.5	18.4
1983	20.1	19.6	21.2	20.7	19.3	18.1	18.5	18.9	18.5	19.7	20.8	19.9	19.6
1984	15.7	15.7	17.5	18.9	20.3	17	16.7	16.4	18.2	18.1	18.2	19	17.6
1985	17.7	17	18.9	18	18.6	16.5	16.9	18.4	17.5	20.3	17.2	17.9	17.9
1986	18.9	16	16.2	16.4	16.2	16.8	14.9	16.8	17.3	18.9	19.6	17.6	17.1
1987	17	19.2	18.4	18.5	17.8	16	16.2	19.3	19	18.2	18.9	20.4	18.2
1988	18.3	18.8	16.6	17.3	17.5	16.3	16.6	18.9	18.1	19.5	19.4	18.2	18
1989	17.8	16.9	17.2	16.2	16.7	16.5	15.4	16.8	17.7	19.4	18.4	19.4	17.4
1990	17.2	18.3	18.8	18.4	17.4	14.8	15.6	17.6	19	18.9	18.9	19.1	17.8
1991	18.6	19.6	19	19.5	19.2	16.8	16.3	16.5	16.7	18.5	18.8	20.2	18.3
1992	18	19	20.4	20	20	17.2	16.4	16.3	18.7	18.5	19.1	19	18.6
1993	16.8	18.7	17.5	18.1	18.7	18.4	17.5	16.8	18.9	19	20.2	19.5	18.3
1994	18.6	18.5	18.8	18.5	19.4	17.8	17	18.8	19.7	20.2	20.4	20.2	19
1995	19.4	20.1	18.6	20.2	19.8	18.7	18.9	20.2	19.1	21.7	20.7	19.2	19.7
1996	17.8	18.9	20.2	19.5	19.2	17.6	17.2	18.2	19.7	20.9	19.7	18.2	18.9
1997	18.6	17.2	16.8	18.2	18.7	18.7	19.4	17.9	19.4	21.4	21	22.9	19.2
1998	21.8	21.2	21.7	21.1	20.7	17.9	18.8	19.8	21.2	20.7	20.6	21.5	20.6
1999	19.5	18.5	17.6	18.5	19.1	18.8	17.8	19.3	19.3	19	20.8	20.9	19.1
2000	18.8	19.2	20.2	21.2	20.7	17.5	17.6	19	21.4	19.5	23.2	20.6	19.9
2001	17.2	18	19.1	20.6	19.6	18.8	18.5	17.8	20	20.3	22.6	20.2	19.4
2002	20.4	18.6	19	18.7	19.3	18.4	15.8	18.9	20.1	19.1	21.1	20.6	19.2
2003	19.5	20	18.9	20.3	19.4	18.9	17.8	19.1	19.1	21.2	21.6	20.8	19.7
2004	17.8	18.9	20	20.5	19.4	18.3	16.9	17.5	19.7	22.2	21.5	21.8	19.5
2005	19.2	18.4	20.9	19.6	20.5	19	18.8	20.1	18.3	19	20.4	21.7	19.7
2006	17.6	19.7	19.8	19.5	18.9	18	18.8	18.9	19.6	20.9	20.4	20.2	19.4
2007	19.7	19.2	18.4	19.4	18.8	19.1	17.3	19.6	17.5	20.8	20.3	19.8	19.2
2008	18	19.7	18.6	19.9	19.4	19.1	18.8	20.1	20.8	20.6	22.7	19.9	19.8
2009	19.8	20.1	19.7	19.5	19.4	19.1	18.2	20.1	20.7	21.9	22.5	20.5	20.1
2010	19.8	20.1	21.1	21.6	19.5	19.5	19.1	20.8	20.6	20.1	22.5	20.7	20.4
2011	20.3	16.9	18.6	20.4	19.9	19.3	18.1	20.2	20.2	21.7	22.6	19.6	19.8
2012	18.7	17.4	18.2	18.5	19.7	18.8	18.8	19.9	21.4	22.3	22	19.1	19.6
2013	19.1	18.7	20.7	21.2	18.8	16.9	18	19.4	20.7	21.1	22.3	19.9	19.7
2014	18.5	19.8	20.7	20.2	19.7	19.9	18.7	18.6	18.5	20.7	22.3	20.7	19.9
2015	17.2	18.6	18.9	17.7	19.3	19.4	18.9	19.3	20.4	21.1	21.2	20.9	19.4
2016	21.2	19.9	22.4	20.7	21.1	19.3	19.8	20.1	21	20.4	21.7	21.5	20.8
2017	19.4	21.3	18	19.3	18.3	18.9	19	21.1	18.6	22.1	23.1	20.4	20
2018	18.8	17.8	18.5	20	19.7	16.4	17.3	17.6	20.8	19.3	22.2	20.8	19.1
2019	19.3	19.2	19.9	20	20	19.6	19	20.2	19.3	19.9	20.6	20.6	19.8
Prom.	18.7	18.8	19.1	19.3	19.2	18.0	17.7	18.7	19.3	20.1	20.7	20.1	19.1

Fuente: SENAMHI, 2021

Tabla N°5
 Temperatura Mínima Media (°C), en la ciudad de La Paz

ESTACION: Laycacota		LATITUD SUD: 16° 30' 17"											
DEPARTAMENTO: La Paz		LONGITUD OESTE: 68° 07' 24"											
PROVINCIA: Murillo		ALTURA (msnm): 3632											
TEMPERATURA MINIMA MEDIA (°C)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1981	7.1	6.6	6.4	4.8	3.9	1.6	1.2	2.5	2.7	5.3	7.5	7.5	4.8
1982	6.3	6.7	6.6	5.4	3.3	2.3	3.3	3.6	5.5	6.4	7.4	7.2	5.3
1983	8.1	8	8.2	7.7	5.3	3.8	3.6	3.9	5.6	6.2	6.7	7.1	6.2
1984	6.8	6.5	7.5	6.2	5.5	3.6	2.6	2.7	4	6.4	6.9	6.8	5.5
1985	7	6.8	7.2	6.4	5.4	3.1	1.9	3.9	5.2	6.3	6	7	5.5
1986	7.5	6.4	6.4	6.1	3.4	3.2	1.7	3.3	4.5	5.5	6.6	7	5.1
1987	7.7	6.9	6.6	6.6	5.3	3.8	3.8	5.1	5.4	6.4	7.8	8.1	6.1
1988	7.9	7	7.3	7	5.1	3.2	3	4.4	4.9	6.2	6.3	6.8	5.8
1989	6.9	6.4	6.9	5.9	4.5	4.1	2.4	4.1	5.2	6	6.3	7.5	5.5
1990	6.8	6.7	6.9	6.6	5.4	3.3	2.6	3.2	4	6.7	7.1	7.5	5.6
1991	7.4	7.7	7.1	5.9	4.7	2.8	2.6	3	4.3	5.7	6.2	6.9	5.4
1992	6.8	6.8	6.2	5.5	4.6	3.8	2	2.7	4.1	5.7	6.1	6.9	5.1
1993	6.3	6.6	6.3	6.3	5	3.5	2.7	2.8	4.7	6.1	7.1	8	5.4
1994	7	7.5	6.3	6.3	4.9	2.5	2.4	2.9	4.3	6	6.8	7.5	5.4
1995	7.7	7.6	6.9	6.2	4.4	3.5	3.6	4.2	5.1	6.2	6.9	6.7	5.8
1996	7.4	7.5	6.9	6.3	5	3	2.4	3.6	4.4	6.2	6.5	6.8	5.5
1997	7.1	6.6	6.3	4.7	3	2.5	2.8	3.5	5.4	6.7	7.5	8.7	5.4
1998	8.8	8.8	8.5	7.3	4.6	3.7	3.4	4.3	5	6	6.8	7.5	6.2
1999	7	7.5	7.5	6.2	4.6	3	2.6	3.5	5	5.6	6.5	7.4	5.5
2000	7.2	7.2	7.5	6.2	4.6	3.3	2.1	4	5.1	5.8	6.6	6.6	5.5
2001	6.5	7.3	7	6.1	4.7	3.5	3.4	3.6	5.3	6.4	7.9	7.5	5.8
2002	7.8	8	8.1	6.8	5.5	4.1	3.1	4.4	5.7	6.6	7.2	8	6.3
2003	8.3	7.9	7.6	6	4.7	3.5	2.4	2.9	3.4	6.1	6.7	7.9	5.6
2004	7.8	7.5	7.4	6.7	3.5	2.8	3.1	3.5	4.6	6.3	7.6	8	5.7
2005	8	7.6	8	6.4	5.1	2.8	3.1	3.8	4.4	6.6	7.2	8	5.9
2006	7.6	7.6	8	6.6	3.5	3.9	3.4	4.1	4.8	7	7.6	8.3	6
2007	8.4	7.9	7.7	7	5.2	4.4	3	4.1	5.3	6.2	6.9	7.4	6.1
2008	7.6	7.5	6.9	6	3.8	3.4	3	3.9	4.6	6.3	7.6	7.3	5.7
2009	7.5	7.7	7.2	6	5	3.6	3.3	4.1	5.6	7.1	8.6	8.2	6.2
2010	8.4	8.6	8.2	6.6	5.4	4.2	3.5	4.2	5.7	6.4	6.9	7.8	6.3
2011	8	7.4	7.4	6.7	5	4	3.8	4.8	5.1	6.3	7.4	7.5	6.1
2012	7.1	7	6.8	6.2	4.8	3.4	2.9	3.7	5.2	6.8	7.7	7.6	5.8
2013	7.2	7.3	7.9	6	5.6	3.8	3.8	4	5.1	7.2	7.5	8.2	6.1
2014	7.6	7.7	7.4	6.6	5.4	4.5	3.7	4.7	6	6.6	7.6	7.8	6.3
2015	7	7.8	7.5	6.7	5	4.3	3.5	4.4	5.7	6.2	7.7	7.3	6.1
2016	8.6	8.6	8.3	7	4.7	3.7	4.3	4	5.3	6.5	7.1	7.9	6.3
2017	7.8	8	7.4	6.7	5.6	4.4	2.9	4.6	5.2	6.3	7.8	8	6.2
2018	7.5	7.7	7.7	6.6	4.5	3.8	3.6	3.8	4.5	7.1	8.3	7.6	6.1
2019	8	8	7.6	7	5.4	4.4	3.5	3.7	5.8	3.6	6.8	8.3	6
Prom.	7.5	7.4	7.3	6.3	4.7	3.5	3.0	3.8	4.9	6.2	7.1	7.5	5.8

Fuente: SENAMHI, 2021

Como vemos en las tablas N°5 y N°6, los promedios mensual o anual no varían mucho, pero sabemos que en invierno por la noche se tiene temperaturas bajo cero y a media mañana está por los 18° centígrados.

6.- DOSIFICACIÓN

Para la determinación de las cantidades de los materiales componentes de la mezcla de hormigón, las proporciones deseadas han sido desarrolladas por medio de procedimientos semianalíticos de naturaleza empírica, debido a la dependencia de datos tabulados obtenidos de un gran número de mezclas de prueba.

Estos procedimientos permiten calcular con cierta exactitud, las cantidades de los componentes de la mezcla, para una variedad de condiciones. Uno de estos métodos o procedimientos de uso muy amplio es del ACI 211.1, mismo que fue utilizado en la dosificación del proyecto.

Se mantuvo constante el asentamiento y el tamaño máximo del agregado. En el Anexo B, se darán cantidades de los materiales utilizadas para cada una de las dosificaciones halladas, para cada tipo y consumo de cemento ya mencionados. Solo recomendables para características de los agregados similares a los utilizados en el proyecto.

CAPÍTULO II

7. DESARROLLO DEL PROYECTO



7.- DESARROLLO DEL PROYECTO

7.1.- METODOLOGÍA

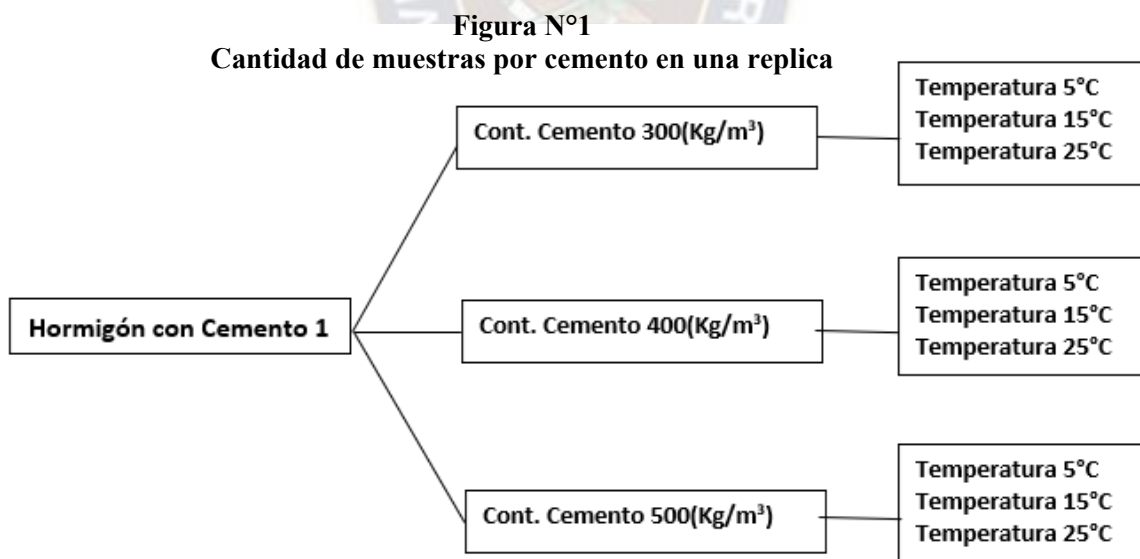
7.1.1.- PLANIFICACIÓN

Partiendo de la idea, hasta la conclusión del estudio han pasado aproximadamente 9 meses. La parte práctica fue realizada en su totalidad en el Instituto de Ensayo de Materiales (IEM) y la mayor parte del tiempo en el Laboratorio de Hormigones.

El tiempo, la cantidad de trabajo físico, los costos de instalación de ambientes, excedieron las expectativas.

La población de estudio viene dada de acuerdo a los límites ya mencionados, las variables definidas para las muestras son, las temperaturas ambientes a las que estará sometido las probetas serán 5, 15, 25°C, y los tres consumos de cemento que variaran en las dosificaciones será 300, 400 y 500 kg/m³.

La Figura N°1 indica la cantidad de muestras a realizarse por cemento:



Fuente: Propia

Por cemento se realizó 9 revolturas, al ser 3 tipos de cementos se tendrá 27 revolturas, para lograr que nuestro análisis sea mejor estimado, se decide realizar tres replicas para cada muestra y así tener una mejor correlación de datos; teniendo un total de 81 revolturas a ensayar para la presente investigación, a continuación, se indica la codificación que se usaron, ver Tabla N°6:

Tabla N°6
Codificación del Total de Muestras Ensayadas

Codificación del total de muestras a ensayar				
ITEM	CEM/CONS/TEMP	REPLICAS		
1	CEM1/300/5°	1A	1B	1C
2	CEM1/300/15°	2A	2B	2C
3	CEM1/300/25°	3A	3B	3C
4	CEM1/400/5°	4A	4B	4C
5	CEM1/400/15°	5A	5B	5C
6	CEM1/400/25°	6A	6B	6C
7	CEM1/500/5°	7A	7B	7C
8	CEM1/500/15°	8A	8B	8C
9	CEM1/500/25°	9A	9B	9C
10	CEM2/300/5°	10A	10B	10C
11	CEM2/300/15°	11A	11B	11C
12	CEM2/300/25°	12A	12B	12C
13	CEM2/400/5°	13A	13B	13C
14	CEM2/400/15°	14A	14B	14C
15	CEM2/400/25°	15A	15B	15C
16	CEM2/500/5°	16A	16B	16C
17	CEM2/500/15°	17A	17B	17C
18	CEM2/500/25°	18A	18B	18C
19	CEM3/300/5°	19A	19B	19C
20	CEM3/300/15°	20A	20B	20C
21	CEM3/300/25°	21A	21B	21C
22	CEM3/400/5°	22A	22B	22C
23	CEM3/400/15°	23A	23B	23C
24	CEM3/400/25°	24A	24B	24C
25	CEM3/500/5°	25A	25B	25C
26	CEM3/500/15°	26A	26B	26C
27	CEM3/500/25°	27A	27B	27C

Fuente: Propia

Tomando en cuenta que por cada muestra se sacó un cubo reglamentado para realizar el ensayo de fraguado y 6 probetas para realizar los ensayos de compresión a los 7 y 28 días, se tienen las siguientes cantidades y tiempo que se cumplió en el desarrollo practico del proyecto ver Tabla N°7:

Tabla N°7
Cantidad de tiempo y Muestras Ensayadas

Total de Vaciadas:	81
Vaciadas por Día:	4
Días Hábiles:	22
Días Hábiles/Semana:	4
Semanas:	5.5
Total de Probetas:	486

Fuente: Propia

7.1.2.- TRABAJOS PREVIOS

Se los empezó a realizar a mediados del mes de Abril del 2021, entre las principales actividades fueron:

- Práctica de los ensayos de los agregados, después de la aprobación del tema del proyecto por parte de los tutores, se empezó a practicar los ensayos a los agregados utilizados en la investigación, para esto se utilizó sobrantes de agregados de investigaciones pasadas, las prácticas duraron aproximadamente un mes.
- Compra de herramientas de trabajo, se compró las herramientas necesarias para poder realizar los vaciados, así como baldes para guardar el agregado y que los materiales almacenados no pierdan su humedad, y los equipos necesarios para la adecuación de las temperaturas ambiente necesarias para el proyecto, esto duró una semana.
- Adecuación de los espacios de agregados, donde se ubicó un espacio capaz de contener 24 cubos de agregado, que iba a ser empleado para el proyecto y también para otras investigaciones del instituto. Se procedió a la limpieza de este espacio, lo cual implicaba desechar sobrantes de agregados de estudios anteriores, y además se deshecho probetas no ensayadas que estaban en el instituto, para garantizar la limpieza del agregado. El tiempo aproximado de esta actividad fue de dos semanas.
- Adquisición de los agregados, se contrataron dos volquetas de 12 cubos cada una, con la cual se trasladó los 24 cubos de agregado que adquirió el Instituto, donde 12 cubos son de

Grava y 12 cubos de arena, ambos se trasladaron de la planta de SOBOCE ubicada en la localidad de Peñas, hasta las puertas del IEM, esta actividad duro aproximadamente una semana.

- Realización de los ensayos de los agregados, una vez adquirido los agregados, y también las prácticas de los ensayos, se procedió a realizar todos los ensayos de los agregados, tanto de la arena como de la grava, esta actividad tuvo una duración de dos semanas. Ver Foto N°1.

Foto N°1 Ensayos previos de los agregados



- Práctica de Revolturas, después de tener los ensayos de los agregados, se procedió a practicar, el procedimiento de los vaciados y también los ensayos de Hormigón Fresco, conocimientos que se tenían previamente de la materia de Tecnología del Hormigón, pero fueron perfeccionados en este tiempo, de aproximadamente un mes.
- Realización de las revolturas de prueba que, de acuerdo a los límites de estudio, fueron para tres tipos de Hormigón, (Consumos de cemento de 300, 400 y 500 kg/m³.), con sus respectivas réplicas para comprobar ± 5 kg. de cemento. Después de 7 días de vaciado de las revolturas de prueba se ensayaron las probetas a compresión, para poder aceptar la dosificación realizada, lo que nos proporcionó los datos necesarios para los vaciados reales, esta actividad duró aproximadamente 2 meses, en dos tramos discontinuos por algunos problemas que se mencionarán más adelante.

- Adecuación de los espacios disponibles en el Instituto de Ensayo de Materiales ubicado en Cota Cota, para la implementación de un ambiente, de dimensiones adecuadas para contener en su interior 24 probetas cilíndricas ($h/d=2$, con $d=100$ mm), cuatro cubos del ensayo de fraguado, como se puede ver en la foto N°2. Este ambiente fue atemperado a 15°C y 25°C , lo cual se logra con ayuda de una estufa eléctrica, para 25°C y con un ventilador eléctrico para 15°C , además de la adecuación del refrigerador para poder contener las probetas, y no malograr el equipo, para lograr la temperatura de 5°C . Estos ambientes que fueron probados con éxito, esto duro 2 semanas.

Foto N°2 Implementación de Ambiente, para realizar los ensayos



7.1.3.- VACIADOS Y ENSAYOS A TEMPERATURA DE 5°C

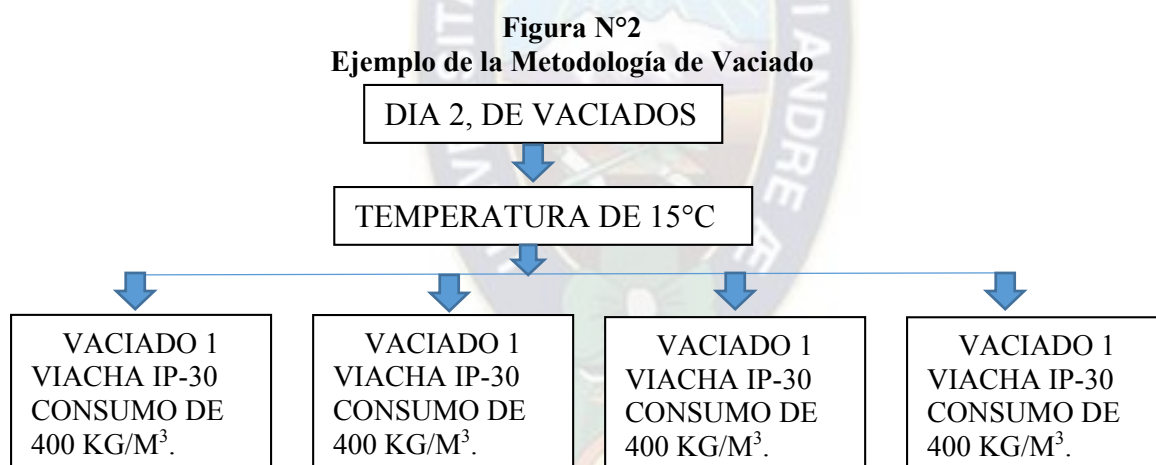
El estudio consistió principalmente en una serie de ensayos estipulados en la norma ASTM C 403, para ello se fue evaluando el periodo en el que un hormigón pierde su plasticidad, es decir pasa de estado fresco al estado endurecido (Tiempo de Fraguado). También se complementó con la fabricación de probetas para analizar la resistencia a compresión a 7 y 28 días, estos ensayos incluyen la preparación de las probetas para su rotura, bajo las especificaciones de la norma ASTM C192 – NB 586 y ASTM C 617.

Hay que tomar en cuenta que el ensayo se realizó en un ambiente controlado, de temperatura constante. Ver Foto N°3. Como del estudio previo que se realizó, se sabía que el tiempo de fraguado inicial y final era muy largo, por encima de las 19:00 (hrs.) hora a que se cierra el Instituto, nos quedamos en el laboratorio hasta el día siguiente o sea que la actividad se realizó pasadas las 00:00 horas.

Foto N°3 Ambiente adecuado para Temperatura de Fraguado de 5°C



Por cuestión de tiempo y lo apretado del cronograma, para poder llegar a completar los ensayos de compresión antes del receso de fin de año, se optó por vaciar 4 veces al día, para utilizar el ambiente de ensayo a una sola temperatura para todos los vaciados, esto representara un total de cuatro muestras diarias, por ejemplo, ver Figura N°2:



Fuente: Propia

Los vaciados empezaron el 5 de Octubre y terminaron el 11 de Noviembre, el procedimiento es rutinario, las actividades descritas a continuación fueron realizadas de lunes a jueves, donde los jueves por la tarde se realizaba la limpieza de las probetas y se alistaba agregado para el lunes siguiente.

Foto N°4 Vaciado de probetas para el proyecto



Los vaciados a temperatura de 5°C, se realizaron los días martes y miércoles, ya que nos quedábamos a dormir en el Instituto y se pudo utilizar las instalaciones del laboratorio desde las primeras horas del día, la jornada comienza atemperando el refrigerador hasta la temperatura deseada ver Foto N°3, los agregados se pesaban un día antes corrigiendo la dosificación por humedad, y se procede al primer vaciado del día ver Foto N°4, controlando la hora que el agua entra en contacto con el cemento en la mezcladora, se procede a realizar los ensayos del hormigón en estado fresco (Asentamiento y Peso Unitario) para posteriores correcciones, se moldeaban 6 probetas por vaciado, según especificaciones de la norma ASTM C192 – NB 586. Posteriormente se tamizaba el hormigón por el tamiz N°4, para luego vaciar el mortero en el cubo reglamentado de 15x15 (cm.). Después se colocaban las 6 probetas más el cubo en el refrigerador. Mientras tanto se limpiaban las herramientas y equipos utilizados, se realizaban los mismos pasos que en el primer vaciado, para las 3 revolturas posteriores, este proceso duraba aproximadamente dos horas y se dejaba todo el laboratorio limpio ya que a partir de las 8:00 am. Existían otros grupos que debían realizar sus vaciados. Durante la tarde se realizaba el ensayo de fraguado según la norma ASTM C403 ver Foto N°5, además se pesaba los agregados para los vaciados del día siguiente. Una vez acabado el ensayo de fraguado se procedía a limpiar las 24 probetas vaciadas, para tenerlas listas para el día siguiente, se guardaban estas probetas en el cuarto de curado para mantener la temperatura y humedad según norma.

Foto N°5 Resistencia a penetración para el Ensayo de Tiempo de Fraguado ASTM C 403



A esta temperatura, el ensayo de fraguado culminaba entre las 23:00 y 00:00 Hrs, inmediatamente se limpiaban los moldes del ensayo del fraguado.

Se realizaron los ensayos ininterrumpidamente durante 6 semanas, en los cuales se presentaron problemas y se expondrán más adelante.

7.1.4.- VACIADOS Y ENSAYOS A TEMPERATURA DE 15°C

Para el ambiente de 15°C, no ayudo mucho la época del año, ya que la estación del año era la primavera y las temperaturas llegaban hasta 18°C, por lo que se tuvo que bajar la temperatura con ayuda de un ventilador ver Foto N°6, para mantener a temperatura constante el ambiente con las probetas y los cubos de ensayo.

Foto N°6 Ambiente adecuado para Temperatura de 15°C



Los vaciados a esta temperatura se los realizaron los días lunes, apenas se abría el Instituto, se empezaba por el pesaje de los agregados, así como el cemento y el agua, para los cuatro vaciados del día, los vaciados empezaban aproximadamente a las 8:30, la metodología de trabajo es el

mismo que ya se describió, estos vaciados se lo hacían simultáneamente con las otras temperaturas de ensayo, esta actividad duró 6 semanas.

A esta temperatura, el ensayo de fraguado culminaba entre las 16:00 y 18:00 Hrs, inmediatamente se limpiaban los moldes del ensayo del fraguado y así también los moldes de las probetas.

7.1.5.- VACIADOS Y ENSAYOS A TEMPERATURA DE 25°C

Para el ambiente de 25°C, se acondicionó el ambiente cerrado y con ayuda de una estufa se pudo llegar a la temperatura deseada ver Foto N°7, con las probetas y los cubos de ensayo.

Foto N°7 Ambiente adecuado para Temperatura de 25°C



Los vaciados a esta temperatura se lo realizaron los días jueves, los mismos empezaban aproximadamente a las 05:30 Hrs, y para llegar a esta temperatura los vaciados se realizaron en el cuarto de curado ya que este ambiente se mantenía a una temperatura similar a la deseada, la metodología de trabajo es el mismo que ya se describió, estos vaciados se lo hicieron simultáneamente con las otras temperaturas de ensayo por lo tanto también duro 6 semanas.

A esta temperatura, el ensayo de fraguado culminaba entre las 14:00 y 16:00, inmediatamente se limpiaban los moldes del ensayo del fraguado y así también los moldes de las probetas, se preparaban los agregados para el día lunes y así concluían las actividades de la semana en el Instituto.

Foto N°8 Curado de probetas



Foto N°9 Ensayo de Resistencia a Compresión



7.1.6.- DIFICULTADES PRESENTADAS DURANTE EL ESTUDIO

Como sucede en todo estudio práctico en laboratorio, siempre se presentan dificultades, tanto de logística como problemas accidentales, que hacen que el estudio se retrase de su cronograma inicial. Algunos de esos problemas fueron:

- ✓ Un gran problema fue que se quiso empezar los vaciados del proyecto, a mediados del mes de Agosto, solo con tres dosificaciones halladas, una por cada consumo de cemento, pero en el momento de hacer las revolturas con los tres tipos de cemento se vio que los asentamientos obtenidos para cementos IP-40, eran muy altos y no cumplían con el asentamiento de 7 cm. Por lo tanto, se tuvo que hallar una dosificación con tipo de cemento y por consumo, teniendo al final 9 dosificaciones diferentes.
- ✓ A principios de Septiembre se volvió a retomar los vaciados para el proyecto, sin embargo no se consiguió la autorización por parte del director del Instituto de Ensayo de Materiales, para poder permanecer en el Instituto, porque no se tenía la carta de aprobación del perfil y la aprobación de cada tribunal tomo un mes y finalmente los vaciados empezaron en Octubre.

- ✓ El primer día de vaciado, se hizo para la temperatura de 15°C, y para los ensayos nos guiamos por la sensación térmica del lugar, pero ese día la temperatura aumento a horas de la tarde, y se tuvo que ir a comprar un ventilador para bajar la temperatura de la carpa donde estaban las probetas y cubos de ensayo.

Por estas razones es que se justifica haber realizado este proyecto en conjunto, lo cual también se ve reflejado en el ámbito económico, dado que el transporte de los materiales, adecuación de los ambientes, insumos varios, etc.

7.2.- PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO

7.2.1.- ENSAYOS EN LOS AGREGADOS

Los ensayos que se realizaron en los agregados para este proyecto se muestran en la siguiente tabla N°8:

Tabla N°8 Ensayos en Agregados

Características	Significado e Importancia	Requisitos según especificaciones
Cuardeos	Homegenizar	Representatividad
Granulometria	Trabajabilidad del hormigón fresco, exudación	Porcentaje máximo y mínimo que pasa por los tamices estándar
Peso Volumetrico Unitario	Datos para diseño de mezclas	Peso unitario mínimo o máximo
Peso Específico	Datos para diseño de mezclas	
Absorcion y humedad superficial	Control de calidad, cantidad de agua	
Material más fino que el tamiz N°200	Afectan adherencia, aumenta agua	Máximo porcentaje

Para ello se utilizaron las siguientes normas:

- Extracción y preparación de muestras ASTM C702, D75 – NB 595.
- Densidad de masa (peso unitario) y vacíos de los agregados ASTM C29 – NB 608.
- Determinación por lavado del material más fino que le tamiz N°200, en agregados minerales (ASTM C117 – NB 612).
- Peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM C127 – NB 602).
- Peso específico y absorción del agregado fino (ASTM C128 – NB 602).
- Análisis por tamiz de los agregados fino y grueso (ASTM C136 – NB 597)

7.2.2.- ENSAYOS EN EL HORMIGÓN

Los ensayos realizados en el Hormigón, para las distintas muestras en este Proyecto fueron, ver Tabla N°9:

Tabla N°9 Ensayos en el Hormigón

Características	Significado e Importancia	Requisitos según especificaciones
Asentamiento del Hormigón fresco	Consistencia, trabajabilidad	Porcentaje máximo o mínimo
Peso Unitario	Peso de la mezcla, cantidad de la mezcla	
Elaboración y curado en laboratorio	Dosificación del hormigón	
Resistencia a la compresión de cilindros	Calidad del hormigón endurecido	Resistencia obtenida mayor a la de diseño

Para ello se utilizaron las siguientes normas:

- Dosificación de Mezclas de Hormigón, por la Norma ACI el Método de la American Concrete Institute – ACI 211.1.
- Determinación del asentamiento o revenimiento por el Cono de Abrams, ASTM C 172 – NB 634.
- Peso unitario, rendimiento y contenido de aire (gravimétrico) del hormigón, ASTM C 138 – NB 590.
- Tiempo de fraguado de mezclas de hormigón por resistencia a la penetración. ASTM C 403.
- Confección y curado de probetas de hormigón para ensayo, ASTM C 192 – NB 586.
- Ensayo de compresión de probetas de Hormigón, cilíndricas, ASTM C 39 – NB 639.

CAPÍTULO III

8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

9. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS.

10. CONCLUSIONES PREVIAS.

8.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico consiste en dos partes, la primera parte es el análisis de los tiempos de fraguado y la segunda parte es el análisis para los ensayos de compresión de las probetas.

8.1.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS ENSAYOS DE TIEMPO DE FRAGUADO

Los resultados experimentales hallados, necesitan un análisis e interpretación usando procedimientos estadísticos, para determinar si existe o no dependencia o relación entre las variables en estudio. Para lo cual se efectuará el análisis estadístico ANOVA el cual nos mostrara de manera general si los datos obtenidos tienen relación entre sí. Luego de manera más específica se realizará el análisis de rangos múltiples DUNCAN, que nos ayudará comparando las medias de los todos contra todos los datos obtenidos, dándonos un mejor enfoque de que variables son similares o no.

MODELO ANOVA

El funcionamiento básico de un ANOVA consiste en calcular la media de cada uno de los grupos para a continuación comparar la varianza de estas medias frente a la varianza promedio dentro de los grupos. Bajo la hipótesis nula de que las observaciones de los distintos grupos proceden todas de la misma población (tienen la misma media y varianza), la varianza ponderada entre grupos será la misma que la varianza promedio dentro de los grupos. Conforme las medias de los grupos estén más alejadas las unas de las otras, la varianza entre medias se incrementará y dejará de ser igual a la varianza promedio dentro de los grupos.

La razón F calculada para cada grupo, se compara con la F crítica, de la cual se verá si existe dependencia de los factores analizados.

Cabe mencionar que solo se analizará estadísticamente los tres tipos de cementos analizados en el proyecto para comparar resultados.

8.1.1.- TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL Y FINAL, PARA CONSUMO DE 300 kg/m³.

Como ejemplo se analizará los resultados de las pruebas de fraguado para un hormigón de 300 kg de consumo de cemento. Los datos obtenidos son:

ANALISIS ANOVA PARA LOS ENSAYOS DE FRAGUADO

$$C=300 \text{ kg/m}^3$$

TIEMPOS INICIALES DE FRAGUADO [hrs]

TEMPERATURA		CEM 1	CEM 2	CEM 3
		5°		13,23
	13,94		12,61	11,75
	14,19		12,27	13,16
15°		7,88	7,07	6,88
		7,48	6,88	6,58
		6,97	6,60	6,47
25°		6,31	5,76	5,32
		5,62	5,70	5,75
		5,88	5,57	5,90

Los resultados del analisis Anova son:

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	266,786052	2	133,393026	825,4947	1,97411E-18	3,554557146
Columnas	3,386659869	2	1,693329935	10,47907	0,000959552	3,554557146
Interacción	1,012133435	4	0,253033359	1,5658817	0,226171726	2,927744173
Dentro del grupo	2,908649167	18	0,16159162			
Total	274,0934945	26				

Los promedios serán:

TABLA DE PROMEDIOS [hrs]

		TIPOS DE CEMENTO		
		CEM 1	CEM 2	CEM 3
T [°C]	5°	13,78	12,66	12,41
	15°	7,44	6,85	6,64
	25°	5,94	5,68	5,66

Con los resultados obtenidos se puede ver que los tiempos iniciales de fraguado si son diferentes para cada temperatura analizada, caso contrario sucede para las marcas de cemento que los tiempos iniciales de fraguado son similares. Además de existir una relación entre la temperatura y la marca de cemento.

Como se dijo anteriormente estos resultados son de manera general, para obtener mejores interpretaciones se realizará una comparación de medias con Duncan.

	CEM 3 (25)	CEM 2 (25)	CEM 1 (25)	CEM 3 (15)	CEM 2 (15)	CEM 1 (15)	CEM 3 (5)	CEM 2 (5)	CEM 1 (5)
CEM 1 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	
CEM 2 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG		
CEM 3 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG			
CEM 1 (15)	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG				
CEM 2 (15)	SIG	SIG	SIG	NO SIG					
CEM 3 (15)	SIG	SIG	NO SIG						
CEM 1 (25)	NO SIG	NO SIG							
CEM 2 (25)	NO SIG								
CEM 3 (25)									

Con estos resultados se puede ver que hay diferencias significativas para los tiempos iniciales de fraguado entre los tres cementos ensayados, tanto en las diferentes temperaturas como por tipo de cementos. También se puede observar que el inicio de fraguado es casi similar para los cementos para una misma temperatura.

Los análisis completos se mostrarán en el anexo G incluido el análisis para tiempos finales de fraguado.

8.2.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESION A DIFERENTES EDADES

Con los datos de laboratorio de las probetas ensayadas a 7 y 28 días, se realizó un control Estadístico – Normal.

Además, se adoptó el criterio de Rechazo de Cilindros Dudosos, para este análisis se usó todas las resistencias a las edades de 7, 28 días, edad en que se realizó el ensayo a Compresión de las probetas.

8.2.1.- CRITERIO DE RECHAZO DE CILINDROS DUDOSOS

Según la norma CBH-87, se indica lo siguiente:

La práctica de rechazo arbitrario de los cilindros de prueba que parecen estar “totalmente fuera de línea” no se recomienda, ya que el patrón normal de probabilidades establece la posibilidad de esa clase de resultados. El descartar las pruebas de manera indiscriminada podría distorsionar seriamente la distribución de la resistencia, haciendo menos confiable el análisis de resultados.

Ocasionalmente llega a suceder que la resistencia de un cilindro perteneciente a un grupo de cilindros de una misma muestra, se desvía tanto de la media, que resulta altamente improbable.

El valor de la resistencia característica real de obra, corresponde al cuantil del 5 %, en la función de distribución de la población objeto del control. Su obtención se reduce a determinar el valor de la resistencia de la amasada que es superada en el 95 % de los casos o que, a lo sumo, es igualada o no alcanzada en el 5 % de ellos

Una prueba promedio (promedio de todos los cilindros de una muestra) no debe ser rechazada jamás, a menos que se sepa que los cilindros están defectuosos, puesto que representa a mejor estimación disponible para esa muestra.

Por lo tanto, se eliminará aquellas resistencias de probetas que su desviación es superior o inferior al 5% del valor medio.

8.2.2.- CONTROL ESTADÍSTICO-NORMAL

Este control tiene por objeto determinar si el hormigón de cada lote en la obra es aceptable, para este fin se toma muestras de por los menos dos amasadas.

Se define como resistencia característica estimada a:

$$\text{si: } N < 6; f_{est} = K_N \cdot x_1$$

$$\text{si: } N < 6; f_{est} = 2 \cdot \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{m-1}}{m - 1} - x_m \geq K_N \cdot x_1$$

Siendo:

K_N = Coeficiente dato en tabla 165.4.3.b.2 en función de “N” y el tipo de instalaciones en la que se fabrique el hormigón.

X_1 = Resistencia de la amasada menos resistente.

N = Numero de amasadas.

m = Numero de probetas: $N/2$ si “N” es par o $(N-1)/2$ si “N” es impar.

Para estimar la resistencia característica se usó la norma CBH-87, como también el Libro Introducción al diseño de mezclas de hormigón del ing. Fernando Cerruto.

A continuación, se hará un ejemplo de este tratamiento de datos con Control Estadístico-Normal para un Ítem cualquiera, además de la aplicación del Criterio de Rechazo de Cilindros Dudosos.

Para el ejemplo se utilizará el ITEM 3, para las roturas de probetas a 7 días, con sus tres replicas.

ITEM 3

Probeta	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia [MPa]	
N°	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio
1	07-oct.-21	14-oct.-21	7	33,0	110,5	12,75	13,3
2				32,1	111,0	13,54	
3				32,0	110,9	13,61	
Probeta	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia [MPa]	
N°	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio
1	21-oct.-21	28-oct.-21	7	32,0	101,3	12,43	12,3
2				32,1	110,3	13,45	
3				32,0	99,3	12,19	
Probeta	Fecha de		Edad	Perímetro	Carga	Resistencia [MPa]	
N°	Vaciado	Ensayo	[días]	[cm]	[KN]	Obtenida	Promedio
1	28-oct.-21	04-nov.-21	7	32,1	100,9	12,31	11,9
2				32,0	94,2	11,56	
3				32,0	85,6	10,50	

Primero se aplica el Criterio de Rechazo de Cilindros Dudosos, para cada una de las réplicas:

Resistencia [MPa]		Observaciones	
Obtenida	Promedio		
12,75	13,3	CUMPLE	Max 105% 13,96
13,54		CUMPLE	Promedio 13,30
13,61		CUMPLE	Min 95% 12,63
Resistencia [MPa]		Observaciones	
Obtenida	Promedio		
12,43	12,3	CUMPLE	Max 105% 13,32
13,45		NO CUMPLE	Promedio 12,69
12,19		CUMPLE	Min 95% 12,06
Resistencia [MPa]		Observaciones	
Obtenida	Promedio		
12,31	11,9	CUMPLE	Max 105% 12,53
11,56		CUMPLE	Promedio 11,93
10,50		NO CUMPLE	Min 95% 11,34

Por lo tanto, Rechazamos los cilindros dudosos, que no cumplen el criterio, y sacamos la media de los cilindros aceptados.

Con estos promedios Obtenidos de cada replica, hallamos la Resistencia Característica Estimada, como tenemos 3 réplicas utilizamos la siguiente formula:

$$si: N < 6; f_{est} = K_N \cdot x_1$$

Para K_N , tenemos la siguiente tabla que nos da la norma CBH-87:

Tabla 16.5.4.3.b.2 - Valores del coeficiente K_n

Uniformidad del hormigón		Excelente	Buena	Regular	Mala
Coeficiente de variación de la resistencia del hormigón (δ)		0,10	0,15	0,20	0,25
Número de amasadas (N)	1	0,836	0,753	0,671	0,589
	2	0,884	0,820	0,753	0,682
	3	0,910	0,859	0,803	0,741
	4	0,928	0,886	0,838	0,784
	5	0,942	0,907	0,867	0,820
	6	0,953	0,924	0,890	0,850
	7	0,962	0,938	0,910	0,877
	8	0,970	0,951	0,928	0,900
	10	0,983	0,972	0,958	0,942
	12	0,993	0,989	0,984	0,976
	14	1,002	1,004	1,005	1,008
	16	1,009	1,016	1,024	1,035
	18	1,016	1,027	1,041	1,059

Con el Coeficiente de Variación de la Resistencia del Hormigón, con un valor de 0.10, ya que los trabajos de hormigonado se realizaron en el laboratorio tenemos una uniformidad del Hormigón “Excelente”.

Con este valor, hallamos la Resistencia Estimada Característica del ITEM:

ITEM 3

Nro. de Item	Nº Cilindro	Edad días	σ Prom. [MPa]	σ Caract. [MPa]
3A	3	7	13,3	10,86
3B	3		12,31	
3C	3		11,93	

De la misma forma se realizó el análisis para todos los datos de roturas, respectivamente para cada cemento y temperatura, teniendo en total 81 ítems.

De esta manera se determinarán las resistencias características de todos los cementos y se apreciarán en la graficas de resistencias en los Anexos F-1 a F-3, además se mostrarán gráficas individuales de cada Cemento en el anexo J.

8.3.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO ANOVA Y DUNCAN DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A DIFERENTES EDADES

Se realizó el análisis Anova-Duncan de resistencias a Compresión a 7 y 28 días, los resultados se expondrán en el anexo H.

9.- ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

9.1.- TIEMPO DE FRAGUADO POR TIPO DE CEMENTO, PARA UNA MISMA TEMPERATURA DE FRAGUADO

9.1.1.- TEMPERATURAS DE 5°C A 25°C Y CEMENTO IP-30

Evaluando las gráficas de tiempo de fraguado obtenidas para cemento IP-30 con diferentes consumos de cemento y distintas temperaturas, se tienen los datos de la Tabla N°10 para el Cemento 1.

Tabla N°10 Tiempos de Fraguado para Cemento 1. IP-30

CEMENTO 1			
C = 300 [Kg/m ³]			
Temp. [°C]	Tiempos (hrs)		
	To (hrs)	Tf (hrs)	T _{frag}
5	13,78	24,01	10,23
15	7,44	11,32	3,88
25	5,94	9,15	3,21
C = 400 [Kg/m ³]			
Temp. [°C]	Tiempos (hrs)		
	To (hrs)	Tf (hrs)	T _{frag}
5	11,69	20,28	8,59
15	6,80	10,56	3,77
25	5,78	7,72	1,94
C = 500 [Kg/m ³]			
Temp. [°C]	Tiempos (hrs)		
	To (hrs)	Tf (hrs)	T _{frag}
5	11,49	17,54	6,05
15	6,26	8,98	2,72
25	5,10	6,86	1,77

Nota: T_o = Tiempo de Fraguado Inicial; T_f = Tiempo de Fraguado Final; T_{frag} = Tiempo de Fraguado.

9.1.2.- TEMPERATURAS DE 5°C A 25°C Y CEMENTO IP-40

Evaluando las gráficas de tiempo de fraguado obtenidas para cemento IP-40 con diferentes consumos de cemento y distintas temperaturas, se tienen los datos de la Tabla N°11 y N°12, para los cementos 2 y 3.

Tabla N°11 Tiempos de Fraguado para Cemento 2. IP-40

CEMENTO 2			
C = 300 [Kg/m ³]			
Temp. [°C]	Tiempos (hrs)		
	To (hrs)	Tf (hrs)	T _{frag}
5	12,66	20,08	7,42
15	6,85	9,66	2,81
25	5,68	7,65	1,98
C = 400 [Kg/m ³]			
Temp. [°C]	Tiempos (hrs)		
	To (hrs)	Tf (hrs)	T _{frag}
5	10,93	17,36	6,43
15	6,24	8,94	2,71
25	5,37	6,90	1,53
C = 500 [Kg/m ³]			
Temp. [°C]	Tiempos (hrs)		
	To (hrs)	Tf (hrs)	T _{frag}
5	10,74	16,62	5,88
15	5,98	8,13	2,15
25	4,83	6,34	1,51

Nota: T_{o,k} = Tiempo característico de Fraguado Inicial; T_{f,k} = Tiempo característico de Fraguado Final.

Tabla N°12 Tiempos de Fraguado para Cemento 3. IP-40

CEMENTO 3			
C = 300 [Kg/m³]			
Temp. [°C]	Tiempos (hrs)		
	To (hrs)	Tf (hrs)	T_{frag}
5	12,41	18,73	6,32
15	6,64	9,27	2,62
25	5,66	7,49	1,83
C = 400 [Kg/m³]			
Temp. [°C]	Tiempos (hrs)		
	To (hrs)	Tf (hrs)	T_{frag}
5	10,96	16,63	5,68
15	5,87	8,41	2,54
25	5,10	6,58	1,48
C = 500 [Kg/m³]			
Temp. [°C]	Tiempos (hrs)		
	To (hrs)	Tf (hrs)	T_{frag}
5	10,81	16,27	5,45
15	5,48	7,59	2,10
25	4,59	6,02	1,43

Nota: $T_{o,k}$ = Tiempo característico de Fraguado Inicial; $T_{f,k}$ = Tiempo característico de Fraguado Final.

Observaciones:

Entre los cementos IP-30 y IP-40, los tiempos de fraguado presentan diferencias, donde el cemento IP-30, tiene tiempos mayores en todos los casos, pero a medida que va subiendo el consumo de cemento estas diferencias van disminuyendo y también al aumentar la temperatura.

En los cementos IP-40, se puede ver que el cemento 3 tiene menores tiempos de fraguado en todos los consumos respecto al cemento 2.

Se puede observar las gráficas de donde se estimó los tiempos de fraguado inicial y final en el Anexo E.

9.2.- TIEMPO DE FRAGUADO POR TEMPERATURA

Se tiene el análisis de las gráficas de los tiempos de fraguado, a diferentes temperaturas, de un mismo cemento, y un mismo consumo de cemento.

Gráfico N°7 Tiempo de Fraguado para todas las temperaturas de estudio, para Cemento 1 con un consumo de 400 kg/m³.

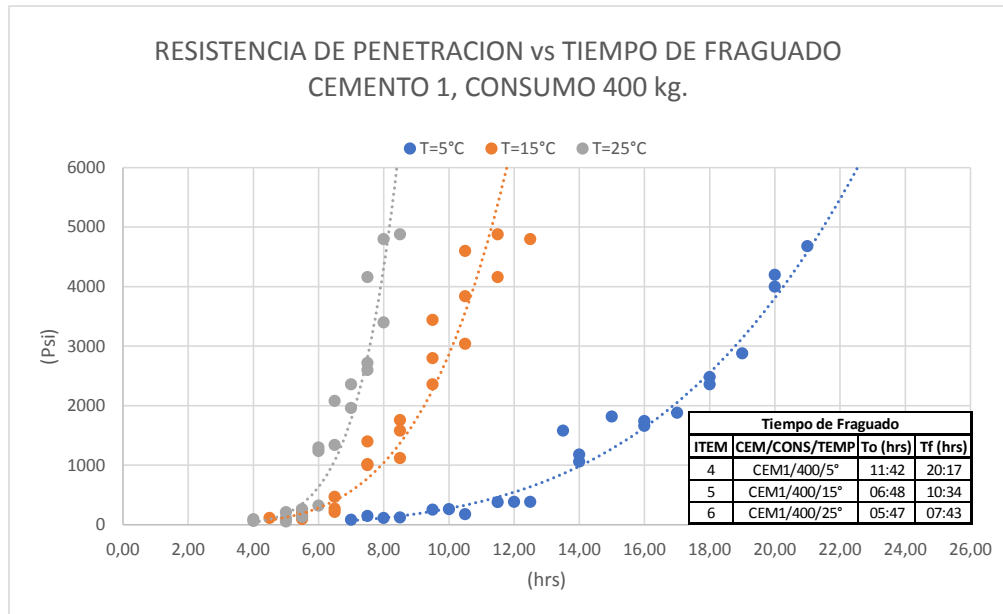


Gráfico N°8 Tiempo de Fraguado para todas las temperaturas de estudio, para Cemento 2 con un consumo de 400 kg/m³.

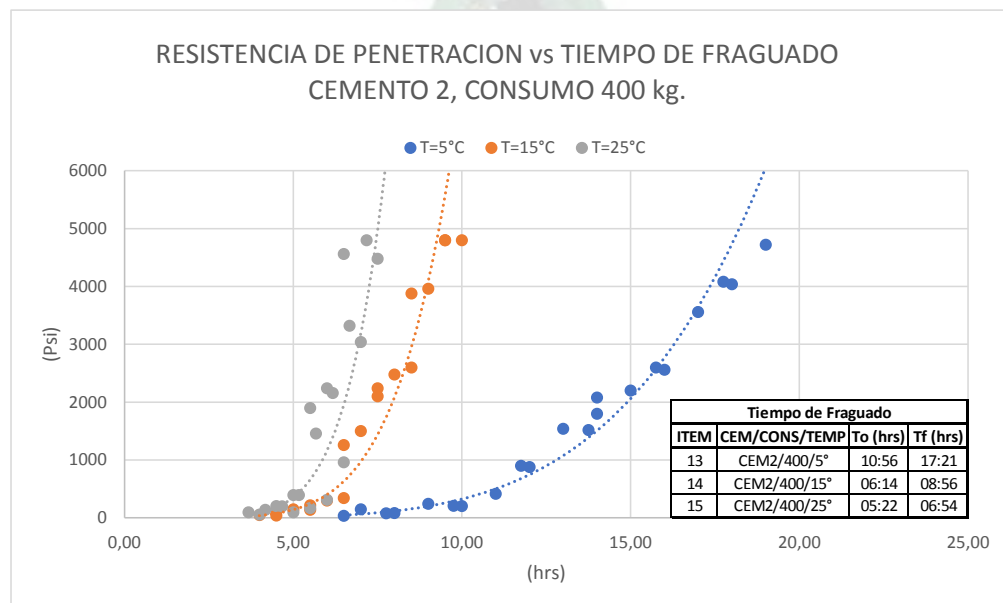
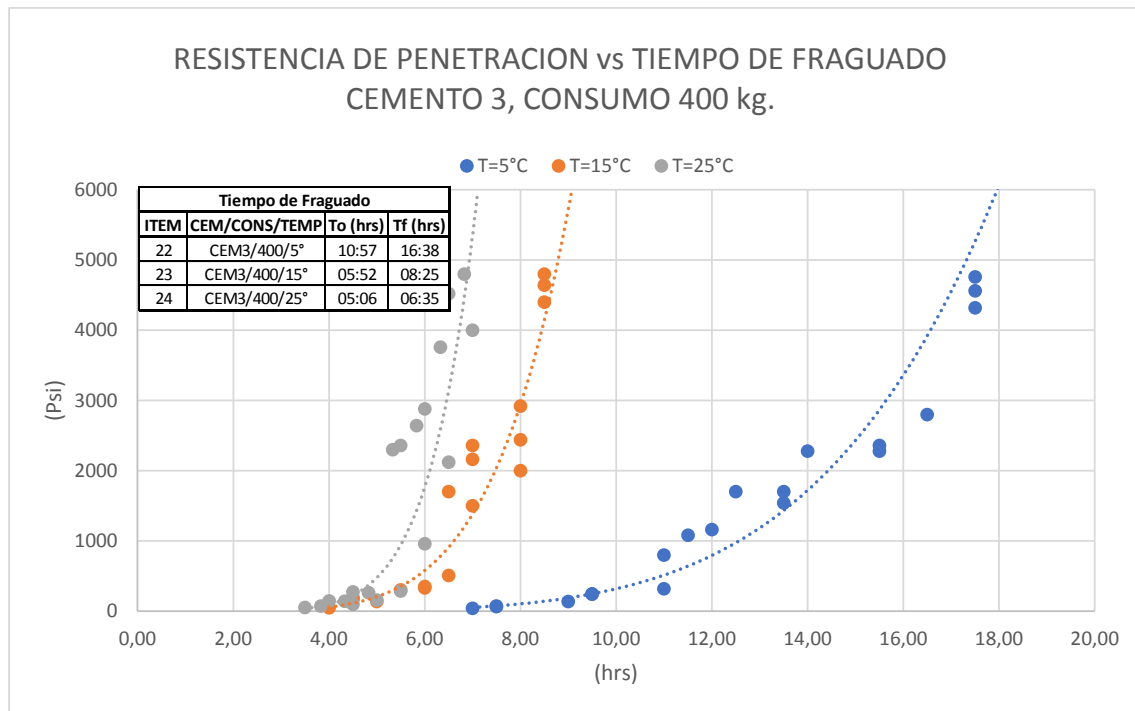


Gráfico N°9 Tiempo de Fraguado para todas las temperaturas de estudio, para Cemento 3 con un consumo de 400 kg/m³.



Observaciones:

En las gráficas N°7, N°8, y N°9 se muestra el tiempo inicial y final del fraguado, los datos obtenidos forman curvas con tendencia hacia el eje de las ordenadas, esto indica que el tiempo de fraguado del hormigón aumenta conforme disminuye la temperatura del sitio donde se elabora el mismo, modificando así la trabajabilidad, ya que a temperaturas altas la mezcla rápidamente endurecerá, ocurriendo lo contrario a menores temperaturas; también se observa la diferencia entre el tiempo de fraguado de 5°C y 25°C, que son de unas 10 horas, notándose como la temperatura influye en la evaporación del agua de amasado, lo cual afectara a la larga en la calidad del hormigón como su durabilidad.

Se tomó como ejemplo una gráfica por tipo de cemento, para mostrar como varia el tiempo de fraguado con la temperatura, los demás resultados de los cementos en estudio se encuentran en las gráficas del Anexo C.

9.3.- TIEMPO DE FRAGUADO COMPARATIVO A CONSUMOS DE CEMENTO

Gráfico N°10 Tiempo de Fraguado para diferentes consumos de cemento, para Cemento 1 IP-30 y temperatura de fraguado de 25°C.

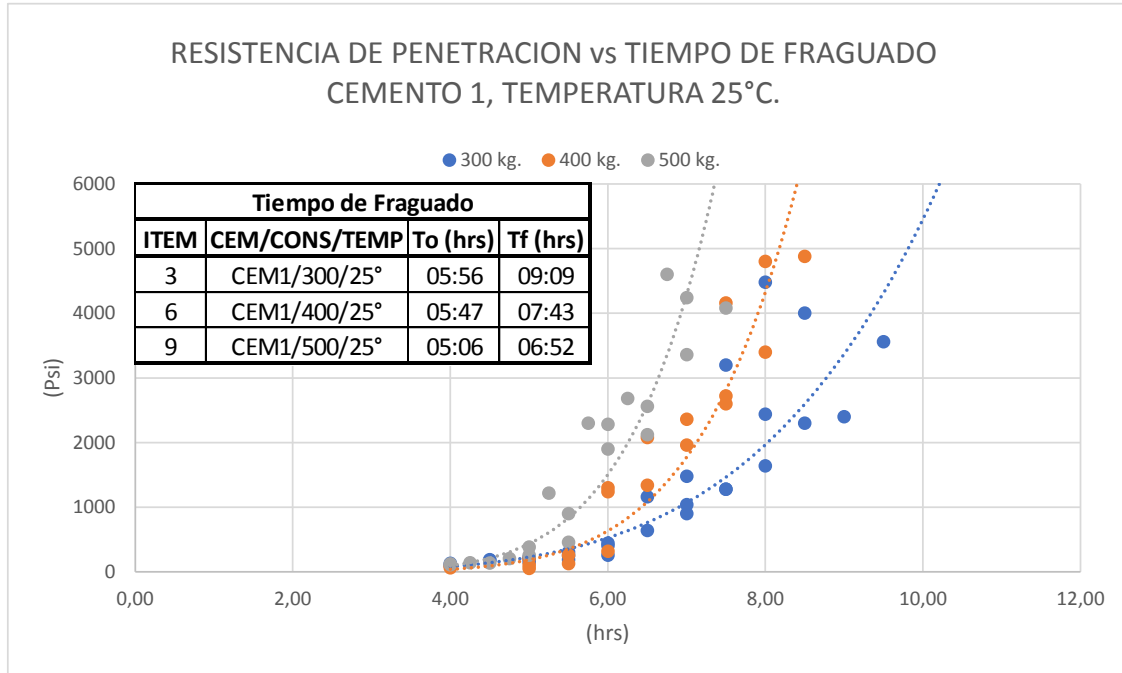


Gráfico N°11 Tiempo de Fraguado para diferentes consumos de cemento, para Cemento 2 IP-40 y temperatura de fraguado de 25°C.

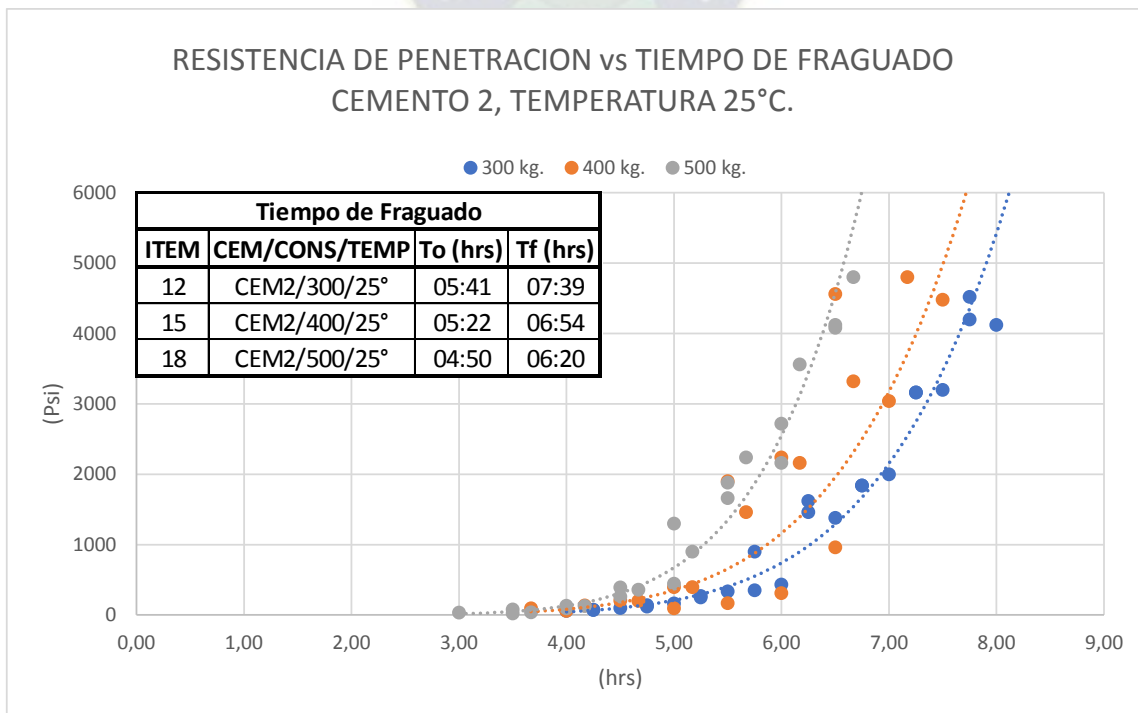
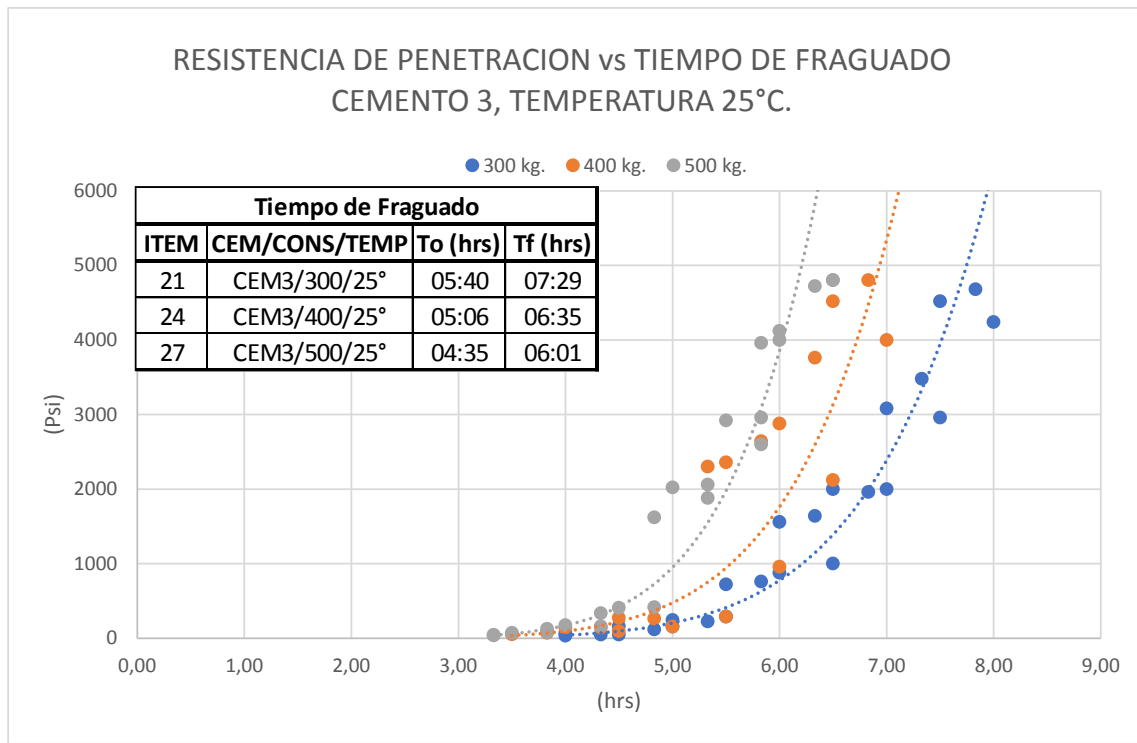


Gráfico N°12 Tiempo de Fraguado para diferentes consumos de cemento, para Cemento 3 IP-40 y temperatura de fraguado de 25°C.



Observaciones:

Se puede ver la diferencia del tiempo de fraguado ya que a mayor consumo de cemento el tiempo de fraguado se reduce, indicándonos como la cantidad del cemento a usar influye.

En las gráficas N°10, N°11 y N°12 se muestra como el mismo ensayo para diferentes consumos de cemento, para un mismo tipo de cemento, usando el mismo ambiente para mantener la temperatura constante, existen diferencias considerables en el tiempo de fraguado final e inicial, indicándonos esto que, con mayor cantidad de cemento, el tiempo de fraguado se acorta.

Las gráficas faltantes correspondientes a los demás cementos y temperaturas, se encuentran en el Anexo D.

9.4.- TIEMPO DE FRAGUADO COMPARATIVO A LOS TIPOS DE CEMENTO

Gráfico N°13 Tiempo de Fraguado para los cementos en estudio, con consumo de 300 kg/m³ y temperatura de Fraguado de 5°C.

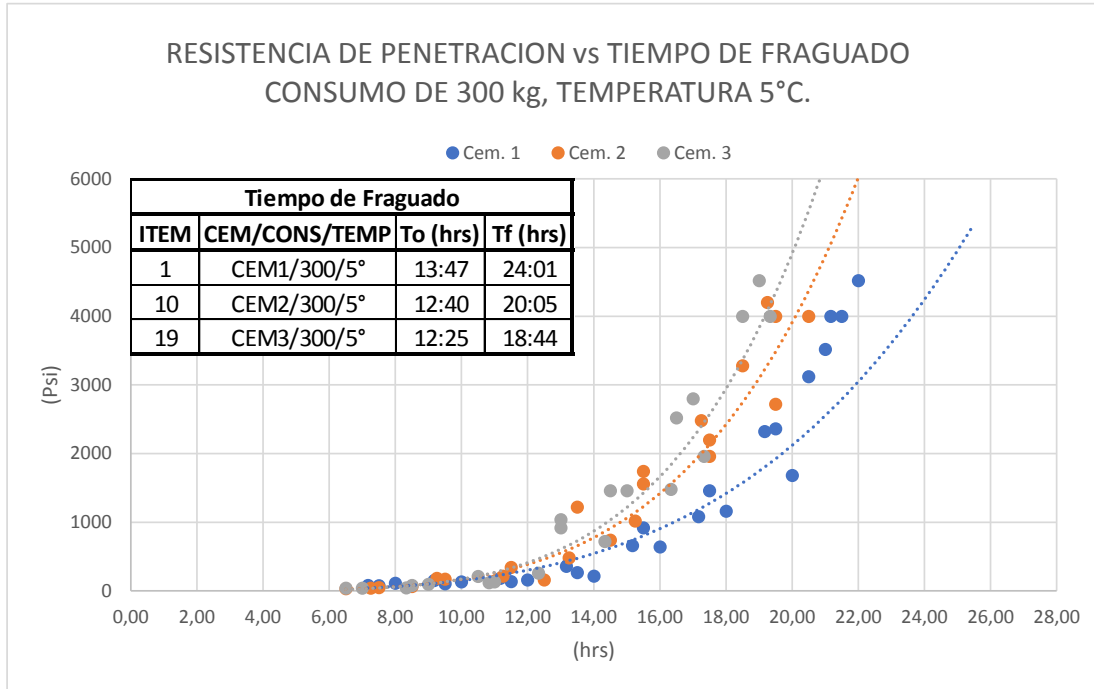


Gráfico N°14 Tiempo de Fraguado para los cementos en estudio, con consumo de 400 kg/m³ y temperatura de Fraguado de 5°C.

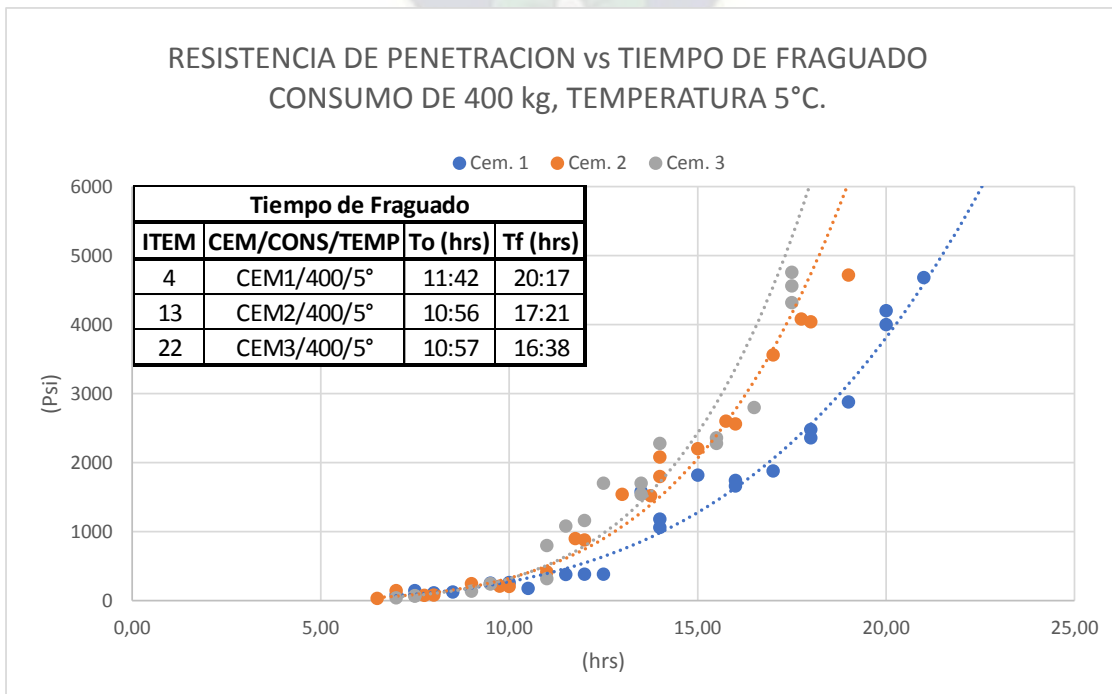
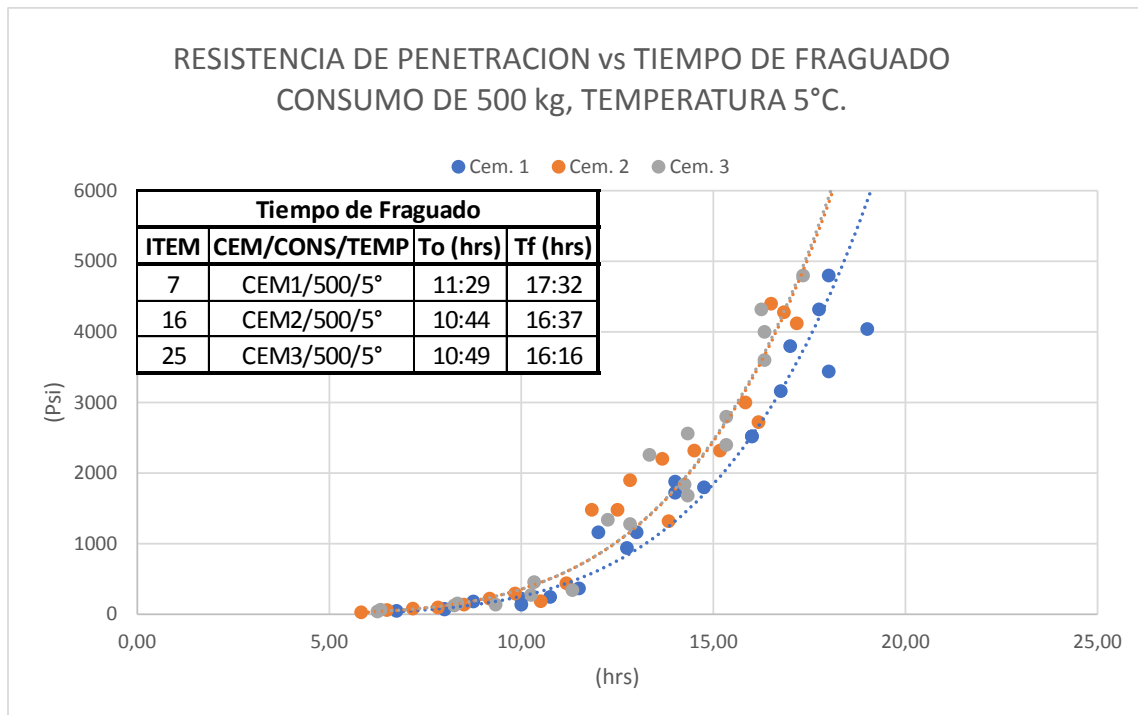


Gráfico N°15 Tiempo de Fraguado para los cementos en estudio, con consumo de 500 kg/m³ y temperatura de Fraguado de 5°C.



Observaciones:

En la gráfica N°13, N°14 y N°15, se compara los tiempos de fraguados de los distintos cementos estudiados para un mismo contenido de cemento y ensayados a una misma temperatura, de los cuales se puede notar que los cementos IP-40 fraguan más rápido que el cemento IP-30, eso se debe a la menor cantidad de adición de puzolana en los cementos IP-40.

Las curvas de tiempo de fraguado son similares en el caso de los cementos IP-40, donde el cemento 3 tiene valores menores respecto al cemento 2, y se observa una gran diferencia entre los tipos de cemento IP-30 y IP-40, ya que depende de las adiciones en el proceso de elaboración del cemento, que cada fábrica no coloca de la misma cantidad de puzolana y tampoco es del mismo tipo.

Las gráficas faltantes correspondientes a los demás consumos y temperaturas, se encuentran en el Anexo E.

9.5.- RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN

Se analizará las gráficas de la evolución de la resistencia característica a compresión para cada tipo de cemento, de manera de poder apreciar todos los cementos según su tipo, consumo y temperatura.

9.5.1.- TEMPERATURAS DE 5°C A 25°C Y CEMENTO IP-30

Evaluando las gráficas de tiempo de resistencias a compresión obtenidas para cemento IP-30 con diferentes consumos de cemento y distintas temperaturas, se tienen los datos de la Tabla N°13 para el Cemento 1.

Tabla N°13 Resistencias a compresión para Cemento 1. IP-30

CEMENTO 1		
C = 300 [Kg/m ³]		
Temp. [°C]	σ Caract. [MPa]	
	7 Días	28 Días
5	9,92	16,32
15	11,14	15,42
25	10,86	15,24
C = 400 [Kg/m ³]		
Temp. [°C]	σ Caract. [MPa]	
	7 Días	28 Días
5	18,51	29,13
15	19,21	27,60
25	19,71	27,51
C = 500 [Kg/m ³]		
Temp. [°C]	σ Caract. [MPa]	
	7 Días	28 Días
5	24,60	34,16
15	24,20	31,38
25	25,55	31,76

Nota: Todos los datos se refieren a la resistencia característica estimada.

9.5.2.- TEMPERATURAS DE 5°C A 25°C Y CEMENTO IP-40

Evaluando las gráficas de tiempo de resistencias a compresión obtenidas para cemento IP-40 con diferentes consumos de cemento y distintas temperaturas, se tienen los datos de la Tabla N°14 y Tabla N°15 para el Cemento 2 y 3.

Tabla N°14 Resistencias a compresión para Cemento 2. IP-40

CEMENTO 2		
C = 300 [kg/m ³]		
Temp. [°C]	σ Caract. [MPa]	
	7 Días	28 Días
5	21,10	30,95
15	23,32	29,07
25	22,45	27,78
C = 400 [kg/m ³]		
Temp. [°C]	σ Caract. [MPa]	
	7 Días	28 Días
5	29,52	39,62
15	29,51	35,09
25	28,44	35,54
C = 500 [kg/m ³]		
Temp. [°C]	σ Caract. [MPa]	
	7 Días	28 Días
5	34,43	42,35
15	34,25	38,61
25	36,57	39,15

Nota: Todos los datos se refieren a la resistencia característica estimada.

Tabla N°15 Resistencias a compresión para Cemento 3. IP-40

CEMENTO 3		
C = 300 [Kg/m³]		
Temp. [°C]	σ Caract. [MPa]	
	7 Días	28 Días
5	22,89	31,65
15	24,89	30,70
25	23,16	27,85
C = 400 [Kg/m³]		
Temp. [°C]	σ Caract. [MPa]	
	7 Días	28 Días
5	31,47	41,37
15	33,26	39,93
25	33,21	39,67
C = 500 [Kg/m³]		
Temp. [°C]	σ Caract. [MPa]	
	7 Días	28 Días
5	37,64	49,50
15	37,59	45,23
25	39,44	46,68

Nota: Todos los datos se refieren a la resistencia característica estimada.

Observaciones:

Existen notorias diferencias de las resistencias de compresión, entre los consumos de cemento, mientras más cemento tenga el hormigón mayores resistencias tendrán, así mismo se nota la diferencia de resistencias por el tipo de cemento, donde el cemento tipo IP-30 tiene resistencias más bajas que el cemento IP-40.

Respecto a las temperaturas a las que fueron elaborados los hormigones, se observa que a 7 días los hormigones elaborados a temperaturas bajas desarrollan menores valores de resistencias que los que son elaborados a altas temperaturas, pero a 28 días los hormigones elaborados a temperaturas bajas desarrollan mayores valores de resistencias que los que son elaborados a altas temperaturas.

9.6.- RESISTENCIA A COMPRESIÓN POR TEMPERATURA

Se tiene el análisis de las gráficas de resistencia a compresión, a diferentes temperaturas, pero de un mismo cemento, y un mismo consumo de cemento.

Gráfico N°16 Resistencia a Compresión para todas las temperaturas en estudio, para Cemento 1 IP-30 con consumo de 500 kg de cemento.

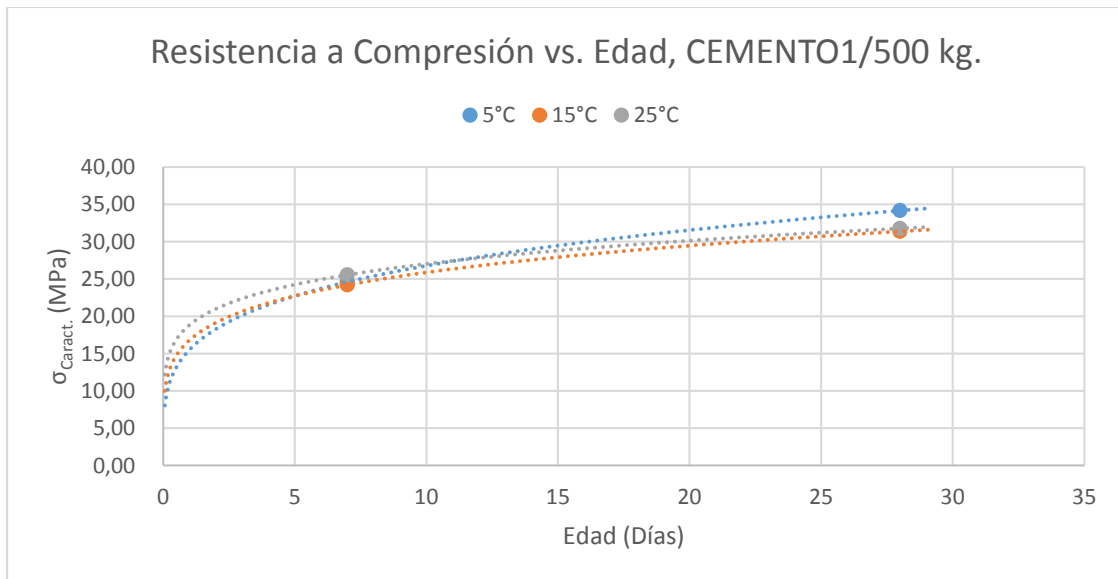


Gráfico N°17 Resistencia a Compresión para todas las temperaturas en estudio, para Cemento 2 IP-40 con consumo de 500 kg de cemento.

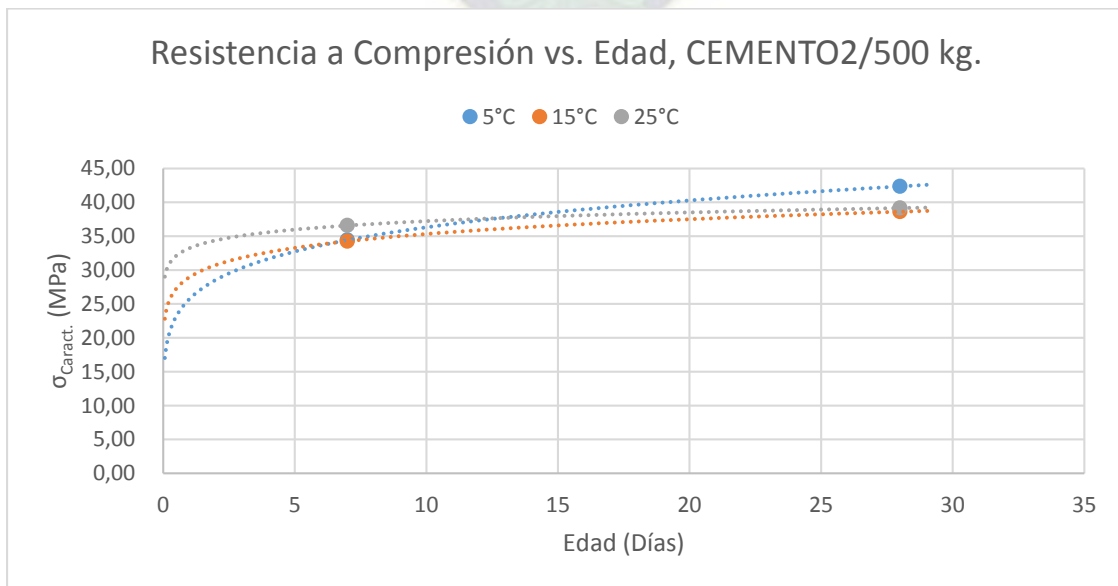
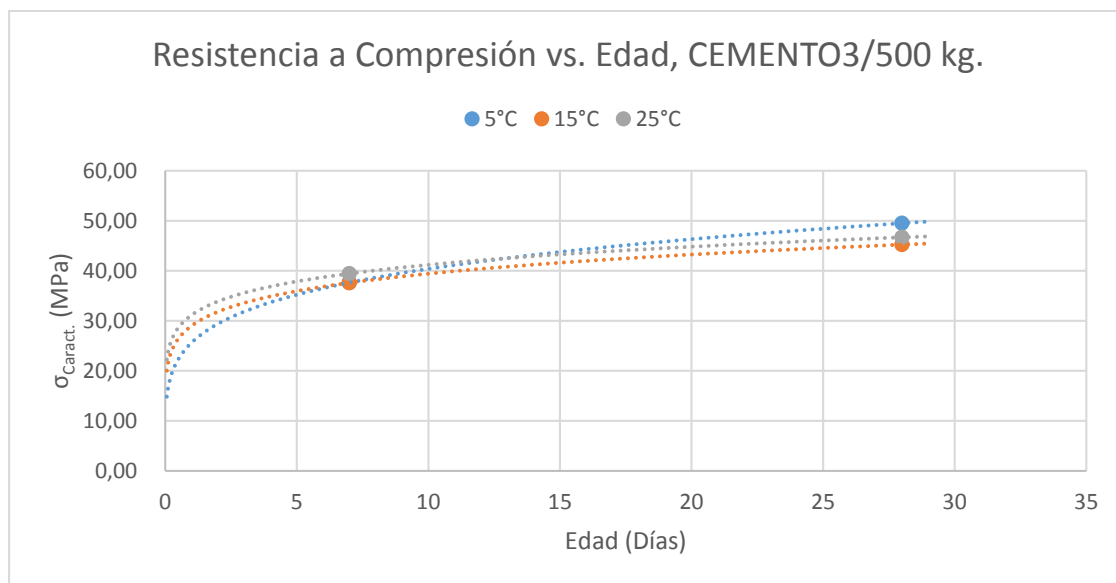


Gráfico N°18 Resistencia a Compresión para todas las temperaturas en estudio, para Cemento 3 IP-40 con consumo de 500 kg de cemento.



Observaciones:

En las gráficas N°16, N°17 y N°18, se puede observar la tendencia de que los hormigones elaborados a altas temperaturas desarrollan resistencias mayores a edades tempranas, pero los hormigones elaborados a temperaturas bajas desarrollan mayores resistencias a largo plazo.

En esta grafica se ve el comportamiento de la resistencia para diferentes temperaturas, para un mismo tipo de cemento y un mismo consumo de cemento, las gráficas de los demás cementos se encuentran en el Anexo G-2.

9.7.- RESISTENCIA A COMPRESIÓN COMPARATIVO A CONSUMOS DE CEMENTO

Se tiene el análisis de las gráficas de resistencia a compresión, a mismas temperaturas, pero de un mismo cemento, y de diferentes consumos de cemento.

Gráfico N°19 Resistencia a Compresión para el Cemento 1, pero diferentes consumos de cemento, a una temperatura constante de 25°C.

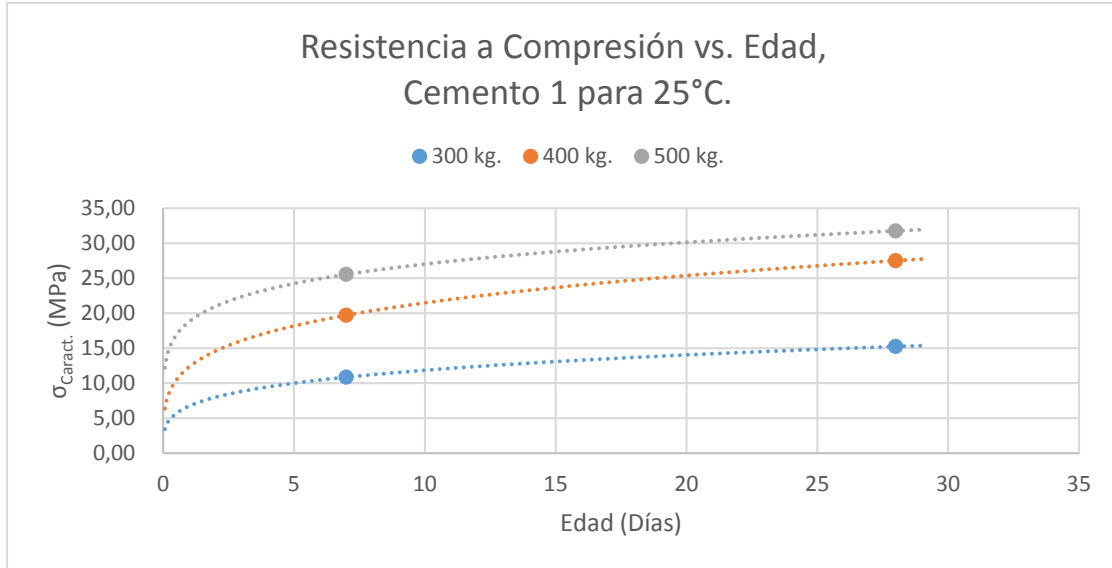


Gráfico N°20 Resistencia a Compresión para el Cemento 2, pero diferentes consumos de cemento, a una temperatura constante de 25°C.

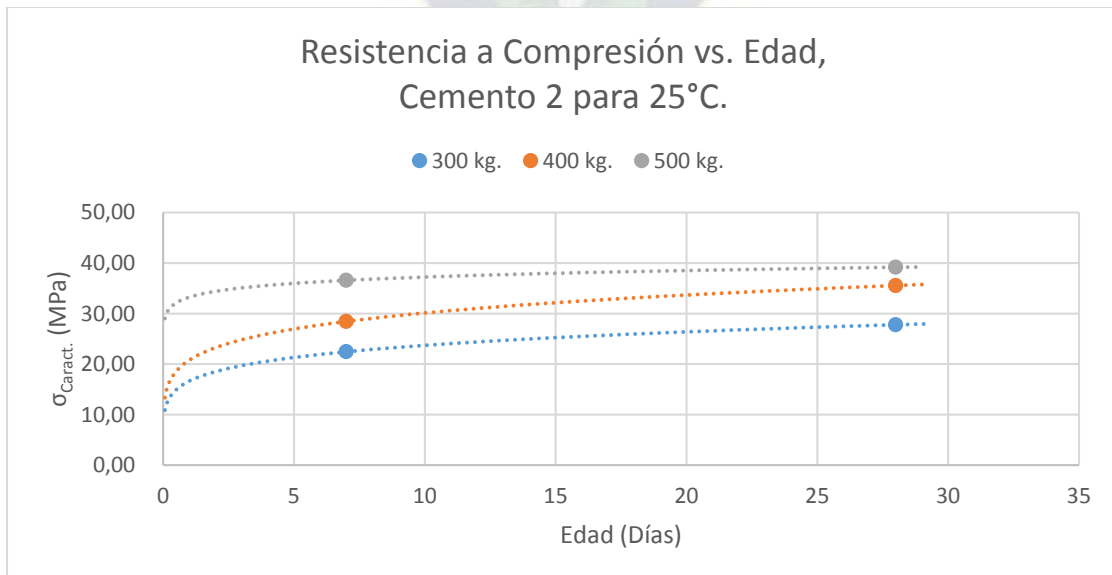
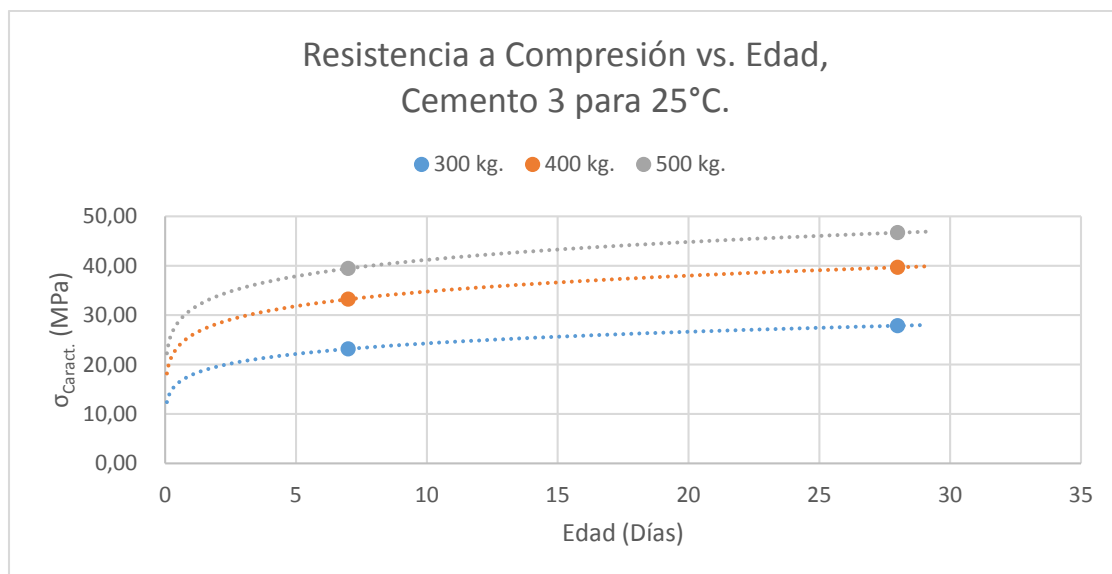


Gráfico N°21 Resistencia a Compresión para el Cemento 3, pero diferentes consumos de cemento, a una temperatura constante de 25°C.



Observaciones:

En las gráficas N°19, N°20 y N°21, se ve el comportamiento de la resistencia para diferentes consumos, para un mismo tipo de cemento, apreciando las diferencias que a más consumo de cemento tenga el hormigón se obtendrán mayores resistencias, las gráficas de los demás cementos se encuentran en el Anexo G-3.

9.8.- RESISTENCIA A COMPRESIÓN COMPARATIVO A LOS TIPOS DE CEMENTO

Se tiene el análisis de las gráficas de resistencia a compresión, a una misma temperatura, pero diferentes tipos de cemento, y de un mismo consumo de cemento.

Gráfico N°22 Resistencia a Compresión para consumo de 300 kg. de cemento, para los cementos en estudio, a una temperatura constante de 5°C.

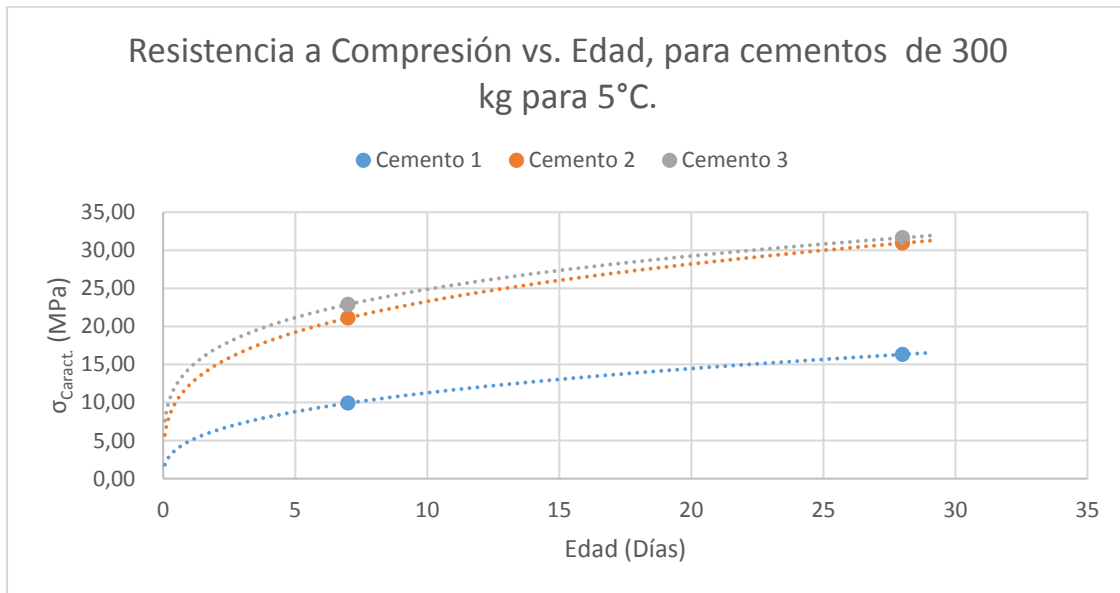


Gráfico N°23 Resistencia a Compresión para consumo de 400 kg. de cemento, para los cementos en estudio, a una temperatura constante de 5°C.

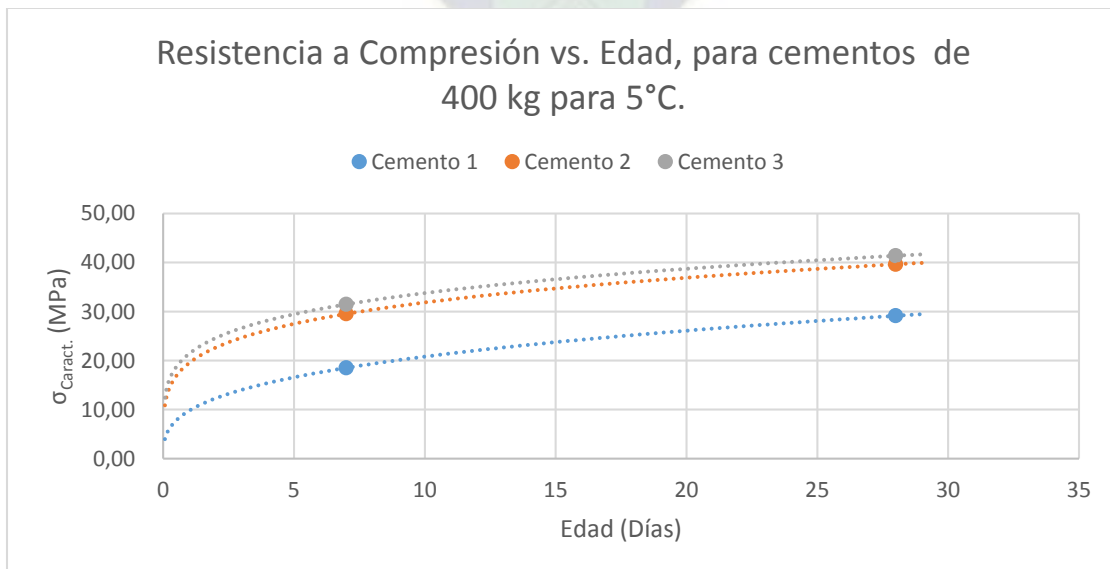
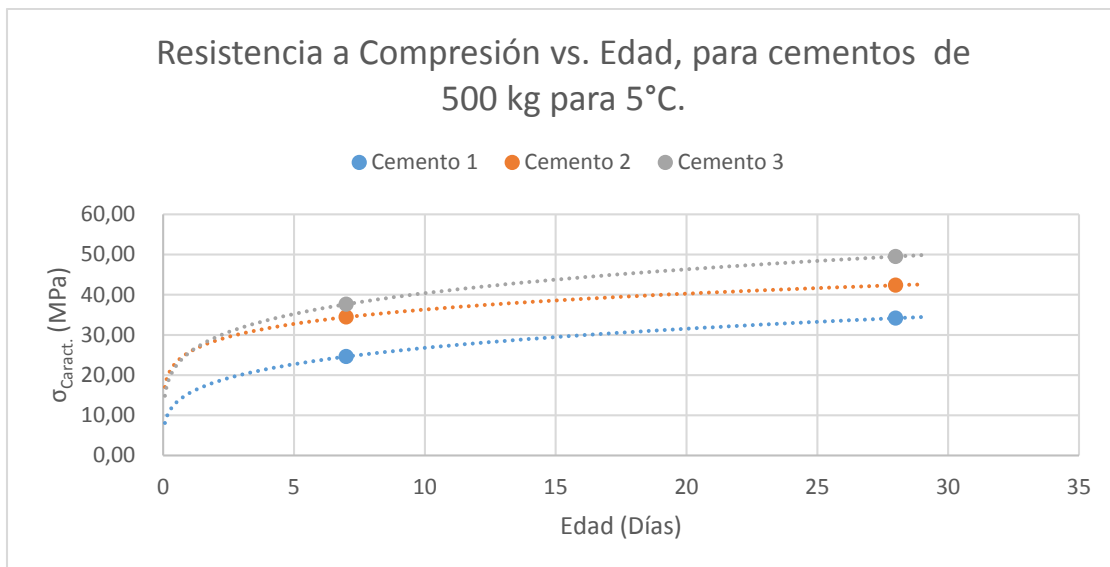


Gráfico N°24 Resistencia a Compresión para consumo de 500 kg. de cemento, para los cementos en estudio, a una temperatura constante de 5°C.



Observaciones:

En las gráficas N°22, N°23 y N°24, se ve claramente las diferencias de resistencias respecto al tipo de cemento utilizado, donde los hormigones elaborados con cemento tipo IP-40 tienen mayores resistencias a compresión. También se puede observar que el cemento 3 alcanza valores más altos en resistencia que el cemento 2, aunque estos dos sean del mismo tipo de cemento, las gráficas de los demás cementos se encuentran en el Anexo G-1.

9.9.- ANÁLISIS DE COSTOS

Se realizó el análisis de costos para cada dosificación usada en la presente investigación, donde se comparó las resistencias a compresión obtenidas, realizando un análisis costo/beneficio para un metro cúbico de hormigón.

A continuación, en la tabla N°16, se muestra las cantidades de material utilizado en cada dosificación, tanto en volumen como en peso.

Tabla N°16 Cantidades de material utilizado para cada dosificación.

Dosificaciones de consumos de cemento de 300 [kg/m ³]								
Tipo de cemento	Agua		Cemento		Grava		Arena	
	(kg)	(m ³)	(kg)	(m ³)	(kg)	(m ³)	(kg)	(m ³)
Cemento 1	202,565	0,203	300,206	0,101	953,679	0,356	886,142	0,338
Cemento 2	194,587	0,195	302,538	0,101	917,65	0,343	917,584	0,350
Cemento 3	200,925	0,201	299,888	0,100	924,671	0,346	924,64	0,353
Dosificaciones de consumos de cemento de 400 [kg/m ³]								
Tipo de cemento	Agua		Cemento		Grava		Arena	
	(kg)	(m ³)	(kg)	(m ³)	(kg)	(m ³)	(kg)	(m ³)
Cemento 1	199,027	0,199	400,35	0,134	953,78	0,356	779,489	0,298
Cemento 2	203,836	0,204	397,713	0,132	954,783	0,357	781,31	0,298
Cemento 3	189,41	0,189	399,6	0,133	974,57	0,364	797,483	0,304
Dosificaciones de consumos de cemento de 500 [kg/m ³]								
Tipo de cemento	Agua		Cemento		Grava		Arena	
	(kg)	(m ³)	(kg)	(m ³)	(kg)	(m ³)	(kg)	(m ³)
Cemento 1	222,053	0,222	500,125	0,168	867,802	0,324	709,991	0,271
Cemento 2	227,613	0,228	499,158	0,166	865,96	0,324	708,352	0,270
Cemento 3	207,841	0,208	499,625	0,166	902,22	0,337	738,449	0,282

Para el cálculo de costos se multiplicará las cantidades de material por su precio unitario, ver tablas N°17 y 18.

Tabla N°17 Costos por metro cubico dosificaciones 300 y 400 (kg/m³.)

Dosificación Cemento 1-300 (kg/m ³)					Dosificación Cemento 1-400 (kg/m ³)				
	Cantidad	Unidad	Precio U.	Costo (bs)		Cantidad	Unidad	Precio U.	Costo (bs)
Agua	0,203	m ³	10	2,03	Agua	0,199	m ³	10	1,99
Cemento	300,206	kg	48	288,20	Cemento	400,35	kg	48	384,34
Grava	0,356	m ³	65	23,16	Grava	0,356	m ³	65	23,17
Arena	0,338	m ³	55	18,61	Arena	0,298	m ³	55	16,37
Total				332,00	Total				425,86
Dosificación Cemento 2-300 (kg/m ³)					Dosificación Cemento 2-400 (kg/m ³)				
	Cantidad	Unidad	Precio U.	Costo (bs)		Cantidad	Unidad	Precio U.	Costo (bs)
Agua	0,195	m ³	10	1,95	Agua	0,204	m ³	10	2,04
Cemento	302,538	kg	49	296,49	Cemento	397,713	kg	49	389,76
Grava	0,343	m ³	65	22,29	Grava	0,357	m ³	65	23,19
Arena	0,350	m ³	55	19,27	Arena	0,298	m ³	55	16,41
Total				339,99	Total				431,40
Dosificación Cemento 3-300 (kg/m ³)					Dosificación Cemento 3-400 (kg/m ³)				
	Cantidad	Unidad	Precio U.	Costo (bs)		Cantidad	Unidad	Precio U.	Costo (bs)
Agua	0,201	m ³	10	2,01	Agua	0,189	m ³	10	1,89
Cemento	299,888	kg	49	293,89	Cemento	399,6	kg	49	391,61
Grava	0,346	m ³	65	22,46	Grava	0,364	m ³	65	23,67
Arena	0,353	m ³	55	19,42	Arena	0,304	m ³	55	16,75
Total				337,78	Total				433,92

Tabla N°18 Costos por metro cubico dosificaciones 500 (kg/m³.)

Dosificacion Cemento 1-500 (kg/m³)				
	Cantidad	Unidad	Precio U.	Costo (bs)
Agua	0,222	m ³	10	2,22
Cemento	500,125	kg	49	490,12
Grava	0,324	m ³	65	21,08
Arena	0,271	m ³	55	14,91
Total				528,33
Dosificacion Cemento 1-500 (kg/m³)				
	Cantidad	Unidad	Precio U.	Costo (bs)
Agua	0,228	m ³	10	2,28
Cemento	499,158	kg	49	489,17
Grava	0,324	m ³	65	21,03
Arena	0,270	m ³	55	14,88
Total				527,36
Dosificacion Cemento 1-500 (kg/m³)				
	Cantidad	Unidad	Precio U.	Costo (bs)
Agua	0,208	m ³	10	2,08
Cemento	499,625	kg	49	489,63
Grava	0,337	m ³	65	21,91
Arena	0,282	m ³	55	15,51
Total				529,13

En el análisis de económico se calculó la relación costo/resistencia a compresión, para valores de resistencia a compresión a edad de 28 días. Ver tabla N°19.

Tabla N°19 Relación costo/resistencia a compresión para todas las dosificaciones.

Dosificaciones	Costo (bs/m³)	Resistencia caract. a compresión		Relación Costo/Resist.
		28 días	(MPa)	
Dosificacion Cemento 1-300 (kg/m³)	332,00	15,42		21,530
Dosificacion Cemento 2-300 (kg/m³)	339,99	29,07		11,696
Dosificacion Cemento 3-300 (kg/m³)	337,78	30,7		11,003
Dosificacion Cemento 1-400 (kg/m³)	425,86	27,6		15,430
Dosificacion Cemento 2-400 (kg/m³)	431,40	33,61		12,835
Dosificacion Cemento 3-400 (kg/m³)	433,92	39,93		10,867
Dosificacion Cemento 1-500 (kg/m³)	528,33	31,38		16,837
Dosificacion Cemento 2-500 (kg/m³)	527,36	38,61		13,659
Dosificacion Cemento 3-500 (kg/m³)	529,13	44,73		11,829

Observaciones:

En la tabla N°19, se observa que, en los consumos de 300, 400 y 500 el de menor relación costo/resistencia es el cemento 3, indicador que define la dosificación más económica en la investigación realizada, y de manera general la dosificación óptima en términos económicos es la del cemento con consumo de 400 (kg/m³).

10.- CONCLUSIONES PREVIAS

En el estudio se hicieron las siguientes conclusiones previas:

- Para una misma temperatura, los hormigones elaborados con cementos tipo IP-30 tardan más en fraguar que los cementos tipo IP-40, se observa también que los hormigones con consumo de 500 kg/m³, de cemento fraguan antes que los hormigones con consumo de 400 kg/m³, y estos a la vez fraguan más rápido que los hormigones con consumo de 300 kg/m³.
- Los tiempos de fraguado y las resistencias a compresión, se ven afectados por el consumo y tipo de cemento, su influencia es significativa, de manera individual y conjunta.
- Con el análisis estadístico Anova, realizado para tiempos de fraguado se pudo ver que, si existe diferencias significativas, al variar las temperaturas y el tipo de cemento.
- Para los tiempos iniciales de fraguado, en los cementos IP-40 se puede notar que los datos son diferentes para cada temperatura, pero que no hay diferencias significativas entre ambos cementos estudiados en la temperatura de 25° C.; para los tiempos finales de fraguado también se ve la diferencia de resultados para cada temperatura estudiada.
- Los tiempos inicial y final de fraguado, entre los tipos de cemento IP-30 y IP-40, tienen notables diferencias en todos los casos ya sean a diferentes consumos o distintas temperaturas.
- Se puede observar que las resistencias a compresión de las probetas elaboradas con cemento 2 es muy similar al de cemento 3, cuando el consumo de cemento es de 300 kg/m³, pero estas se incrementan a favor del cemento 3, en el consumo de cemento de 400 kg/m³, y en el consumo de cemento de 500 kg/m³, hay una diferencia más marcada, ver Anexo F.

- Para las resistencias a edades de 7 y 28 días, realizando el análisis Anova-Duncan se puede ver que las resistencias son similares en cada temperatura para cementos IP-40, además existe una gran diferencia entre tipos de cementos, ya que el cemento 3, alcanza en la mayoría de los casos, resistencias mucho mayores que el cemento 2, excepto en el consumo de 300 kg/m^3 .
- Para dosificaciones empleadas para la investigación se calculó la relación costo/resistencia a compresión que define el hormigonado más económico y un mejor alcance de resistencia a los 28 días.



CAPÍTULO IV

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



11.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo principal del Proyecto se cumplió, obteniendo resultados de tiempo de fraguado en función de la temperatura, con distintos consumos y usando tres cementos tipo IP diferentes; para lo cual se realizó ensayos en el laboratorio del IEM, usando los equipos del área de hormigones, llegando a realizar 140 revolturas en las cuales 90 se realizó el ensayo de tiempo de fraguado, además de determinar la resistencia a compresión a edades de 7 y 28 días de 800 probetas. Para este fin se trabajó 9 meses, donde para controlar la temperatura se adecuo 2 ambientes, uso un ambiente específico para que los tesisas duerman y descansen mientras dura el ensayo, además de realizar ensayos a los agregados. Se utilizó un total de 30 bolsas de cemento, 3 m³ de arena fina y 4 m³ de grava, y aproximadamente 0,8 m³ de agua, para concluir satisfactoriamente el estudio.

11.1.- CONCLUSIONES

Respecto al Fraguado

Se evaluó el tiempo de fraguado con 3 modelos estadísticos diferentes ANOVA, ya que al realizar este análisis estadístico se concluyó que los valores si difieren entre sí, por lo tanto, cada cemento tiene un modelo diferente, se ve el incremento del tiempo de fraguado conforme disminuye la temperatura, además a mayor consumo de cemento disminuye el tiempo de fraguado.

En hormigones con mayor consumo de cemento el proceso de fraguado se acelera, porque con mayor cantidad de cemento existe mayor calor de hidratación en la mezcla.

Comparando los resultados obtenidos con la bibliografía en relación a los hormigones elaborados con tipo I (Kosmatka, Et al., 2008) presentadas en los gráficos N° 1 y 2 se puede ver que el comportamiento del proceso de fraguado a diferentes temperaturas es similar obteniendo tiempos más largos a bajas temperaturas, pero con la diferencia de que el fraguado tarda más en cementos con adición de puzolana debido a que se reduce el calor de hidratación.

No se pudo comparar los resultados con la investigación de proyecto de fraguado (López, Et al., 2011), porque se tiene diferentes relaciones de agua/cemento 0,60 y 0,53; también, sus dosificaciones buscaban resistencias características de H-21 y H-25, y no se buscaba un asentamiento específico. En la presente investigación se busca dosificaciones óptimas para

consumos de 300, 400 y 500 kg/m³ de cemento, teniendo valores de la relación de agua/ cemento de 0,67, 0,50 y 0,44, respectivamente, además de un asentamiento definido de 7 cm.

Analizando los resultados obtenidos en el estudio se puede decir:

De las Tablas N°10, 11 y 12

- Se puede señalar que el tiempo de fraguado tiene una tendencia exponencial y que varía en función de la temperatura, obteniendo mayores tiempos conforme la temperatura disminuye en los tres cementos estudiados, viendo que es más notorio para el cemento IP-30.
- A menor consumo de cemento el tiempo de fraguado es mayor, es marcada la diferencia para el caso de cemento IP-30, y en el caso de los IP-40 es menor la influencia.
- En cuanto a los cementos IP-40 de ambas fabricas la influencia de la temperatura en el tiempo de fraguado es similar incluso con el mismo consumo de cemento, donde los hormigones elaborados con el cemento 2 tiene valores mayores que el cemento 3, pero las diferencias no son significativas.

Respecto a la resistencia a compresión

Se determinó la resistencia a compresión de probetas a edades de 7 y 28 días, obteniendo mayores resistencias a largo plazo de hormigones elaborados a temperaturas bajas y resistencias más altas a corto plazo para hormigones elaborados a temperaturas altas.

De las Tablas N°13, 14 y 15

- Los hormigones elaborados a altas temperaturas desarrollan resistencias mayores a edades tempranas, pero los hormigones elaborados a temperaturas bajas desarrollan mayores resistencias a largo plazo.
- A menor consumo de cemento las resistencias son menores, es marcada la diferencia entre los consumos de 300 y 400 kg/m³.
- Los cementos IP-40 ofrecen mayores resistencias que los cementos IP-30, y el cemento 3 tiene valores más altos que el cemento 2, esta diferencia se ve más cuando el consumo de cemento es mayor.

Respecto al análisis de costos

De la tabla N°19

- Los hormigones elaborados con cemento 3 nos dan mejores resistencias en comparación con los cementos 1 y 2. Además que el costo unitario de la bolsa de cemento 1 (IP-30) es solo un boliviano más barato que los cementos 2 y 3 (IP-40), y se puede ver que el consumo de cemento para los 3 casos no influye significativamente en el costo.
- Comparando la relación costo/resistencia a compresión se obtuvo que usando el cemento 3 con consumo 400 kg/m^3 es mejor frente a las demás dosificaciones empleadas en esta investigación.
- Analizando los resultados se puede evidenciar que es mejor comprar cemento cuyas resistencias sean mejores, aunque el costo de la bolsa de cemento sea mayor. Además, la cantidad de cemento empleada es menor para alcanzar una determinada resistencia lo cual significa un ahorro económico para construir una estructura.

Los valores obtenidos en las Tablas N°10, 11 y 12 del tiempo de fraguado pueden ser considerados como referencia para especificaciones técnicas y ser tomados en cuenta por los comités técnicos de normalización como la NB604 y NB1225001 para el hormigonado en clima frío y cálido.

11.2.- RECOMENDACIONES

El estudio es aplicable, de acuerdo a las condiciones climatológicas y en la región del país donde se necesite esta información, otorgando datos de tiempos de fraguado, para los cementos y dosificaciones empleados en los diferentes tipos de hormigones analizados, generando las condiciones más adecuadas para el vaciado del hormigón y su puesta en obra. Cabe recalcar que los resultados obtenidos pueden ser utilizados como una referencia, ya que está sujeto a variaciones en los materiales a usarse, la calidad de los agregados y condiciones de ejecución.

El estudio proporciona datos para hormigones que fraguan a temperatura constante, por lo cual se recomienda usarlos cuando no existan grandes variaciones de la temperatura ambiente, o generar microclimas que ayuden a mantener constante la temperatura de fraguado.

Se puede realizar el hormigonado en tiempos fríos, controlando que la temperatura no baje de los 5°C , debido a que la reacción química al ser más lenta, el agua dentro del hormigón llegaría

a congelarse, como se indica en el marco teórico. Una vez terminado el proceso de fraguado, se debe cuidar el hormigón con un curado adecuado para alcanzar mejores resistencias a compresión a largo plazo.

Los hormigones preparados en climas calurosos, fraguan más rápido, lo cual dependiendo del tipo de obra es beneficioso o perjudicial.

Los beneficios más notables de preparar hormigones a temperaturas altas son:

- Remover los encofrados más rápido para usarlos en otros puntos de la obra.
- En caso de realizar prefabricados, si el concreto fragua más rápido, se puede volver a usar más veces los moldes, además de que los elementos prefabricados se los pueden mover a los almacenes.

Algunos perjuicios son:

- La mezcla al endurecer más rápido, se dificulta su trabajabilidad, los tiempos de puesta en obra, compactación y acabado del hormigón disminuyen si la mezcla empieza a fraguar.
- En el caso de transportar mezcla en un camión, se corre el riesgo de que el hormigón frague dentro, por demoras ocasionadas por factores externos, como el tráfico o fallas mecánicas.

Los hormigones elaborados con cemento con adición de puzolana, presentan un tiempo de fraguado más prolongado que los hormigones elaborados con cementos tipo I según la bibliografía obtenida, y los hormigones que fraguan a temperaturas bajas, tardan más que los que fraguan a altas temperaturas. Este comportamiento se explica porque el hidróxido de calcio que se libera de la primera fase de la hidratación, reacciona con la puzolana en una segunda fase de la hidratación, esta doble reacción da lugar al aumento en el tiempo de fraguado, que es influenciado por la temperatura ya que, a temperaturas menores, el proceso de hidratación es más completo, lo cual hace que se obtenga más material cementante en el hormigón, alcanzando mejores resistencias cuando el tiempo de fraguado es mayor.

CAPÍTULO V

12. BIBLIOGRAFÍA

13. ANEXOS

12.- BIBLIOGRAFIA

- ASTM C 403 Standard Method of Test for Time of Setting of Concrete Mixture by Penetration Resistance.* (2008). EE UU.
- Cerruto Anibarro , F. M. (2010). *Guía de Laboratorio Ensayos Agregados y Hormigón.* La Paz.
- Cerruto Anibarro, F. M. (2015). *Introducción al Diseño de Mezclas de Hormigón.* La Paz: 7ma Edicion.
- Código Boliviano del hormigón CBH – 87.* (1987). IBNORCA.
- Echazu Cortez, J. (2017). *Texto Base Materiales de construcción y laboratorio.* La Paz.
- García Meseguer, Á., Morán Cabré, F., & Arroyo Portero, J. C. (2009). *Jiménez Montoya Hormigón armado EHE-2008.* Barcelona: Gustavo Gili.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., & Panarese, W. (2008). *Design and Control of Concrete Mixtures.* USA: Print History.
- López Rodriguez, E. E., Ordoñez Rios, L. F., & Zuazo Tufiño, D. A. (2011). *Influencia de la temperatura ambiente en el tiempo de fraguado para hormigones H-21 y H-25 elaborados con cementos puzolanicos Viacha, Coboce, Warnes tipo IP-30, IP-40 y Fancesa tipo IP-30.* La Paz.
- Mena Octavio, J. L. (2012). *Influencia de la Temperatura Ambiental sobre la resistencia del hormigón preparado.*
- Ortiz Lozano, J. Á. (2005). *ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL EN LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN PREPARADO.* Barcelona.
- Prieto Gonzales, A., & Morales Perez, J. (2015). *ANALISIS DE LA INFLUENCIA DE FACTORES AMBIENTALES EN LA RESISTENCIA DE COMPRESION DE HORMIGON ARMADO.* *Revista de Ciencia, Tecnologia y Medio Ambiente*, 27.
- Velásquez Garzón, R. (2005). *Introducción a la Tecnología del Hormigón.* La Paz.

13.- ANEXOS

ANEXO A

ANÁLISIS DE LOS AGREGADOS

- GRANULOMETRIA
- PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO
GRUESO
- PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO
FINO
- MATERIAL MAS FINO QUE PASAS EL TAMIZ
N°200
- CALIBRACION DE LOS RECIPIENTES

ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA – ARENA: ASTM-136

AGREGADO GRUESO.

Peso Inicial [P_{Inicial Grava}]: 6484,3 [g]

Muestra 1

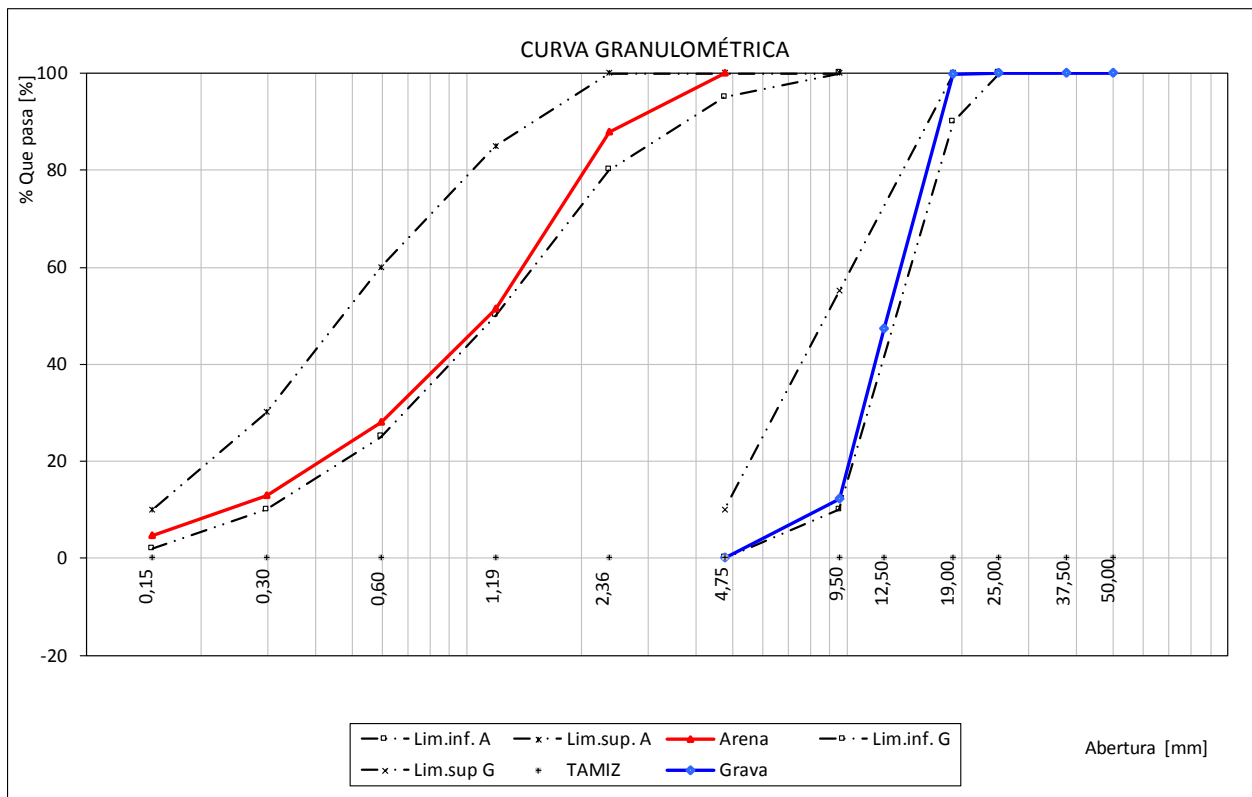
Tamiz	Abertura [mm]	Peso Retenido [g]	Retenido Acumulado [g]	Retenido Acumulado [%]	Peso que Pasa [g]	Porcentaje que Pasa Total [%]	Porcentaje que Pasa [%]	Especificaciones	
								Máx.	Mín.
2"	50,00	0,00	0,00	0,0	6483,7	100,0	100,0		
1 1/2"	37,50	0,00	0,00	0,0	6483,7	100,0	100,0		
1"	25,00	0,00	0,00	0,0	6483,7	100,0	100,0	100	100
3/4"	19,00	10,10	10,10	0,2	6473,6	99,8	99,8	100	90
1/2"	12,50	3286,50	3296,60	50,8	3187,1	49,2	47,3		
3/8"	9,50	2192,00	5488,60	84,7	995,1	15,3	12,2	55	10
# 4	4,75	761,20	6249,80	96,4	233,9	3,6	0,0	10	0
Pasa # 4	Charola	233,90	6483,70	100,0					
		Σ:	6483,70		Módulo granulométrico [MG]: 6,81			Porcentaje grueso (Grava) [%]: 96,4%	
		Dif. [g]:	0,60		Tamaño máximo Nominal [TMN]: 3/4"			Porcentaje finos (Grava) [%]: 3,6%	
		Pérdidas [%]:	0,01%						

AGREGADO FINO:

Peso Inicial [P_{Inicial Arena}]: 1238,3 [g]

Muestra 1

Tamiz	Abertura [mm]	Peso Retenido [g]	Retenido Acumulado [g]	Retenido Acumulado [%]	Peso que Pasa [g]	Porcentaje que Pasa Total [%]	Porcentaje que Pasa [%]	Porcentaje que Pasa [%]	Especificaciones	
									Máx.	Mín.
3/8"	9,50				1237,9	100,0	100,0	0,0	100	100
# 4	4,750	1,00	1,00	0,1	1236,9	99,9	100,0	0,0	100	95
# 8	2,360	150,90	151,90	12,3	1086,0	87,7	87,8	12,2	100	80
# 16	1,190	449,30	601,20	48,6	636,7	51,4	51,5	48,5	85	50
# 30	0,595	289,60	890,80	72,0	347,1	28,0	28,1	71,9	60	25
# 50	0,297	188,00	1078,80	87,1	159,1	12,9	12,9	87,1	30	10
# 100	0,149	101,60	1180,40	95,4	57,5	4,6	4,6	95,4	10	2
Charola	Charola	57,50								
		Σ:	1237,90		Módulo de finura de la Arena [Mf _{Arena}]: 3,15 [g]			Porcentaje grueso (Grava) [%]: 99,9%		
		Dif. [g]:	0,40					Porcentaje finos (Grava) [%]: 0,1%		
		Pérdidas [%]:	0,03%							



ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA – ARENA: ASTM-136

AGREGADO GRUESO.

Peso Inicial [P_{Inicial Grava}]: 5765,4 [g]

Muestra 2

Tamiz	Abertura [mm]	Peso Retenido [g]	Retenido Acumulado [g]	Retenido Acumulado [%]	Peso que Pasa [g]	Porcentaje que Pasa Total [%]	Porcentaje que Pasa [%]	Especificaciones	
								Máx.	Mín.
2"	50,00	0,00	0,00	0,0	5765,0	100,0	100,0		
1 1/2"	37,50	0,00	0,00	0,0	5765,0	100,0	100,0		
1"	25,00	0,00	0,00	0,0	5765,0	100,0	100,0	100	100
3/4"	19,00	21,90	21,90	0,4	5743,1	99,6	99,6	100	90
1/2"	12,50	2603,30	2625,20	45,5	3139,8	54,5	52,6		
3/8"	9,50	2174,10	4799,30	83,2	965,7	16,8	13,4	55	10
# 4	4,75	740,40	5539,70	96,1	225,3	3,9	0,0	10	0
Pasa # 4	Charola	225,30	5765,00	100,0					

Σ:	5765,00
Dif. [g]:	0,40
Pérdidas [%]:	0,01 %

Módulo granulométrico [MG]: **6,80**
 Tamaño máximo Nominal [TMN]: **3/4"**

Porcentaje grueso (Grava) [%]: **96,1 %**
 Porcentaje finos (Grava) [%]: **3,9 %**

AGREGADO FINO:

Peso Inicial [P_{Inicial Arena}]: 1129,4 [g]

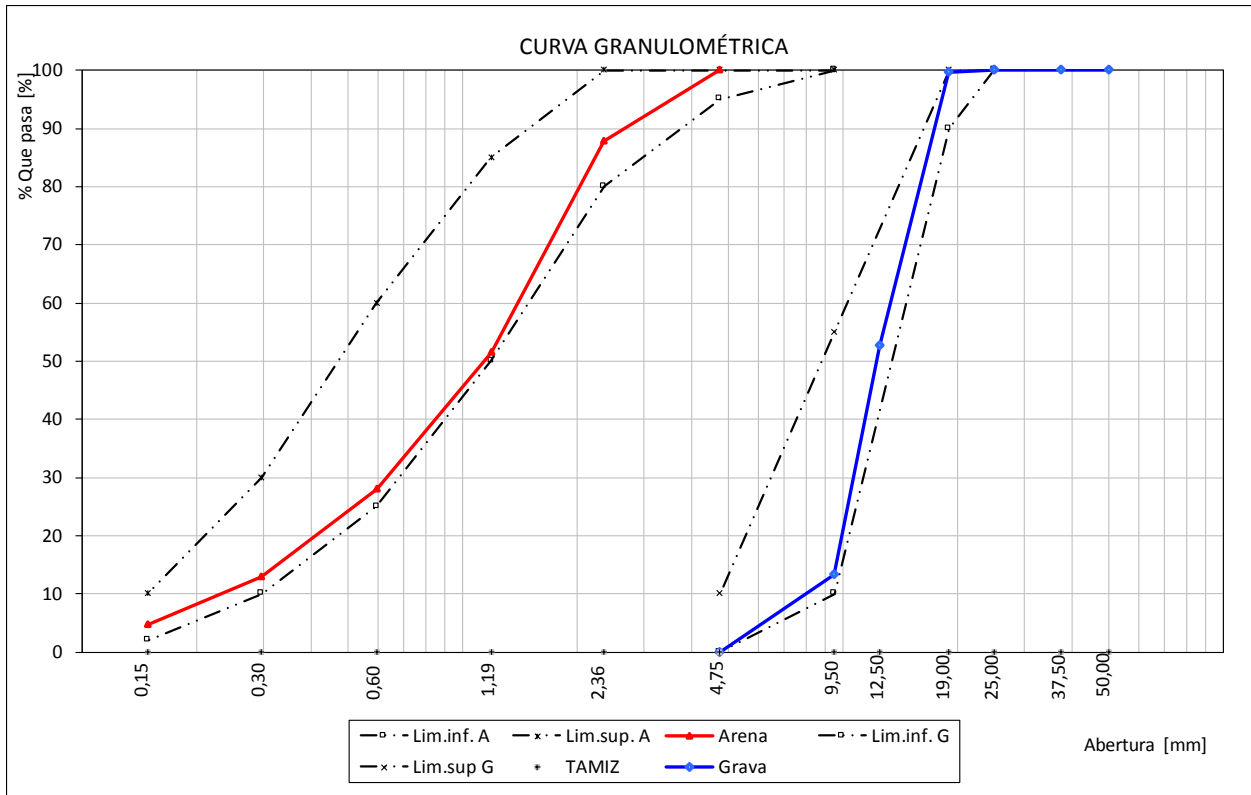
Muestra 2

Tamiz	Abertura [mm]	Peso Retenido [g]	Retenido Acumulado [g]	Retenido Acumulado [%]	Peso que Pasa [g]	Porcentaje que Pasa Total [%]	Porcentaje que Pasa [%]	Porcentaje que Pasa [%]	Especificaciones	
									Máx.	Mín.
3/8"	9,50				1129,2	100,0	100,0	0,0	100	100
# 4	4,750	0,60	0,60	0,1	1128,6	99,9	100,0	0,0	100	95
# 8	2,360	137,60	138,20	12,2	991,0	87,8	87,8	12,2	100	80
# 16	1,190	410,10	548,30	48,6	580,9	51,4	51,5	48,5	85	50
# 30	0,595	264,70	813,00	72,0	316,2	28,0	28,0	72,0	60	25
# 50	0,297	170,90	983,90	87,1	145,3	12,9	12,9	87,1	30	10
# 100	0,149	91,90	1075,80	95,3	53,4	4,7	4,7	95,3	10	2
Charola	Charola	53,40								

Σ:	1129,20
Dif. [g]:	0,20
Pérdidas [%]:	0,02 %

Módulo de finura de la Arena [Mf_{Arena}]: **3,15 [g]**

Porcentaje grueso (Grava) [%]: **99,9 %**
 Porcentaje finos (Grava) [%]: **0,1 %**



PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO: ASTM C-127			
		M-1	M-2
Peso Recipiente:	$P_{Recip} [g] =$	241,8	235,7
Peso Muestra SSS:	$P_{MSSS} [g] =$	4407,0	4183,2
Peso Sumergido Muestra + Canastillo	$P_{S(M+C)} [g] =$	3664,2	3522,7
Peso Sumergido Canastillo:	$P_{S(C)} [g] =$	885,1	885,1
Peso Sumergido Muestra: $P_{S(M)} = P_{S(M+C)} - P_{S(C)}$	$P_{S(M)} [g] =$	2779,1	2637,6
Peso o Volumen de agua: $P_{Agua} = P_{S(M+C)} - P_{S(M)}$	$P_{Agua} [g] =$	1627,9	1545,6
Peso Específico SSS: $G_{SSS} = P_{MSSS} / P_{Agua}$	$G_{SSS} [] =$	2,707	2,707
Peso Específico Seco: $G_s = P_{MS} / P_{Agua}$	$G_s [] =$	2,676	2,676
<hr/>			
Peso Muestra secada al horno + Recipiente:	$P_{MS+Recip} [g] =$	4598,0	4372,3
Peso Recipiente:	$P_{Recip} [g] =$	241,8	235,7
Peso Muestra secada al horno: $P_{MS} = P_{MS+Recip} - P_{Recip}$	$P_{MS} [g] =$	4356,2	4136,6
Peso de Agua Absorbida: $P_{agua Abs} = P_{MSSS} - P_{MS}$	$P_{Agua Abs} [g] =$	50,8	46,6
Porcentaje de Absorción: $\% Abs = (P_{agua Abs} * 100) / P_{MS}$	$\% Abs [%] =$	1,1662	1,1265
		1,146	

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO: ASTM C-128			
		M-1	M-2
Peso Frasco Volumétrico:	$P_F [G] =$	153,6	152,4
Peso fresco lleno de agua:	$P_{F+Agua} [g] =$	647,1	647,1
Peso Muestra SSS:	$P_{MSSS} [g] =$	431,4	457,1
Peso Frasco + Agua + Muestra:	$P_{F+Agua+M} [g] =$	916,8	933,3
Peso Agua Añadida: $W = P_{F+Agua+M} - P_F - P_{MSSS}$	$W [g] =$	331,8	323,8
Capacidad del Frasco: $V = P_{F+Agua} - P_F$	$V [g] =$	493,5	494,7
Peso del agua desplazada: $P_w = V - W$	$P_w [g] =$	161,7	170,9
Peso Específico SSS: $G_{SSS} = P_w / P_{MSSS}$	$G_{SSS} [] =$	2,668	2,675
Peso Específico Seco: P_{MS} / P_w	$G_s [] =$	2,616	2,623
<hr/>			
Peso Muestra secada al horno + recipiente:	$P_{MS+Recip} [g] =$	576,6	600,7
Peso Recipiente:	$P_{Recip} [g] =$	153,6	152,4
Peso Muestra secada al horno: $P_{MS} = P_{MS+Recip} - P_{Recip}$	$P_{MS} [g] =$	423,0	448,3
Peso de Agua Absorbida: $P_{agua Abs} = P_{MSSS} - P_{MS}$	$P_{Agua Abs} [g] =$	8,4	8,8
Porcentaje de Absorción: $\% Abs = (P_{agua Abs} * 100) / P_{MS}$	$\% Abs [%] =$	1,986	1,963
		1,974	

PORCENTAJE DE HUECOS DEL AGREGADO

PORCENTAJE DE HUECOS DEL AGREGADO GRUESO: ASTM C-29				
Agregado:	M-1		M-2	
Estado:	Suelto	Compactado	Suelto	Compactado
Gs [] =	2,68	2,68	2,68	2,68
PU _{Agua} [Kg/m ³] =	998,89	998,89	998,89	998,89
Gs * PU _{Agua} =	2673	2673	2673	2673
PU _{Agregado} [Kg/m ³] =	1511	1624	1511	1624
% Huecos [%] =	43,47 %	39,24 %	43,48 %	39,25 %

PORCENTAJE DE HUECOS DEL AGREGADO FINO: ASTM C-29				
Agregado:	M-1		M-2	
Estado:	Suelto	Compactado	Suelto	Compactado
Gs [] =	2,62	2,62	2,62	2,62
PU _{Agua} [Kg/m ³] =	998,85	998,85	998,85	998,85
Gs * PU _{Agua} =	2613	2613	2620	2620
PU _{Agregado} [Kg/m ³] =	1603	1796	1603	1796
% Huecos [%] =	38,67 %	31,25 %	38,84 %	31,44 %

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO ASTM C-29

PESO UNITARIO DE AGREGADO ASTM C-29				
Datos del recipiente		M-1	M-2	M-3
Peso del Recipiente (Tara):	P_{Recipiente} [g] =	6424,0	6424,0	6424,0
Volumen del Recipiente:	V_{Recipiente} [cm³] =	14329	14329	14329
Datos del Peso Unitario SUELTO:		M-1	M-2	M-3
Peso Recipiente + Muestra Suelta:	P_{Recipiente + Muestra Suelta} [g] =	27990,0	28169,0	28063,0
Peso de la Muestra Suelta:	P_{Muestra Suelta} [g] =	21566,0	21745,0	21639,0
Peso Unitario Suelto:	PUS [g/cm³] =	1,505	1,518	1,510
Peso Unitario Suelto:	PUS [Kg/m³] =	1505	1518	1510
Peso Unitario Suelto Promedio:		1511		
Datos del Peso Unitario COMPACTADO:		M-1	M-2	M-3
Peso Recipiente + Muestra Compactada:	P_{Recipiente + Muestra Compactada} [g] =	29726,0	29708,0	29650,0
Peso de la Muestra Compactada:	P_{Muestra Compactada} [g] =	23302	23284,0	23226,0
Peso Unitario Compactado:	PUC [g/cm³] =	1,626	1,625	1,621
Peso Unitario Compactado:	PUC [Kg/m³] =	1626	1625	1621
Peso Unitario Compactado Promedio:		1624		

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO ASTM C-29

Datos del recipiente		M-1	M-2	M-3
Peso del Recipiente (Tara):	$P_{\text{Recipiente}} [\text{g}] =$	1785,6	1785,6	1785,6
Volumen del Recipiente:	$V_{\text{Recipiente}} [\text{cm}^3] =$	2834	2834	2834
Datos del Peso Unitario SUELTO:		M-1	M-2	M-3
Peso Recipiente + Muestra Suelta:	$P_{\text{Recipiente + Muestra Suelta}} [\text{g}] =$	6258,6	6343,0	6379,8
Peso de la Muestra Suelta:	$P_{\text{Muestra Suelta}} [\text{g}] =$	4473,0	4557,4	4594,2
Peso Unitario Suelto:	$PUS [\text{g}/\text{cm}^3] =$	1,578	1,608	1,621
Peso Unitario Suelto:	$PUS [\text{Kg}/\text{m}^3] =$	1578	1608	1621
Peso Unitario Suelto Promedio:		1603		
Datos del Peso Unitario COMPACTADO:		M-1	M-2	M-3
Peso Recipiente + Muestra Compactada:	$P_{\text{Recipiente + Muestra Compactada}} [\text{g}] =$	6856,0	6882,0	6891,0
Peso de la Muestra Compactada:	$P_{\text{Muestra Compactada}} [\text{g}] =$	5070	5096,4	5105,4
Peso Unitario Compactado:	$PUC [\text{g}/\text{cm}^3] =$	1,789	1,798	1,801
Peso Unitario Compactado:	$PUC [\text{Kg}/\text{m}^3] =$	1789	1798	1801
Peso Unitario Compactado Promedio:		1796		

CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE

Datos		Grava	Arena	Hº Fresco
Peso Recipiente + Vidrio:	$P_{\text{Recipiente + Vidrio}} [\text{g}] =$	7308,0	2427,6	3012,9
Peso del Recipiente + Vidrio + Agua:	$P_{\text{Recipiente + Vidrio + Agua}} [\text{g}] =$	21621,5	5258,8	9975,0
Temperatura del Agua:	$T_{\text{Agua}} [^{\circ}\text{C}] =$	16,3 °C	16,5 °C	16,5 °C
Temperatura Ambiente:	$T_{\text{Ambiente}} [^{\circ}\text{C}] =$	17 °C	17 °C	17 °C
Humedad del Ambiente:	$H_{\text{Ambiente}} [\%] =$	33 %	32 %	32 %
[*] Peso unitario del agua a $T_{\text{Agua}} [^{\circ}\text{C}]$:	$PU_{\text{Agua}} [\text{Kg}/\text{m}^3] =$	998,888	998,853	998,853
Densidad del agua a T_{Agua} :	$D_{\text{Agua}} [\text{g}/\text{cm}^3] =$	0,999	0,999	0,999
Peso del agua:	$P_{\text{Agua}} [\text{g}] =$	14313,5	2831,2	6962,1
Peso del agua:	$P_{\text{Agua}} [\text{Kg}] =$	14,31	2,83	6,96
Volumen del Recipiente:	$V_{\text{Recipiente}} [\text{m}^3] =$	1,43E-02	2,83E-03	6,97E-03
Volumen del Recipiente:	$V_{\text{Recipiente}} [\text{cm}^3] =$	14329,4	2834,5	6970,1
Volumen Final del recipiente:	$V_{\text{Recipiente}} [\text{cm}^3] =$	14329,0	2834,0	6970,0

MATERIAL MAS FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200: ASTM C-177

Muestra	Material	Peso [g]		Peso Material Fino	Porcentaje más fino o Pérdida [%]	Límites	Observaciones
		Inicial	Final				
1	Grava	2673,7	2668,3	5,40	0,20 %	< 1 [%]	Cumple
2		2695,3	2689,6	5,70	0,21 %	< 1 [%]	Cumple
1	Arena	592	575,2	16,80	2,84 %	< 3 [%]	Cumple
2		549,9	534	15,90	2,89 %	< 3 [%]	Cumple

ANEXO B

DOSIFICACIONES

- PLANILLAS DE DOSIFICACIONES CEMENTO 1.
- PLANILLAS DE DOSIFICACIONES CEMENTO 2.
- PLANILLAS DE DOSIFICACIONES CEMENTO 3.

DOSIFICACIONES DE CONSUMO 300 [kg/m³]

300 [kg/m³]	CEMENTO-1	CEMENTO-2	CEMENTO-3
MATERIAL	Base aprobada (firmada), [kg/m³]	Base aprobada (firmada), [kg/m³]	Base aprobada (firmada), [kg/m³]
Agua	202,565	194,587	200,925
Cemento	300,206	302,538	299,888
Grava	953,679	917,650	924,671
Arena	886,142	917,584	924,640
TOTAL	2342,592	2332,359	2350,124
a/c	0,67	0,64	0,67
Aire	0,213	1,165	0,087
Asentamiento (Cm)	7,0	7,0	7,0

DOSIFICACIONES DE CONSUMO 400 [kg/m³]

400 [kg/m³]	CEMENTO-1	CEMENTO-2	CEMENTO-3
MATERIAL	Base aprobada (firmada), [kg/m³]	Base aprobada (firmada), [kg/m³]	Base aprobada (firmada), [kg/m³]
Agua	199,027	203,836	189,410
Cemento	400,350	397,713	399,600
Grava	953,780	954,783	974,570
Arena	779,489	781,310	797,483
TOTAL	2332,646	2337,642	2361,063
a/c	0,50	0,51	0,47
Aire	1,282	0,889	0,912
Asentamiento (Cm)	7,0	7,0	7,0

DOSIFICACIONES DE CONSUMO 500 [kg/m³]

500 [kg/m³]	CEMENTO-1	CEMENTO-2	CEMENTO-3
MATERIAL	Base aprobada (firmada), [kg/m³]	Base aprobada (firmada), [kg/m³]	Base aprobada (firmada), [kg/m³]
Agua	222,053	227,613	207,841
Cemento	500,125	499,158	499,625
Grava	867,802	865,960	902,220
Arena	709,991	708,352	738,449
TOTAL	2299,971	2301,083	2348,135
a/c	0,44	0,46	0,42
Aire	1,500	1,248	0,706
Asentamiento (Cm)	7,0	7,0	7,0

ANEXO C

TIEMPO DE FRAGUADO POR TEMPERATURA

- GRAFICAS RESISTENCIA DE PENETRACION vs
TIEMPO DE FRAGUADO CEMENTO 1
- GRAFICAS RESISTENCIA DE PENETRACION vs
TIEMPO DE FRAGUADO CEMENTO 2
- GRAFICAS RESISTENCIA DE PENETRACION vs
TIEMPO DE FRAGUADO CEMENTO 3

RESISTENCIA DE PENETRACION vs TIEMPO DE FRAGUADO CEMENTO 1

Gráfico C-1

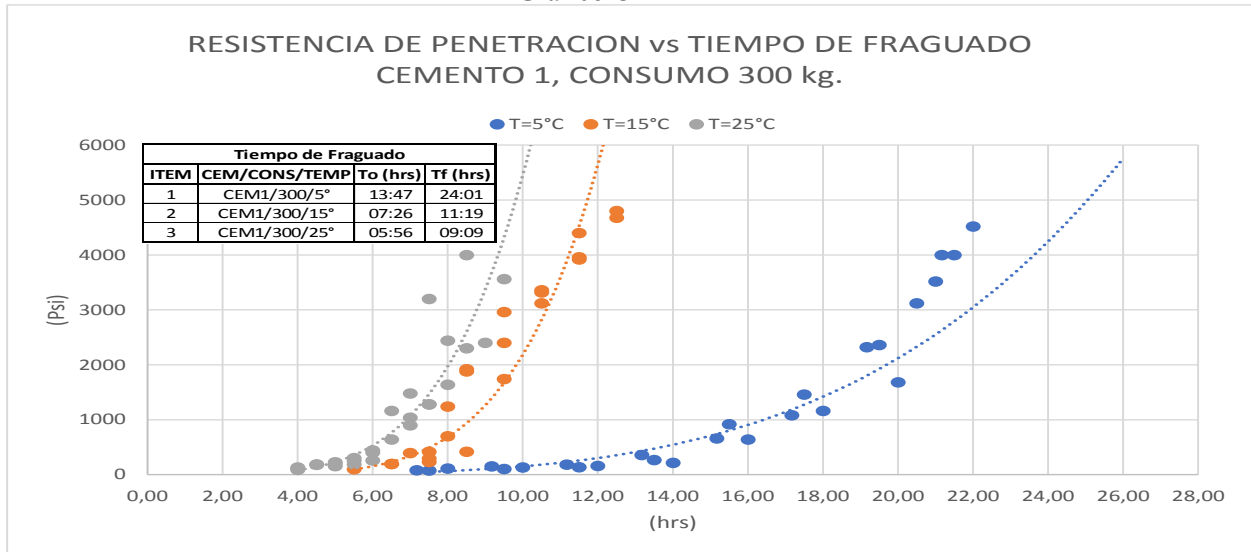


Gráfico C-2

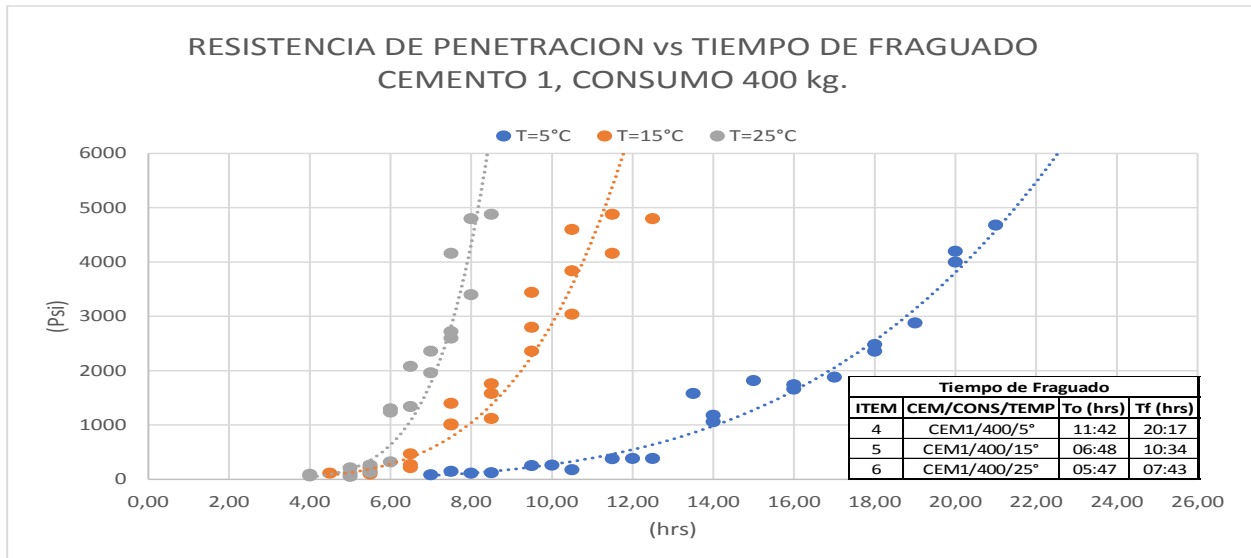
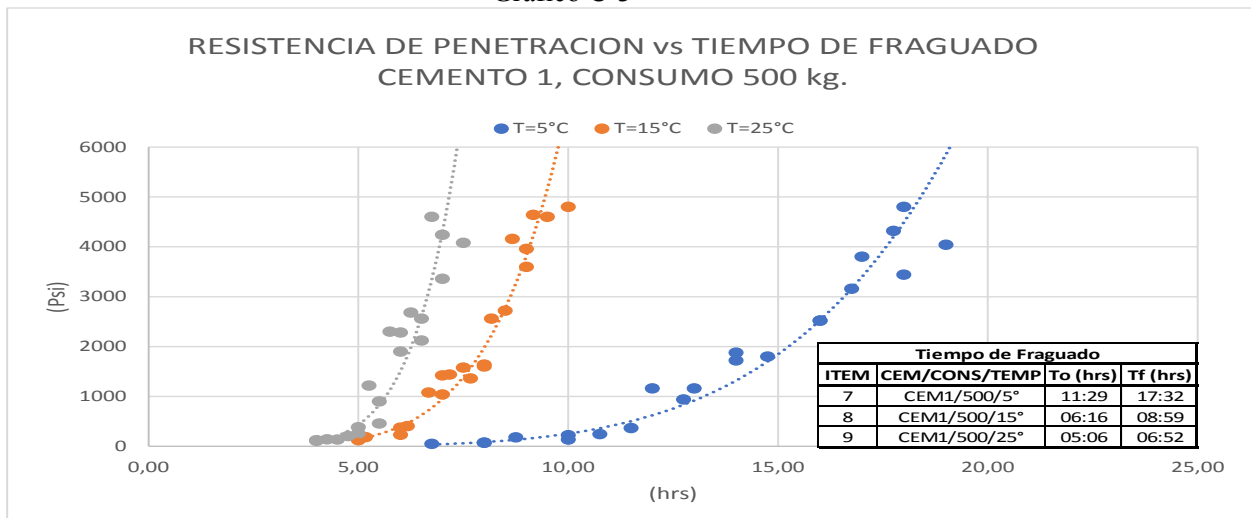


Gráfico C-3



RESISTENCIA DE PENETRACION vs TIEMPO DE FRAGUADO CEMENTO 2

Gráfico C-4

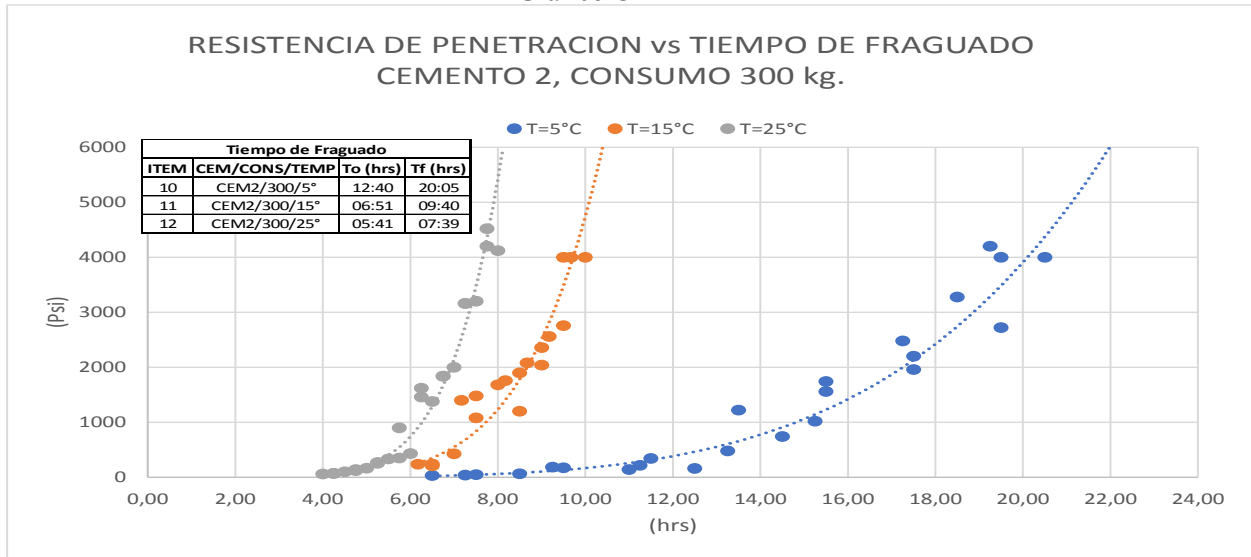


Gráfico C-5

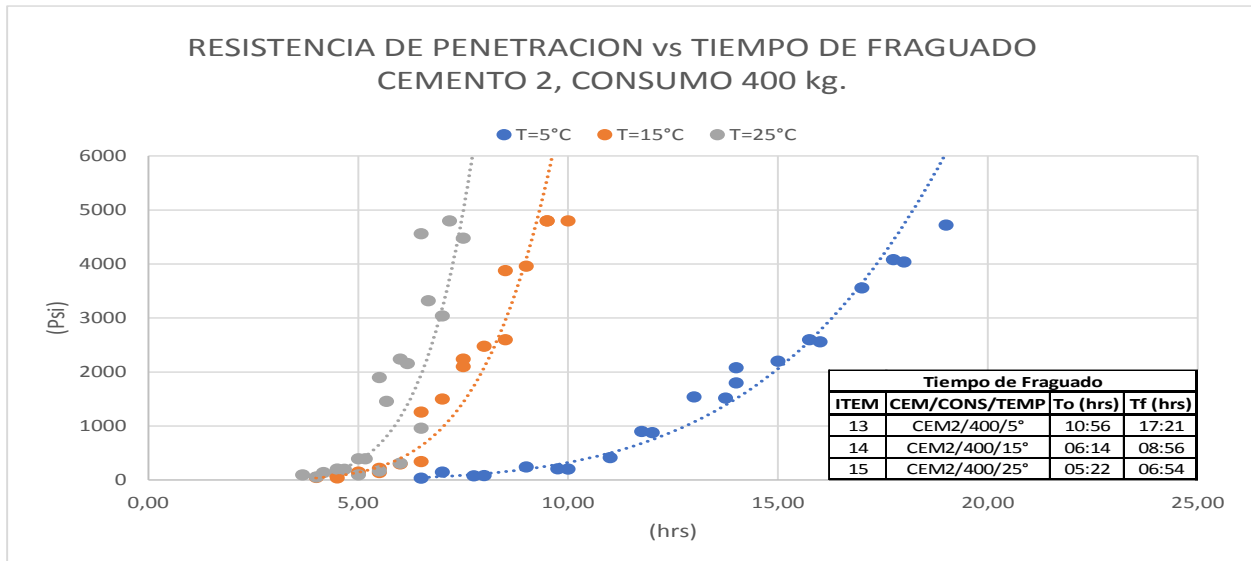
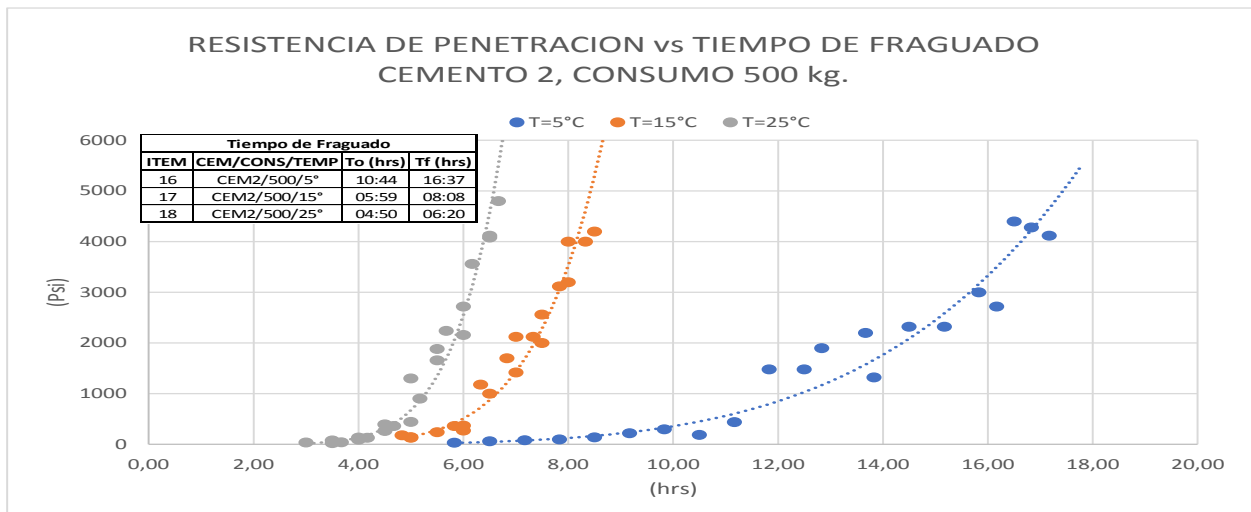


Gráfico C-6



RESISTENCIA DE PENETRACION vs TIEMPO DE FRAGUADO CEMENTO 3

Gráfico C-7

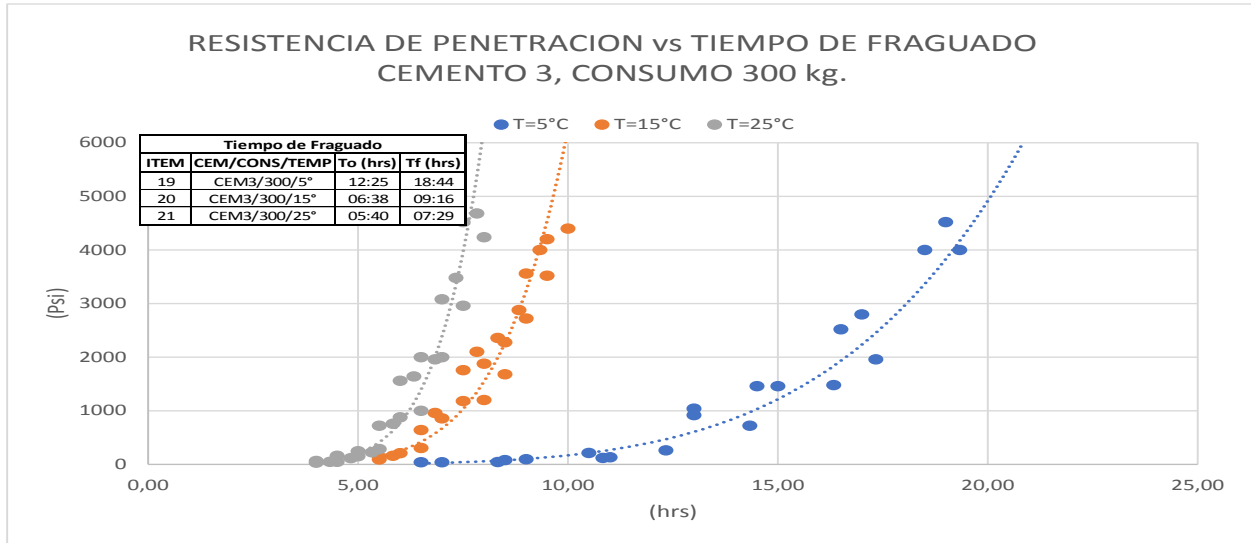


Gráfico C-8

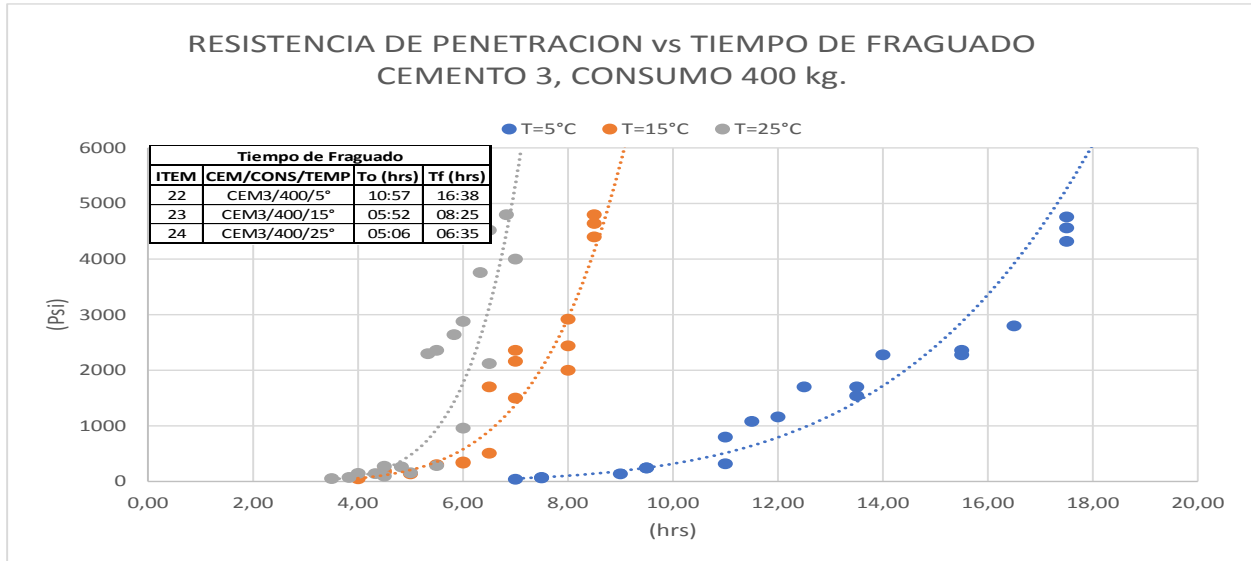
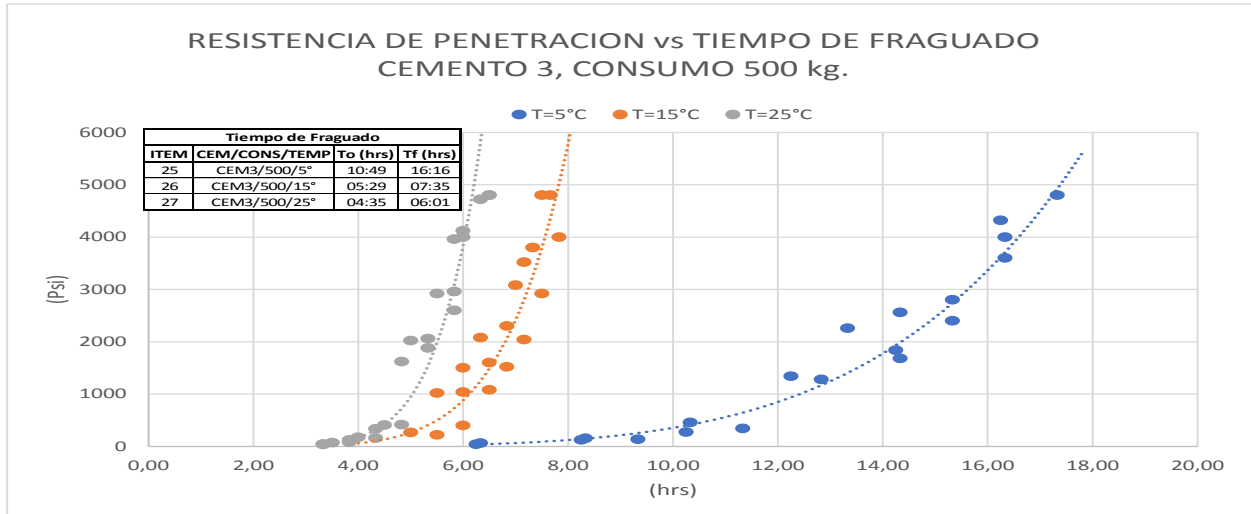


Gráfico C-9



ANEXO D

GRAFICAS: TIEMPO DE FRAGUADO PARA UN
MISMO CEMENTO Y MISMAS TEMPERATURAS

CEMENTO 1

Gráfico D-1

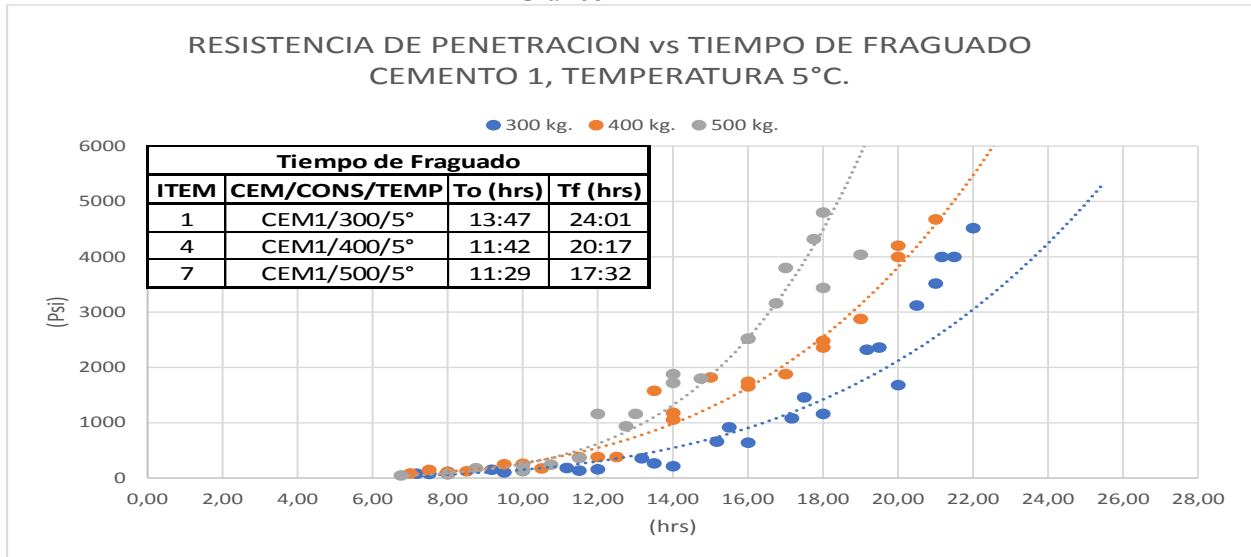


Gráfico D-2

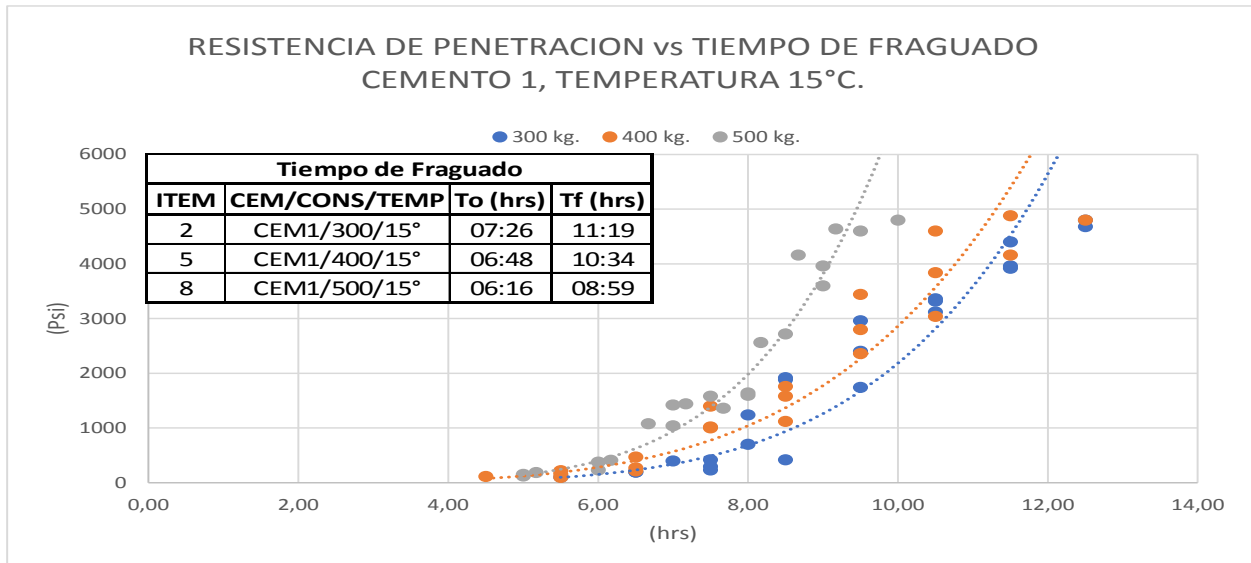
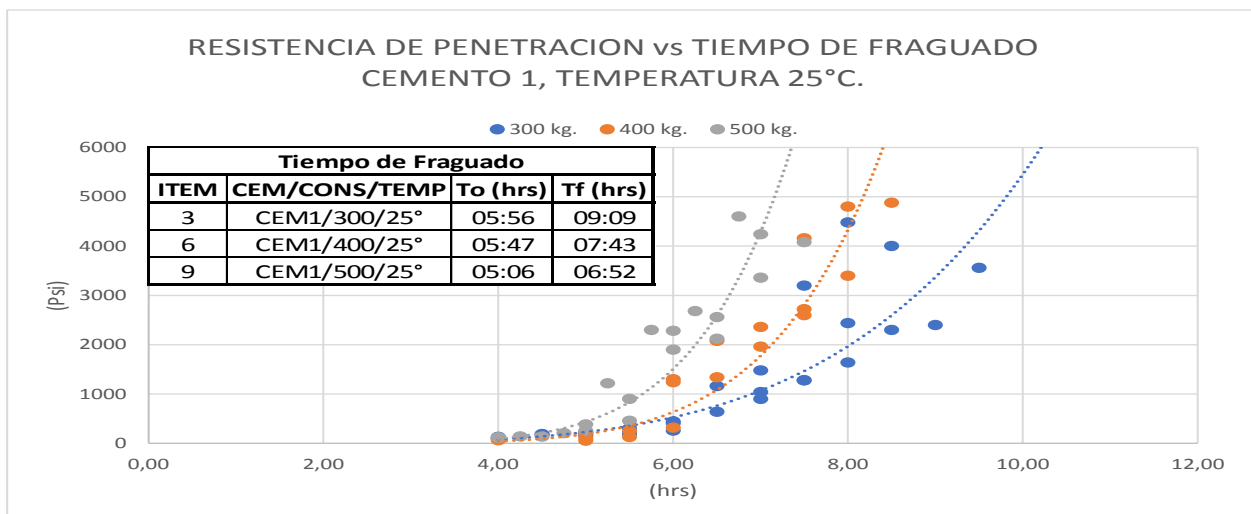


Gráfico D-3



CEMENTO 2

Gráfico D-4

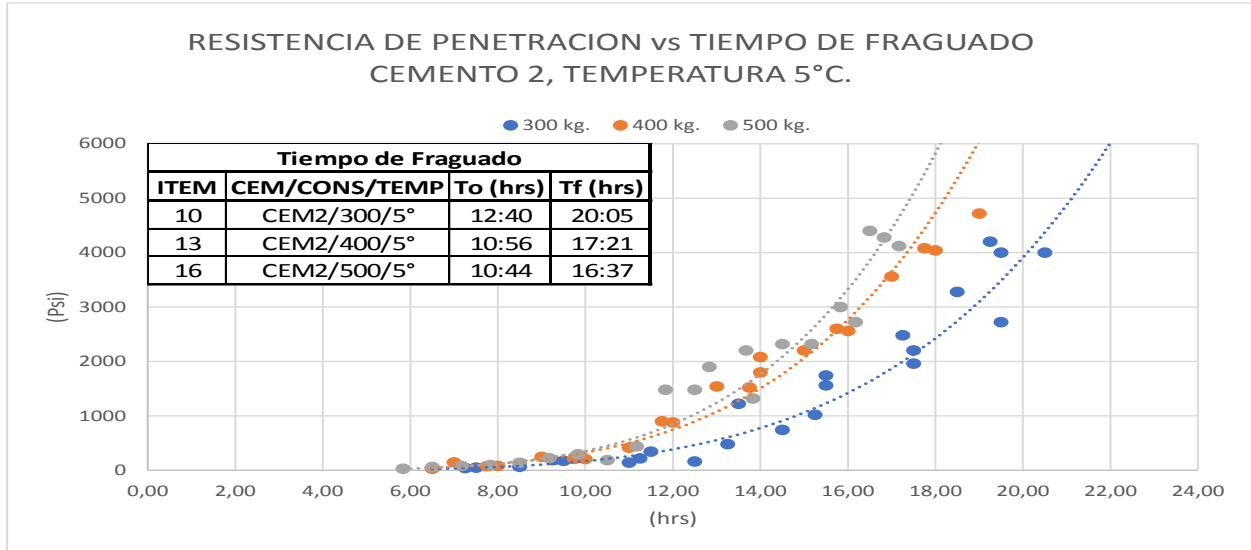


Gráfico D-5

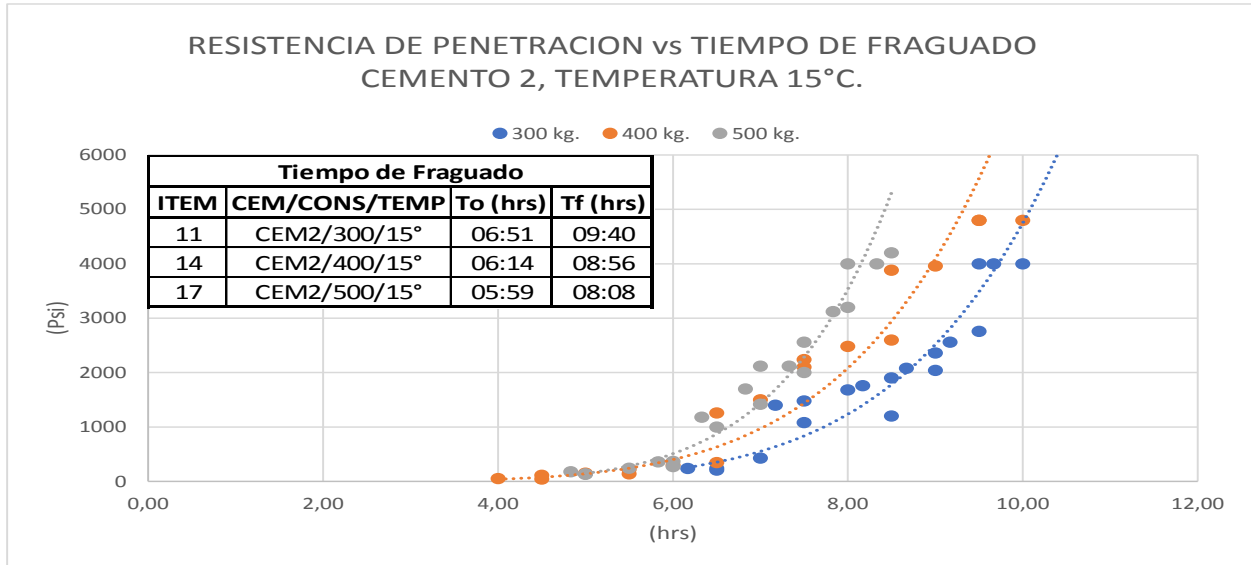
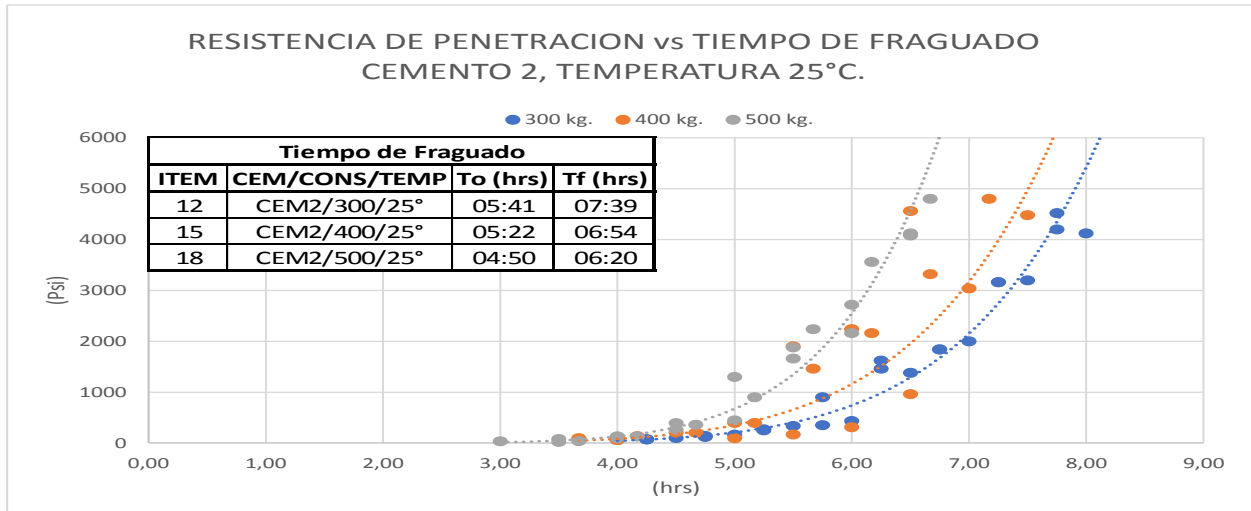


Gráfico D-6



CEMENTO 3

Gráfico D-7

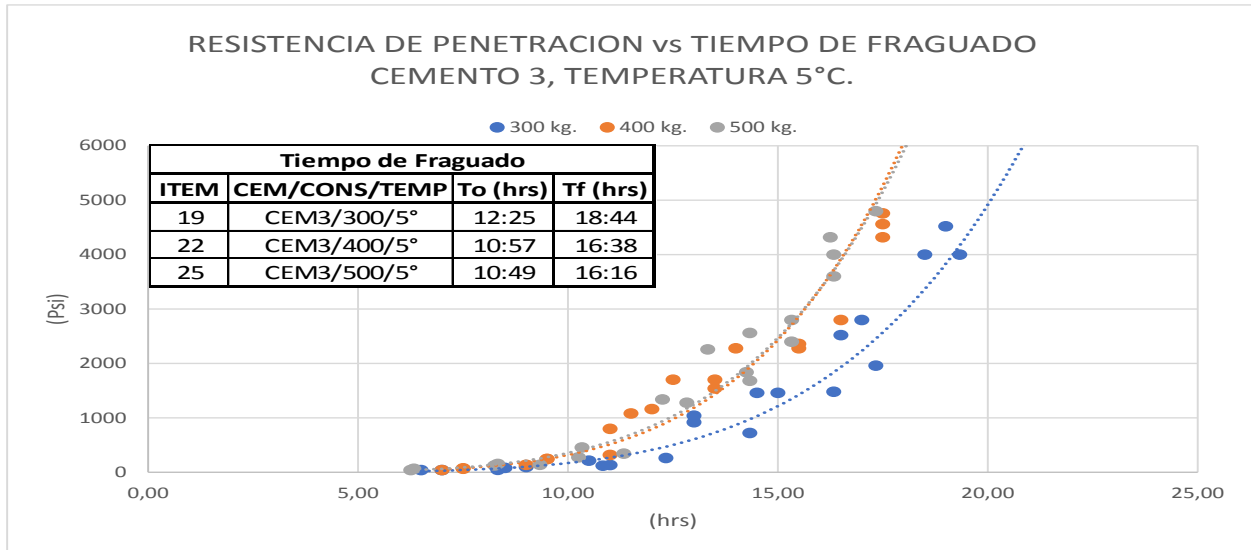


Gráfico D-8

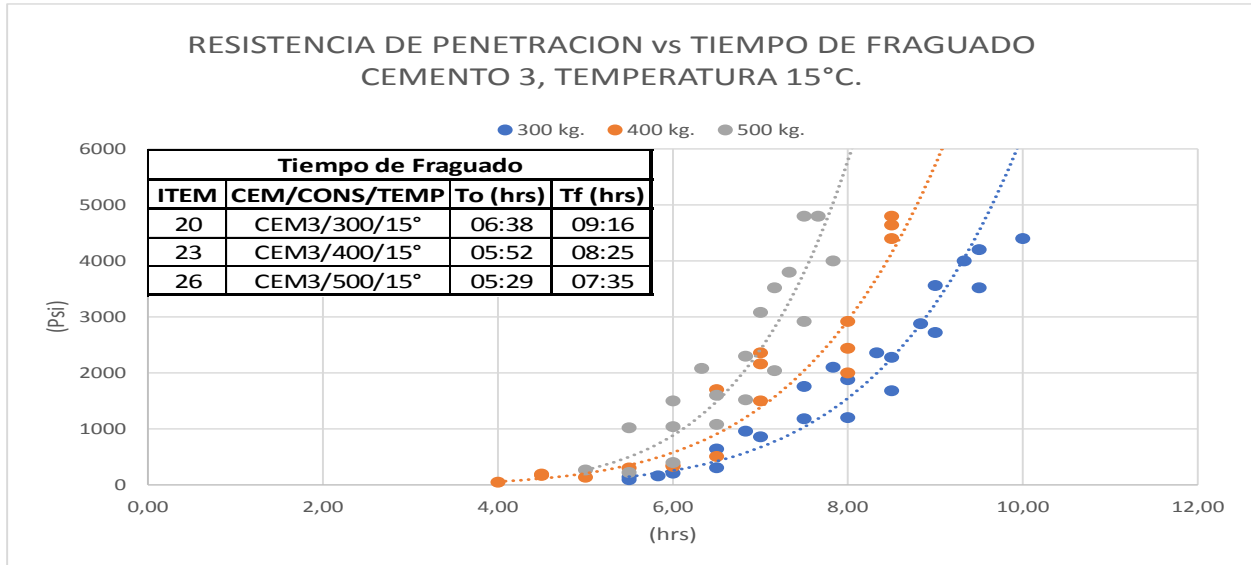
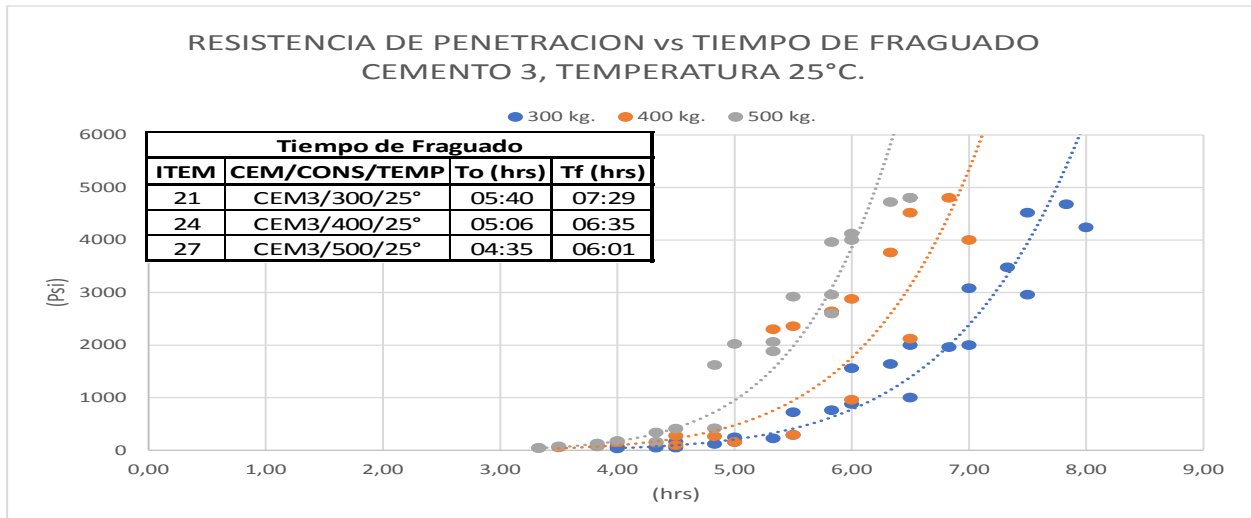


Gráfico D-9



ANEXO E

GRAFICAS: TIEMPO DE FRAGUADO
COMPARATIVO A TIPOS DE HORMIGON

CONSUMO DE CEMENTO DE 300 kg.

Gráfico E-1

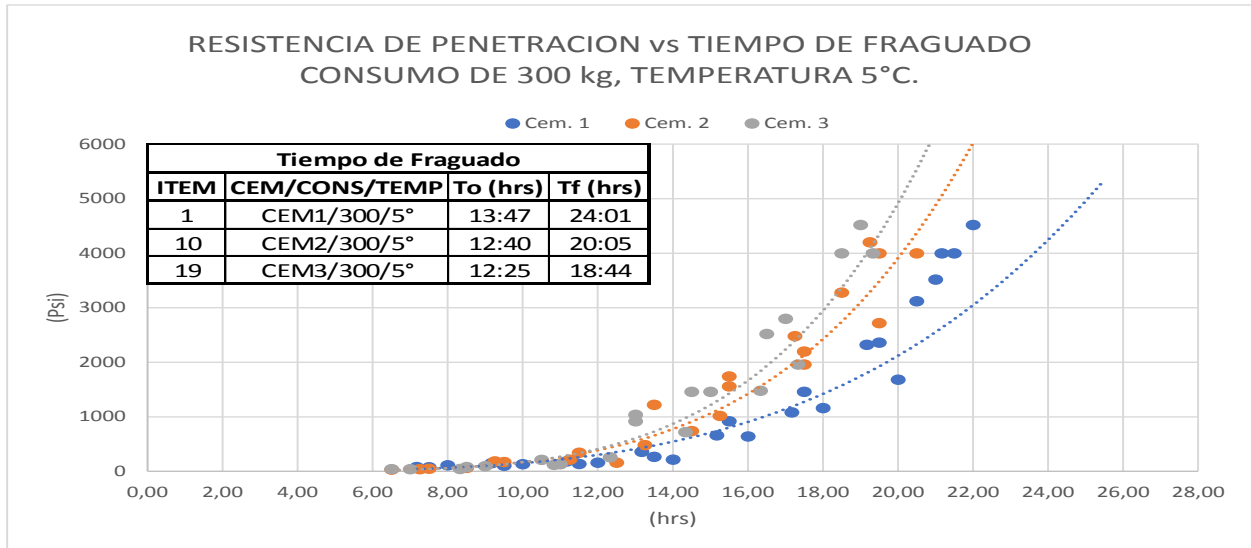


Gráfico E-2

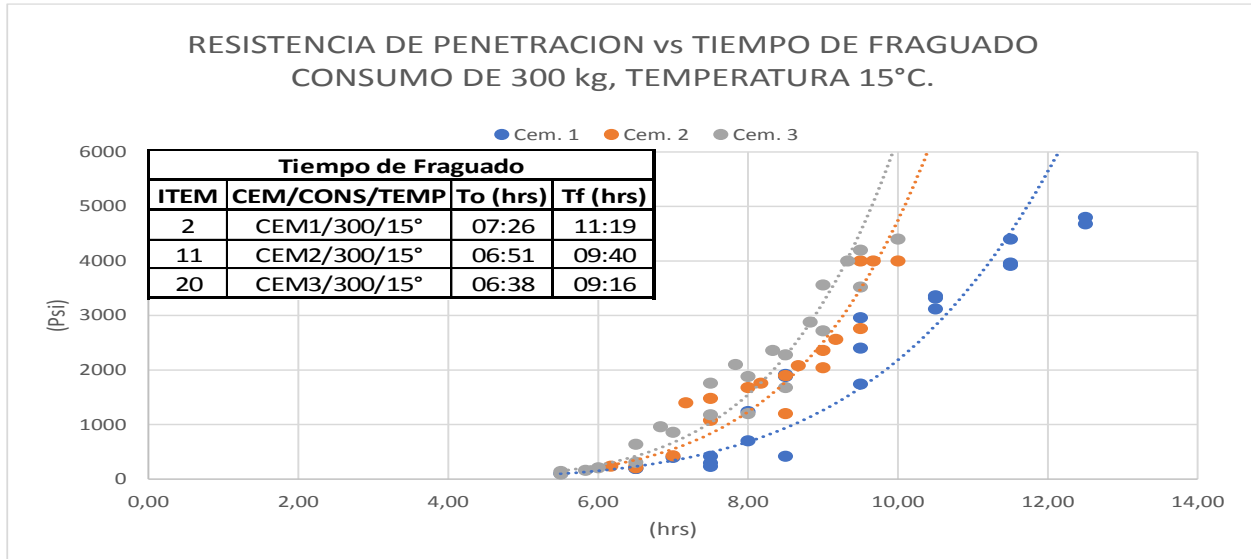
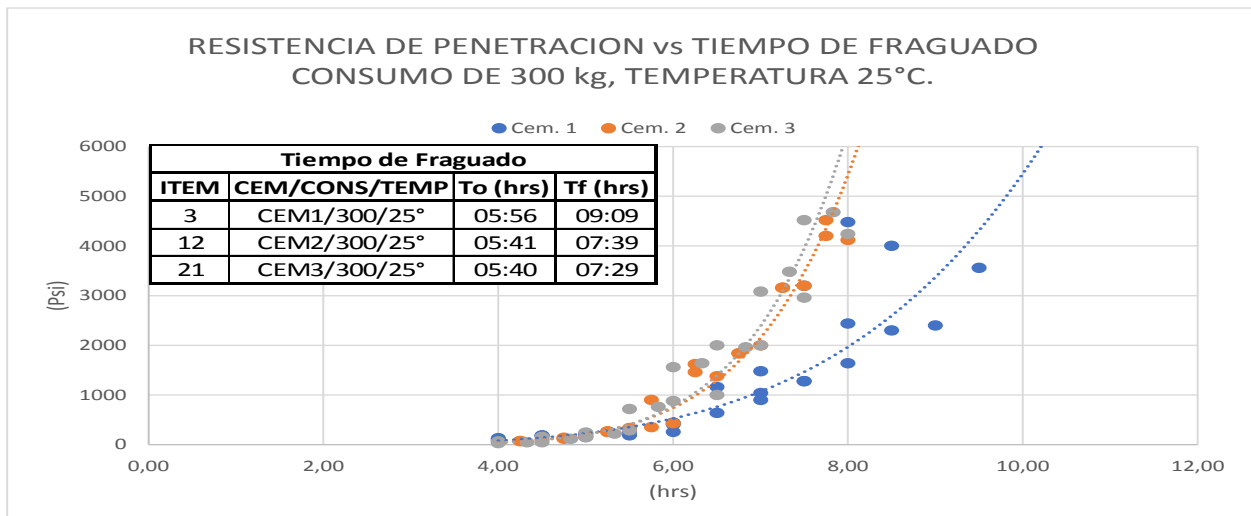


Gráfico E-3



CONSUMO DE CEMENTO DE 400 kg.

Gráfico E-4

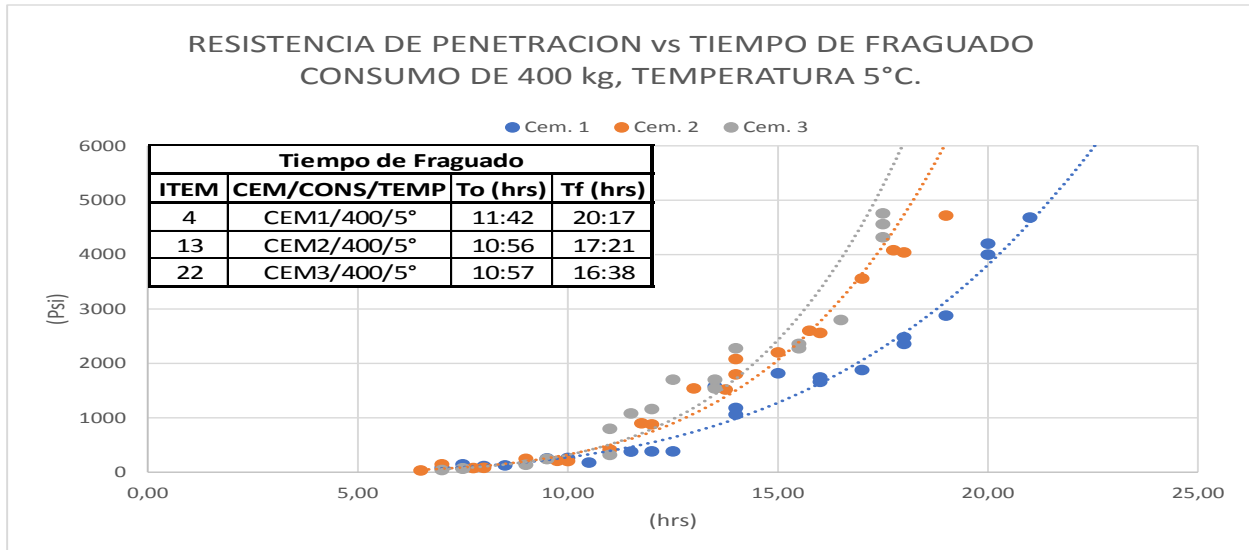


Gráfico E-5

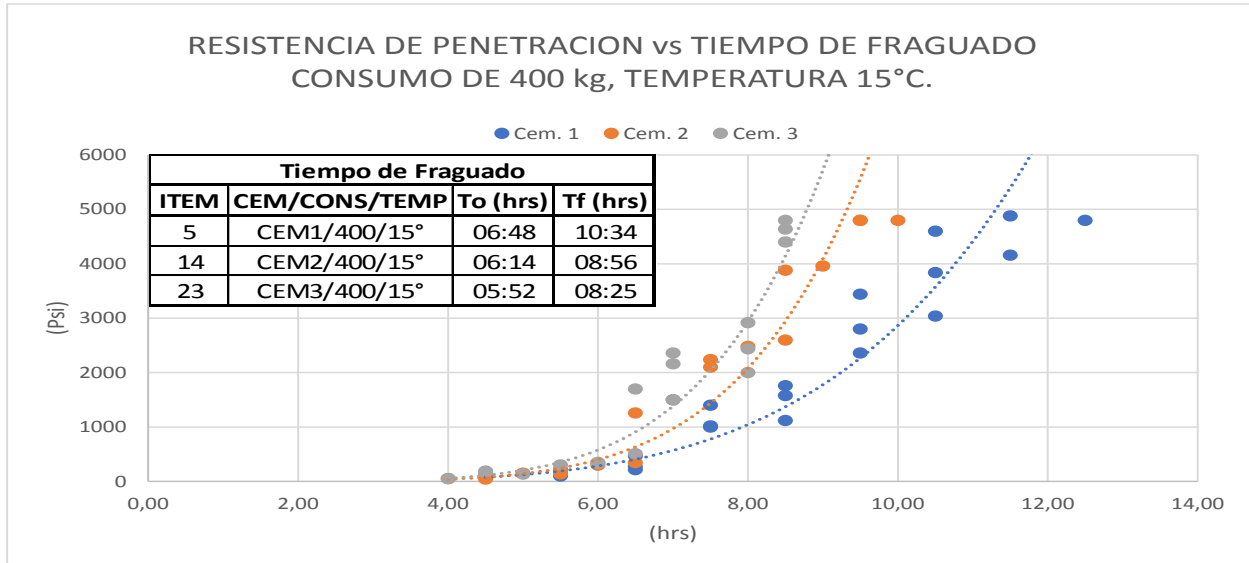


Gráfico E-6

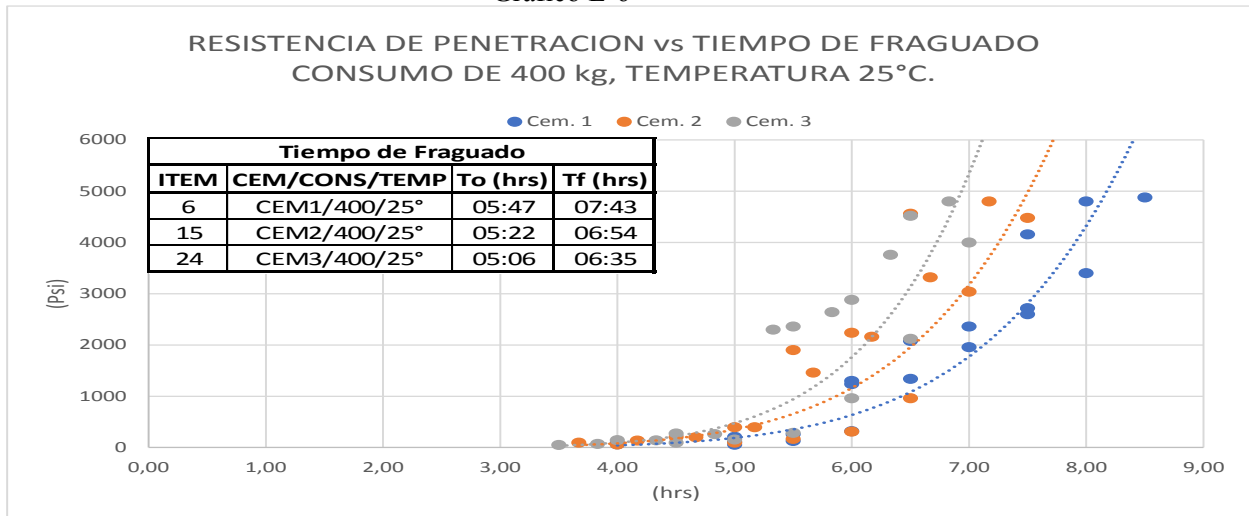


Gráfico E-7

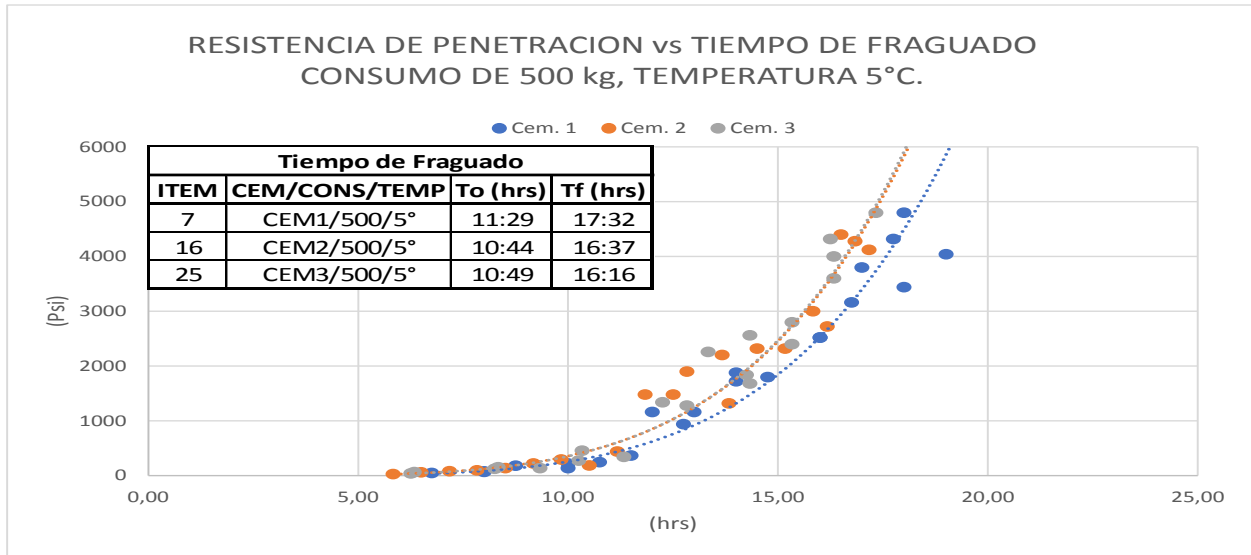


Gráfico E-8

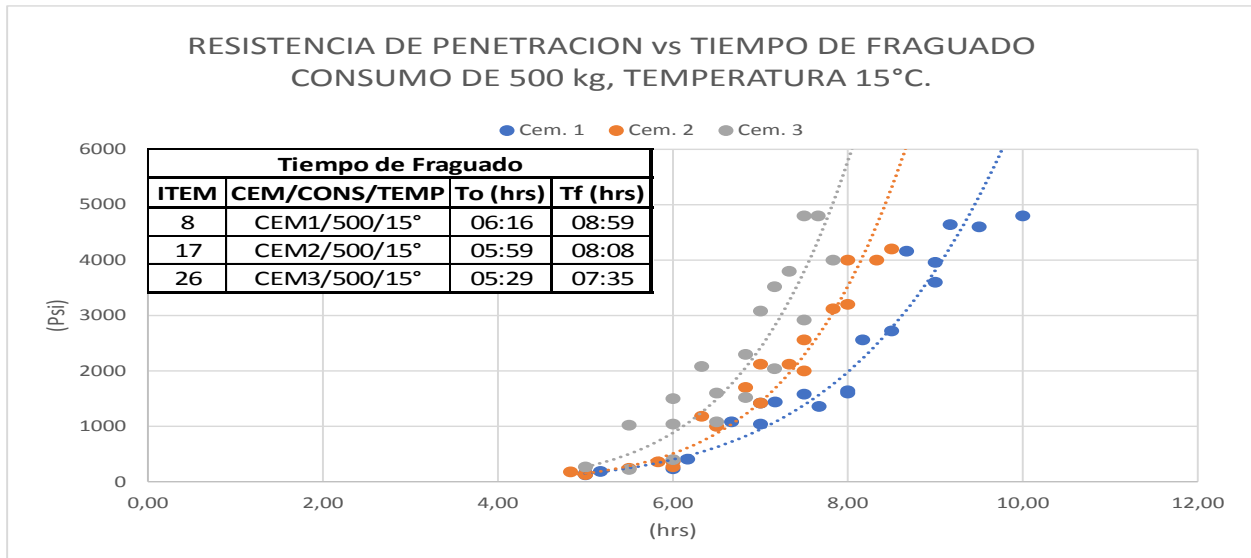
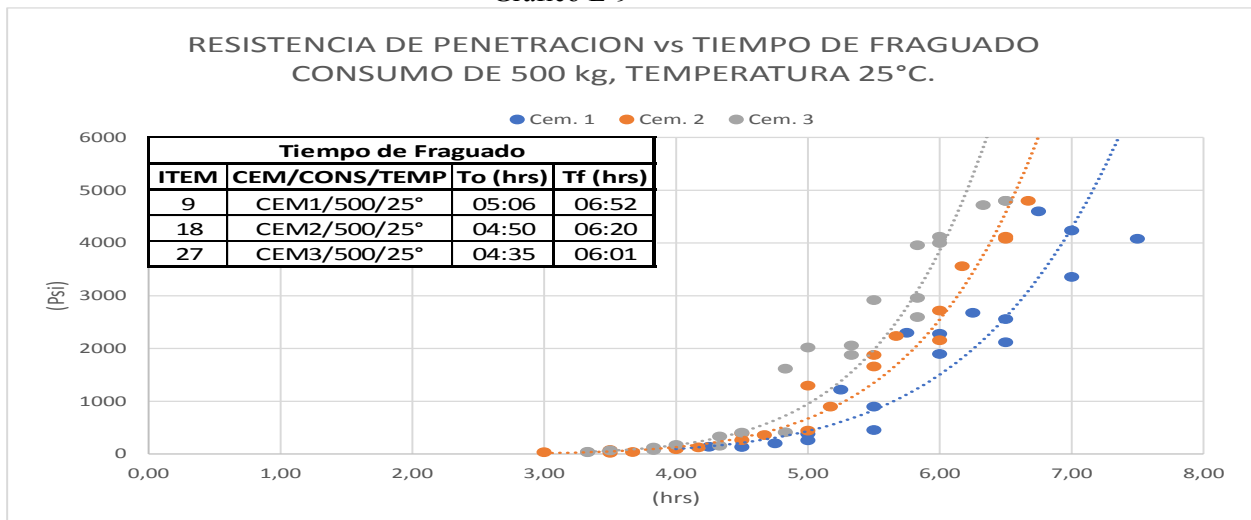


Gráfico E-9



ANEXO F

TIEMPO DE FRAGUADO POR TEMPERATURA

- GRAFICAS DE BARRAS DE TIEMPO DE FRAGUADO CEMENTO 1
- GRAFICAS DE BARRAS DE TIEMPO DE FRAGUADO CEMENTO 2
- GRAFICAS DE BARRAS DE TIEMPO DE FRAGUADO CEMENTO 3

GRAFICAS DE BARRAS TIEMPO DE FRAGUADO CEMENTO 1

Gráfico F-1

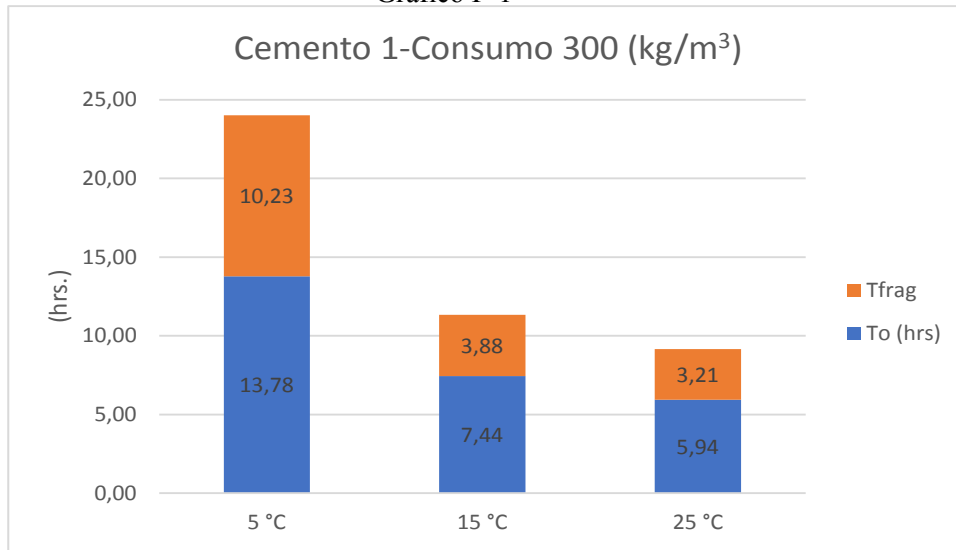


Gráfico F-2

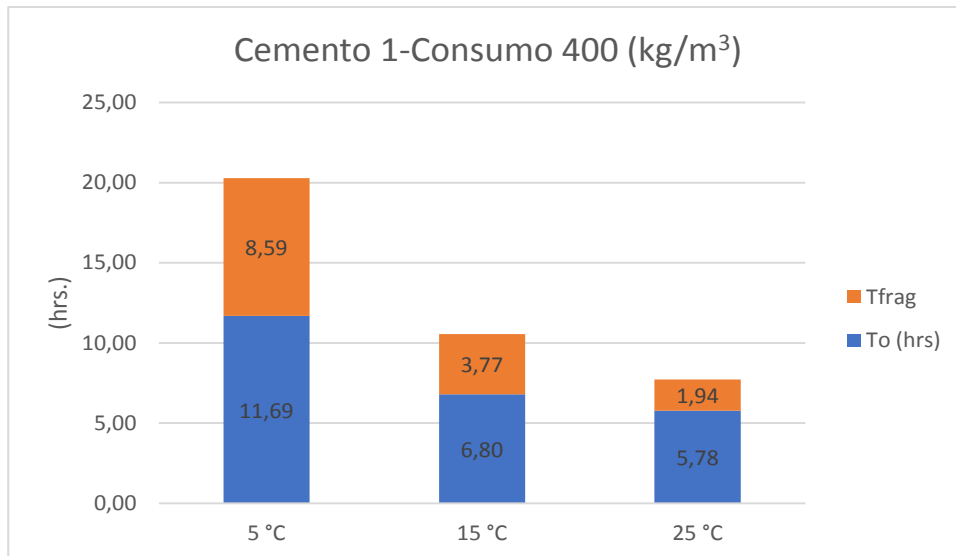
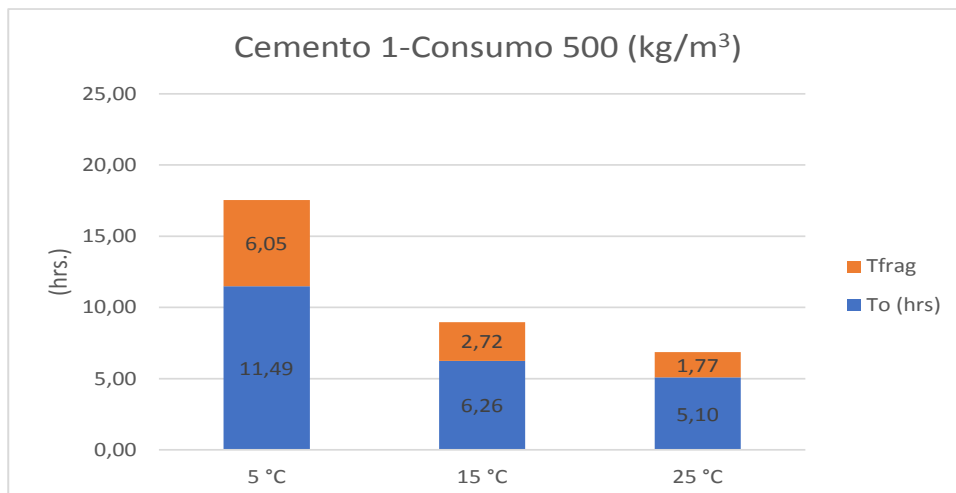


Gráfico F-3



GRAFICAS DE BARRAS TIEMPO DE FRAGUADO CEMENTO 2

Gráfico F-4

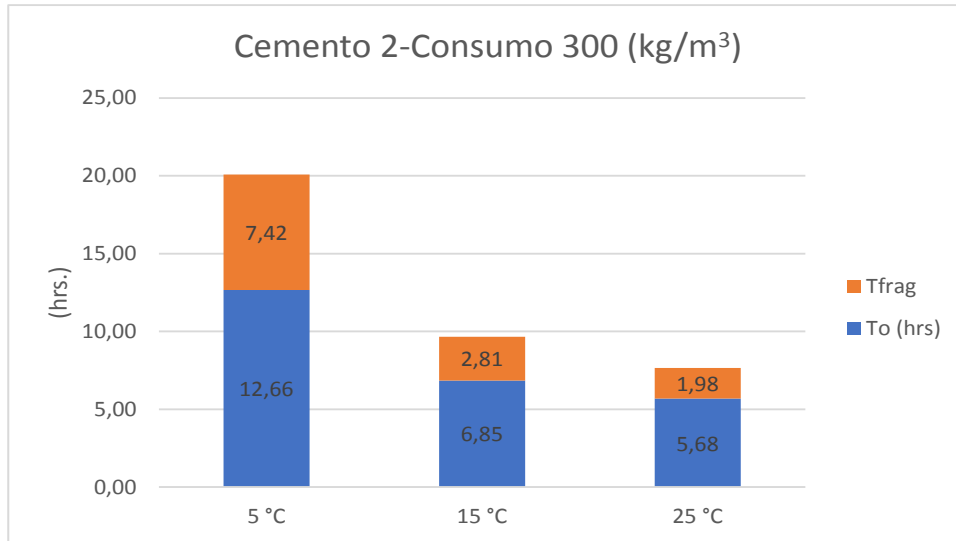


Gráfico F-5

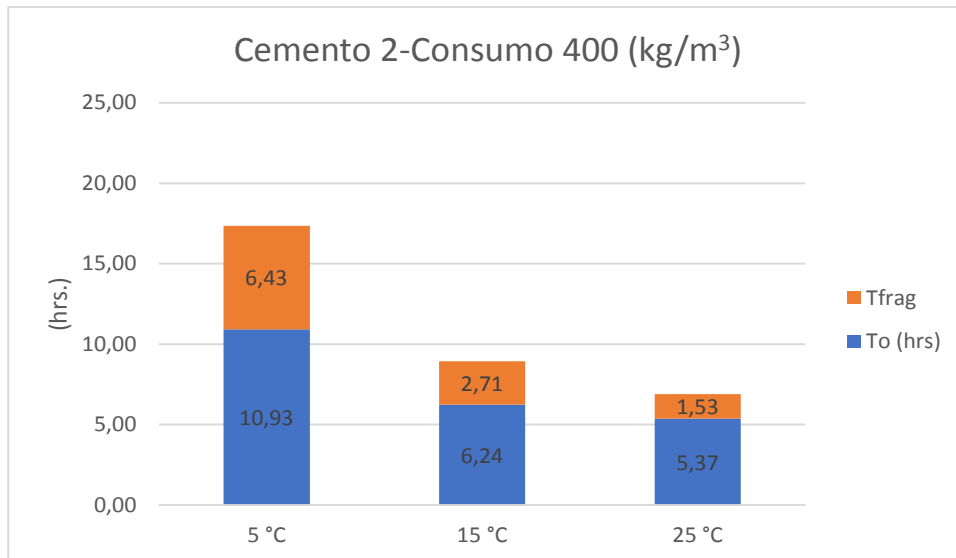
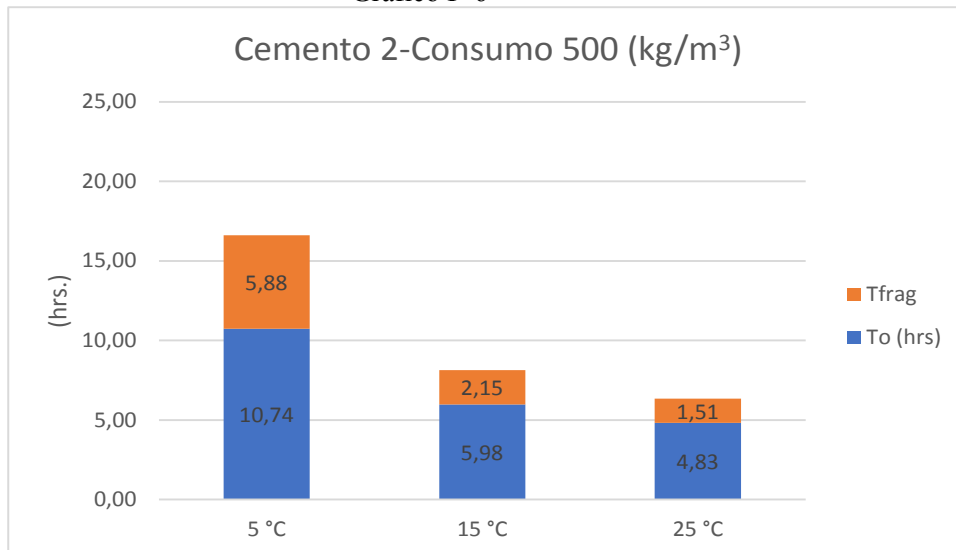


Gráfico F-6



GRAFICAS DE BARRAS TIEMPO DE FRAGUADO CEMENTO 3

Gráfico F-7

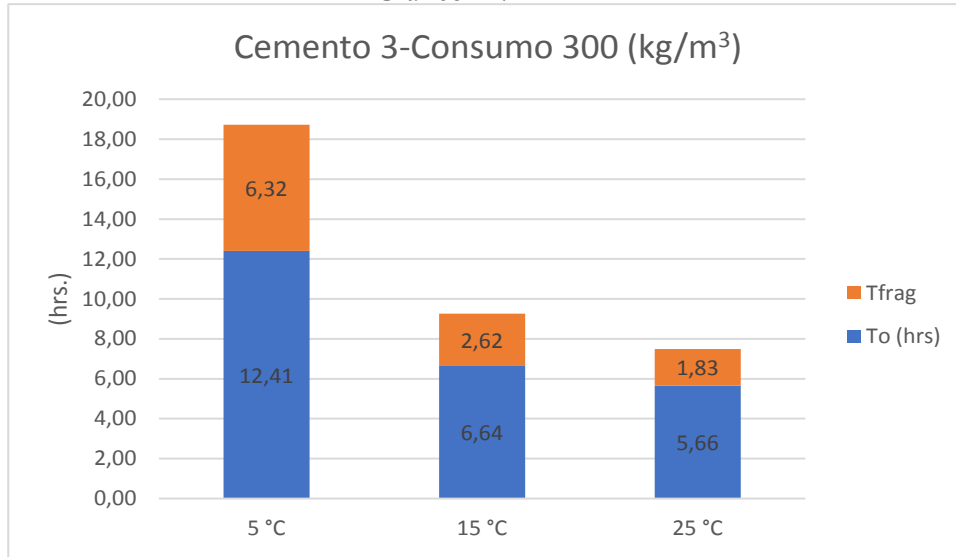


Gráfico F-8

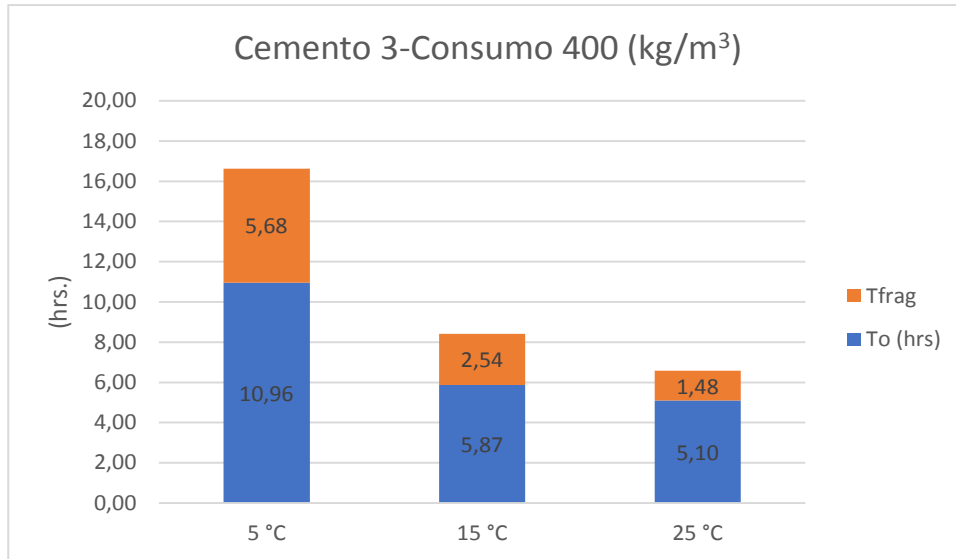
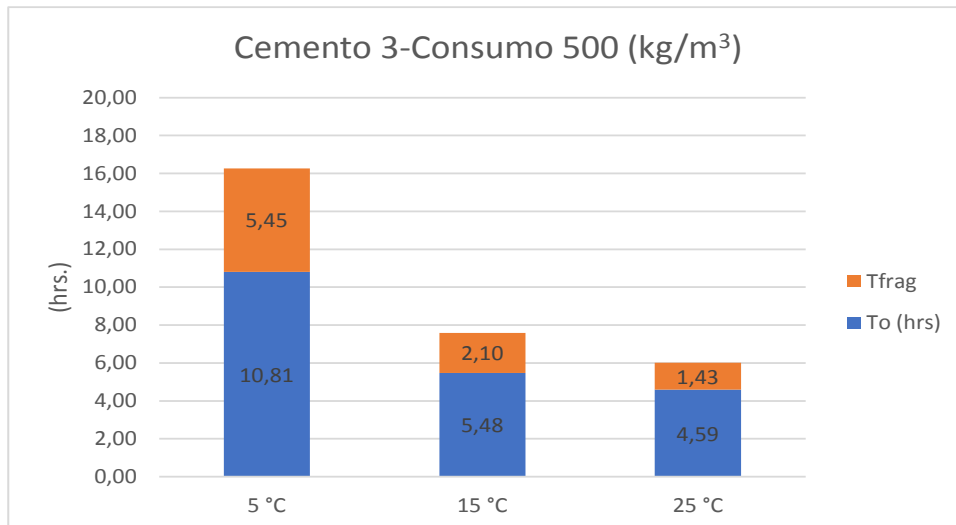


Gráfico F-9



ANEXO G

GRAFICAS DE RESISTENCIAS A COMPRESION

- G-1: RESISTENCIAS A COMPRESION POR TIPO DE CEMENTO
- G-2: RESISTENCIA A COMPRESION POR TEMPERATURA
- G-3: RESISTENCIAS A COMPRESION POR CANTIDAD DE CONSUMO DE CEMENTO

RESISTENCIAS A COMPRESION POR TIPO DE CEMENTO, CONSUMO DE 300 kg

Grafico F-1.1

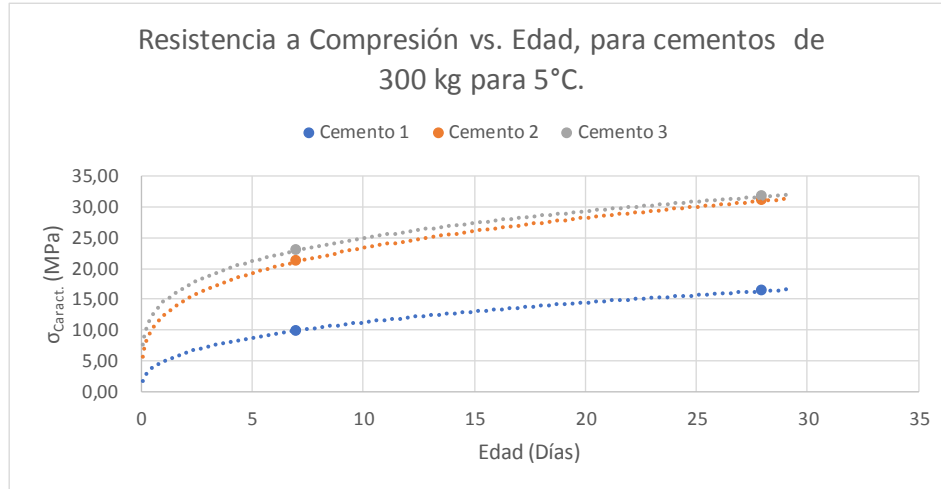


Grafico F-1.2

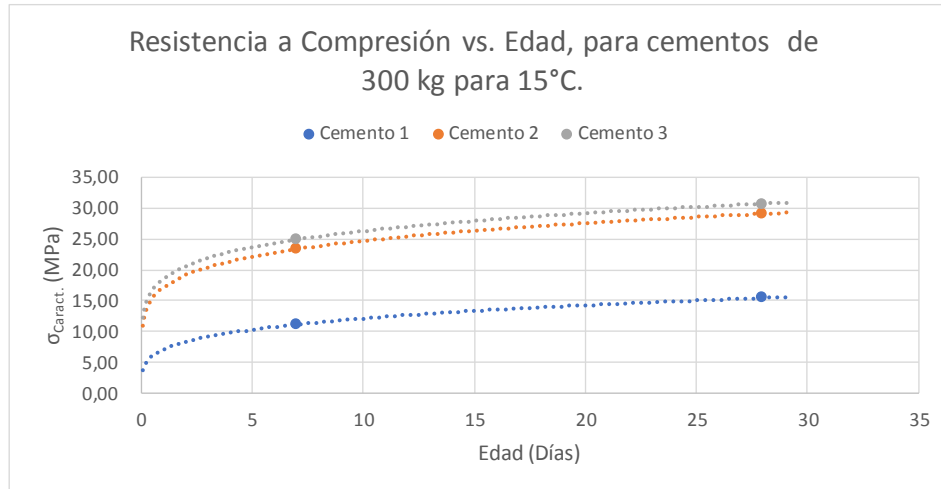
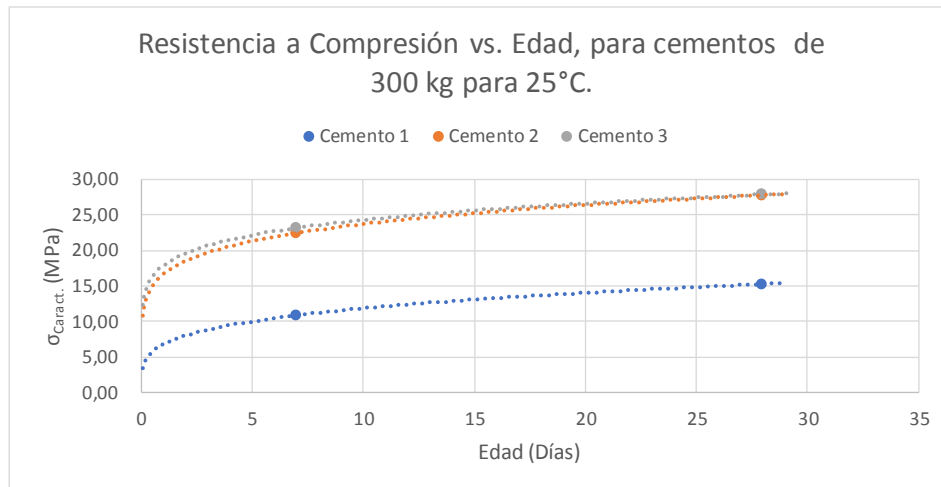


Grafico F-1.3



RESISTENCIAS A COMPRESION POR TEMPERATURA, CONSUMO DE 400 kg
Grafico F-1.4

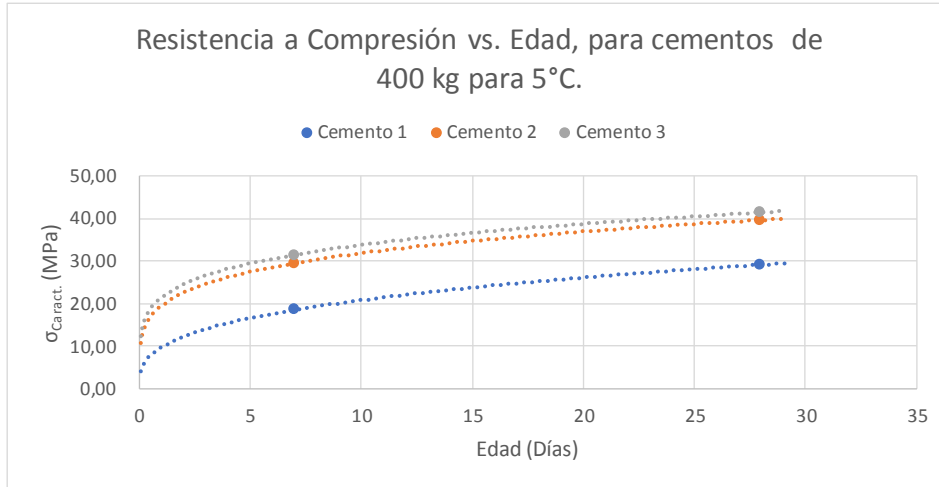


Grafico F-1.5

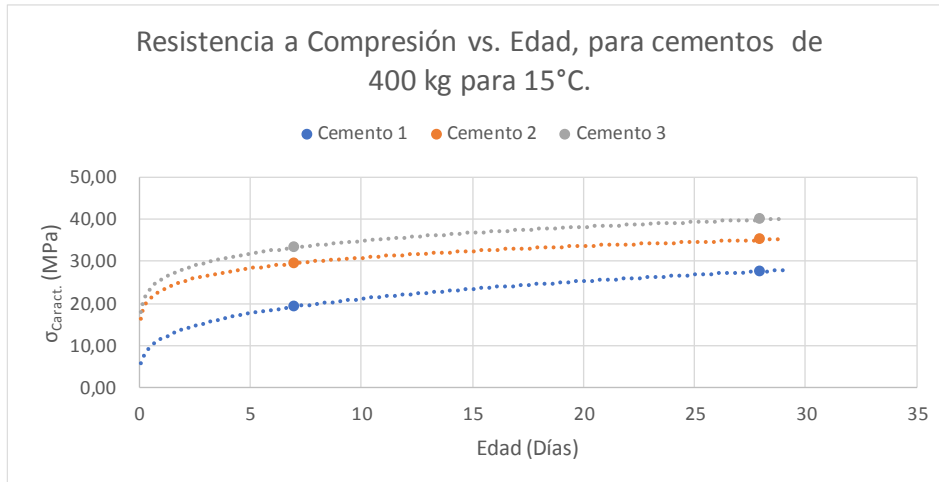
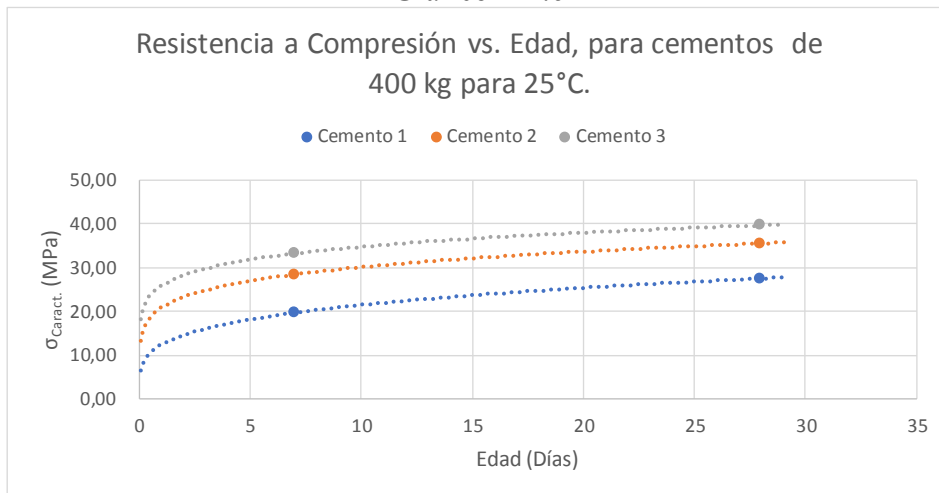


Grafico F-1.6



RESISTENCIAS A COMPRESION POR TEMPERATURA, CONSUMO DE 500 kg
Grafico F-1.7

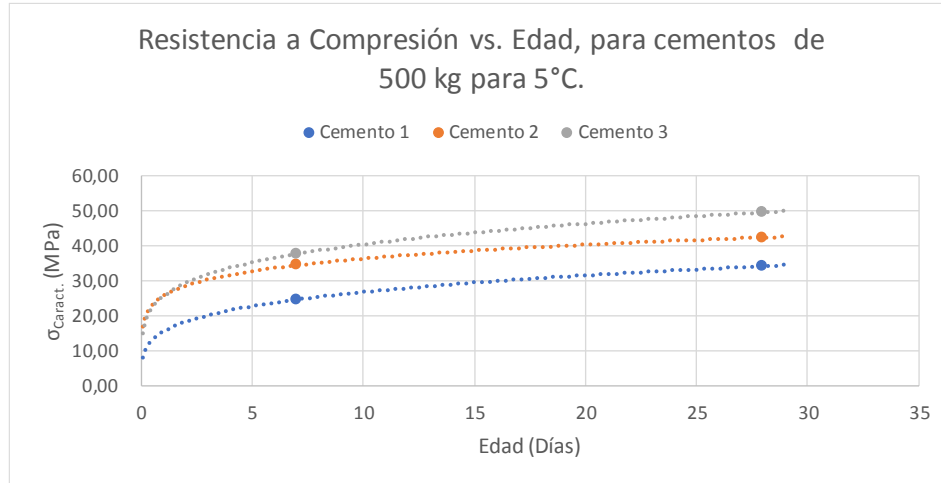


Grafico F-1.8

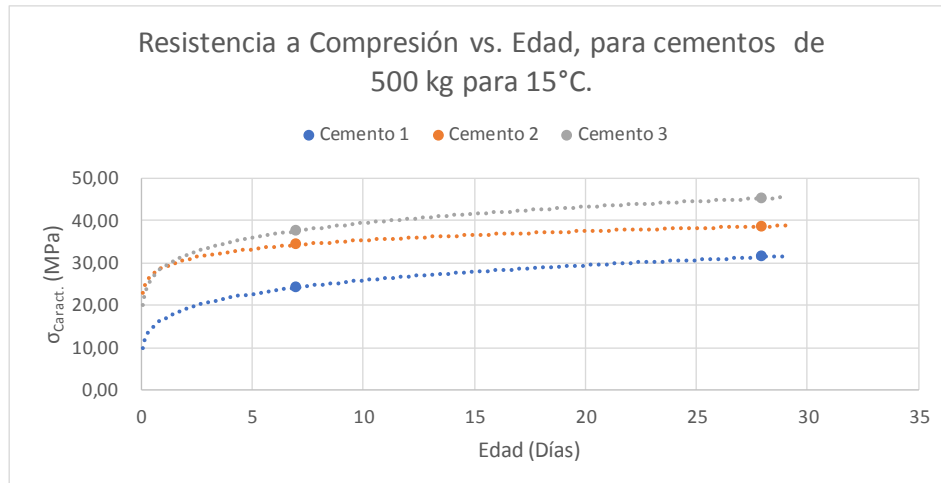
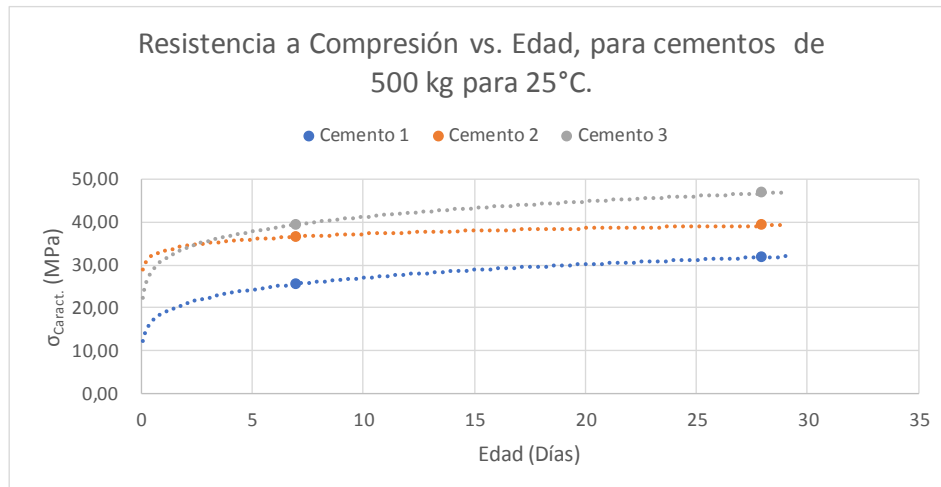


Grafico F-1.9



RESISTENCIAS A COMPRESION POR TEMPERATURA, CONSUMO DE 300 kg

Grafico F-2.1

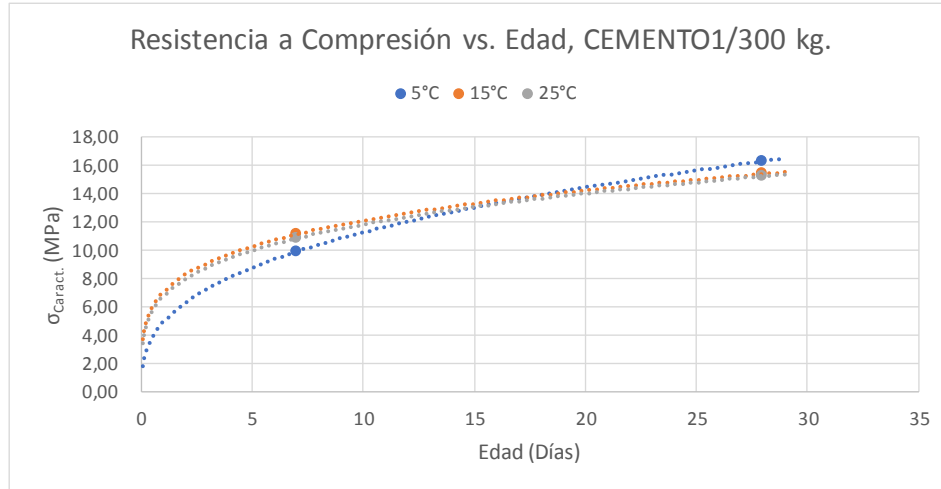


Grafico F-2.2

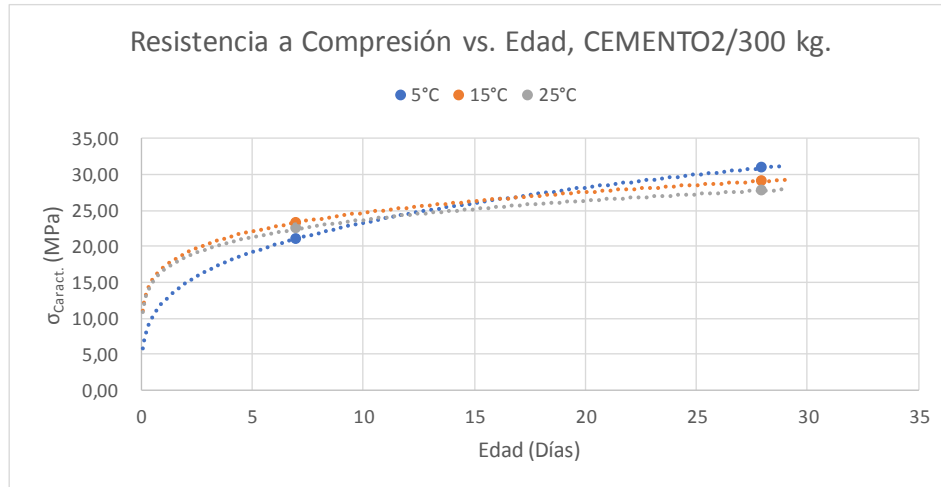
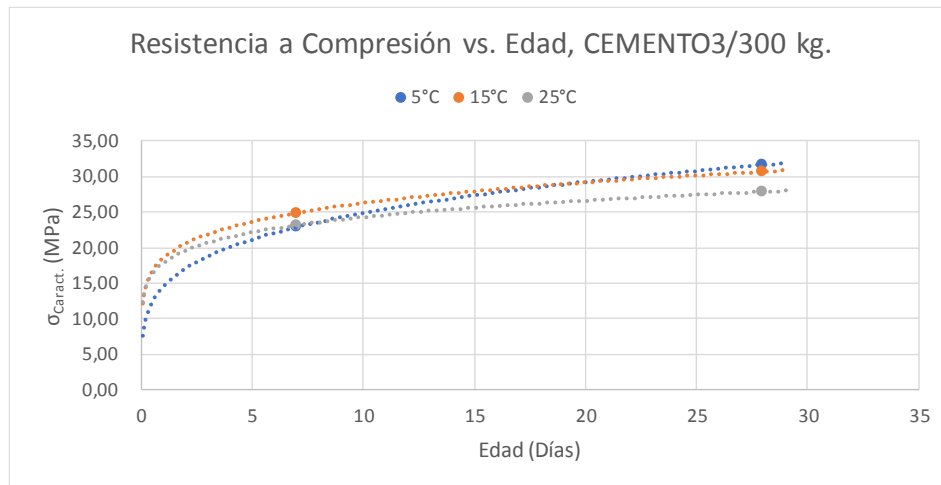


Grafico F-2.3



RESISTENCIAS A COMPRESION POR TEMPERATURA, CONSUMO DE 400 kg

Grafico F-2.4

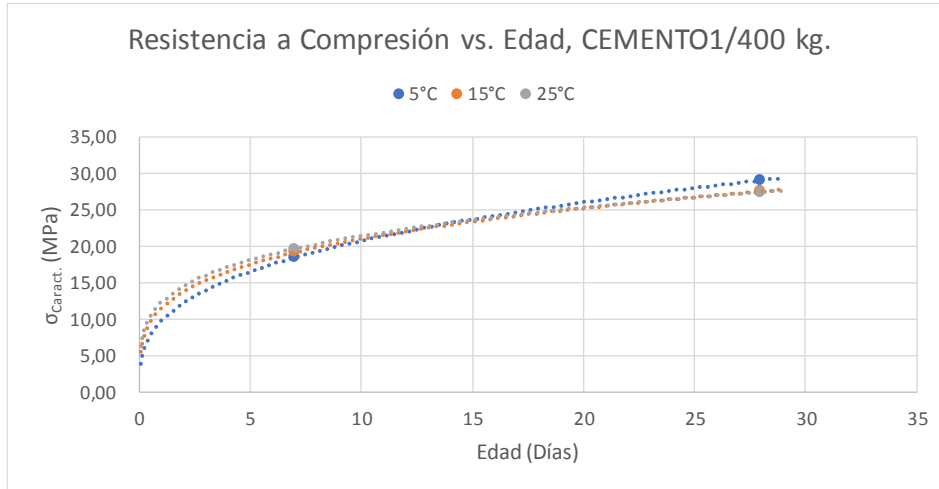


Grafico F-2.5

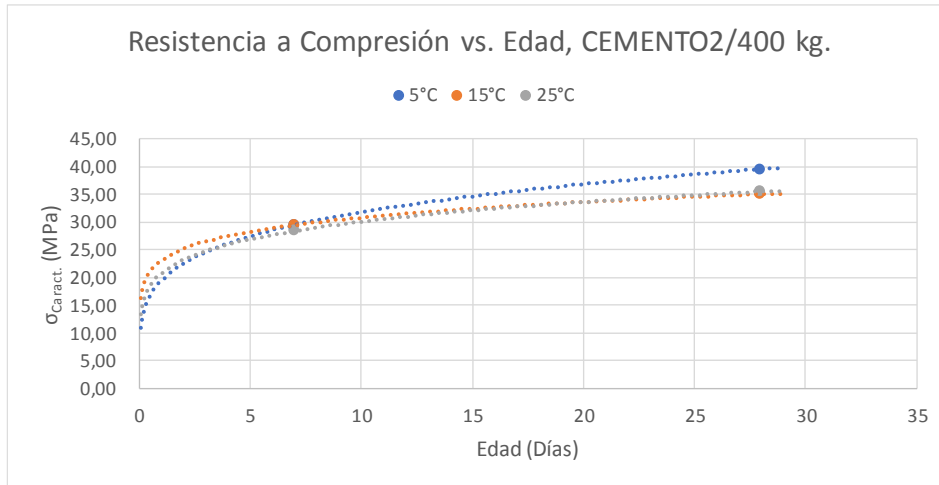
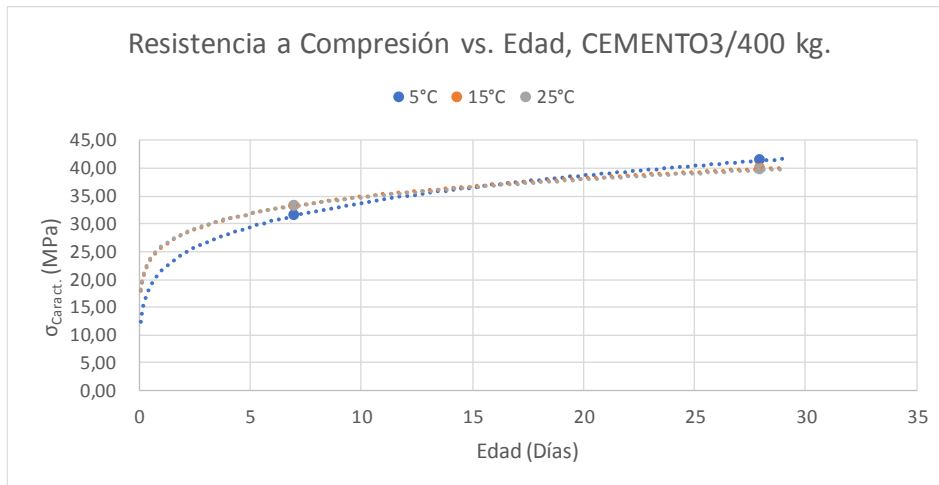


Grafico F-2.6



RESISTENCIAS A COMPRESION POR TEMPERATURA, CONSUMO DE 500 kg
Grafico F-2.7

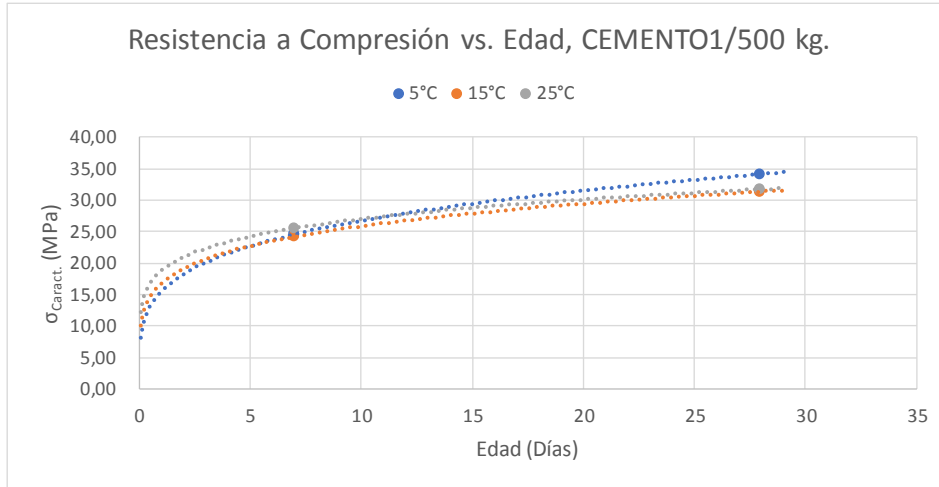


Grafico F-2.8

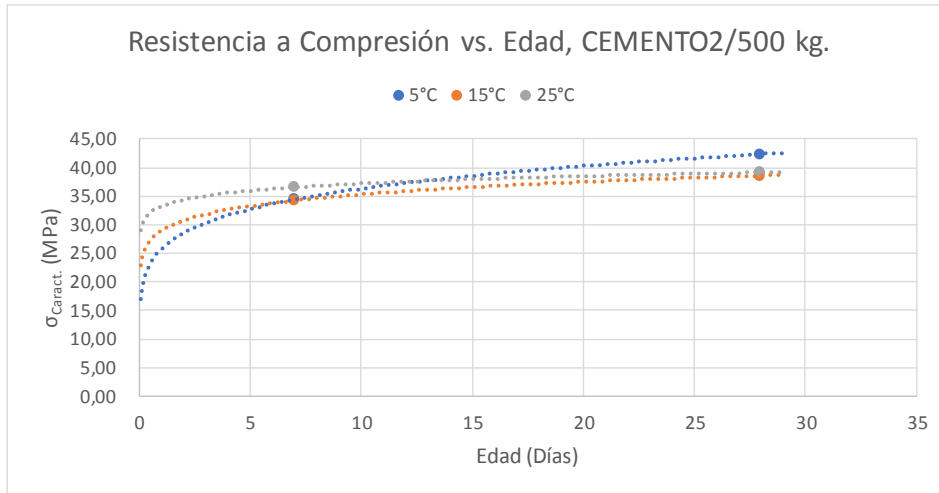
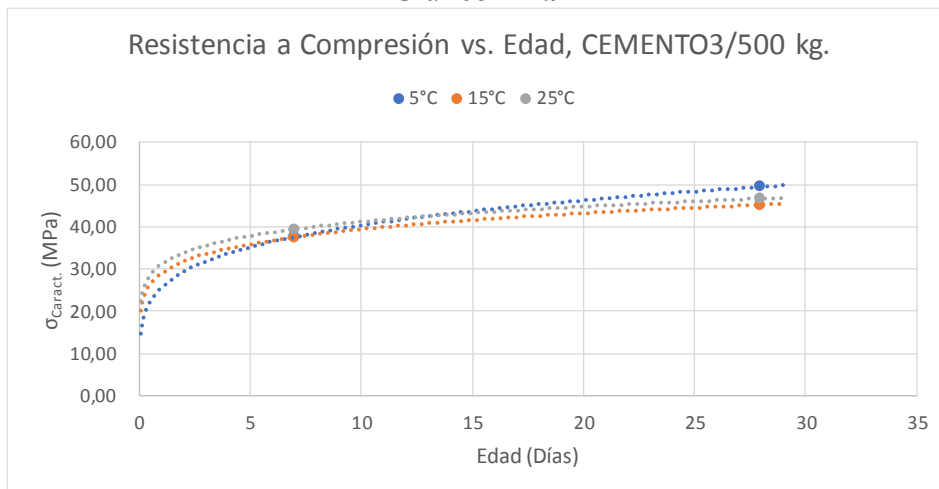


Grafico F-2.9



RESISTENCIAS A COMPRESION POR CANTIDAD DE CONSUMO DE CEMENTO
TEMPERATURA DE 5 °C

Grafico F-3.1

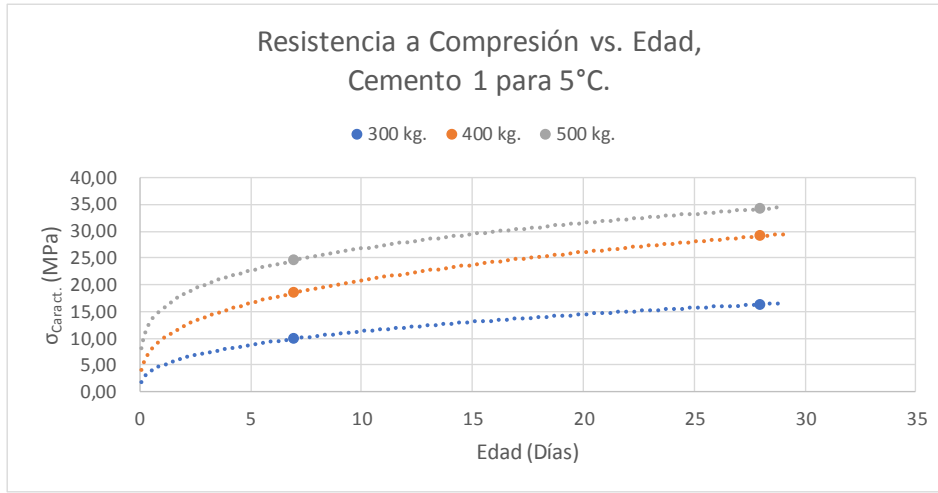


Grafico F-3.2

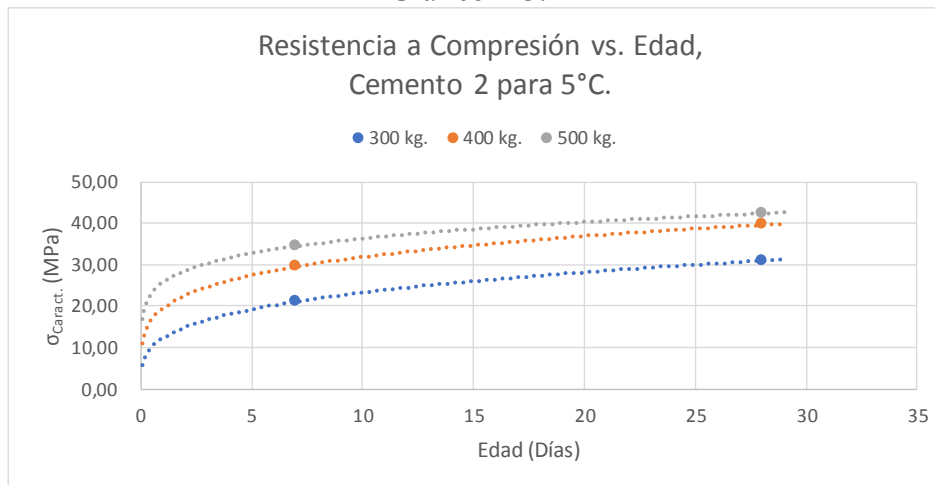
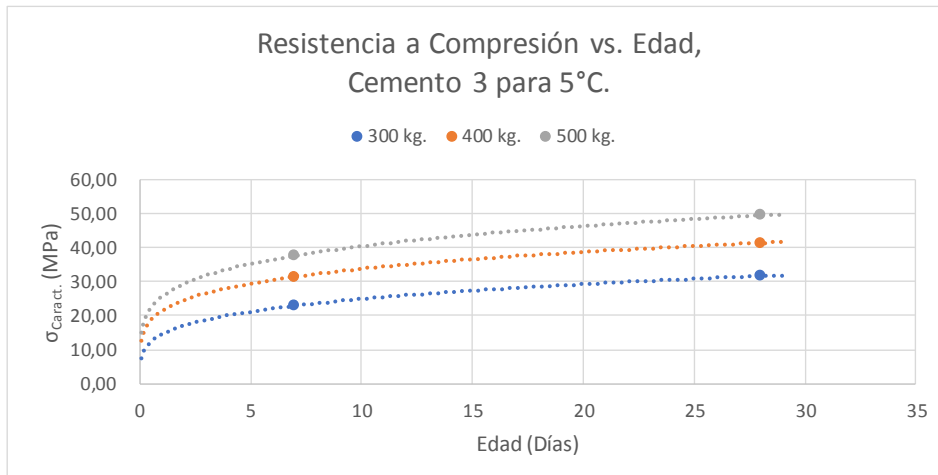


Grafico F-3.3



RESISTENCIAS A COMPRESION POR CANTIDAD DE CONSUMO DE CEMENTO
TEMPERATURA DE 15 °C

Grafico F-3.4

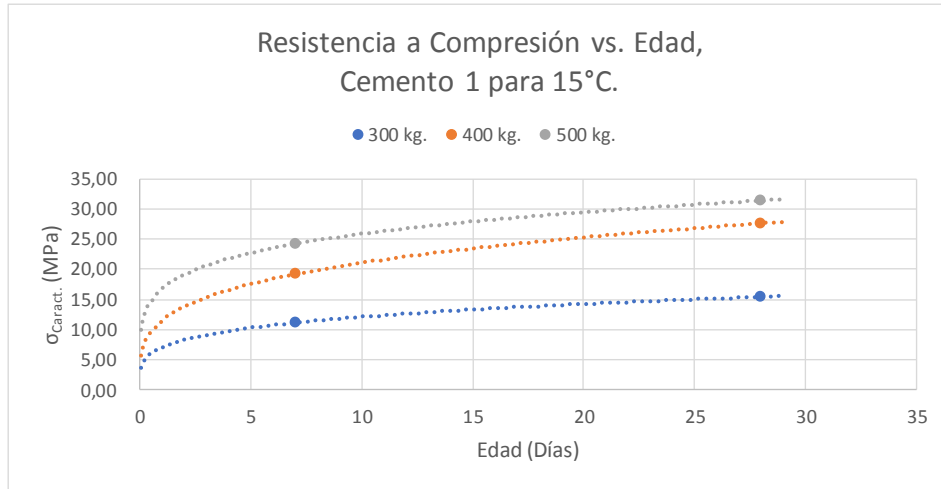


Grafico F-3.5

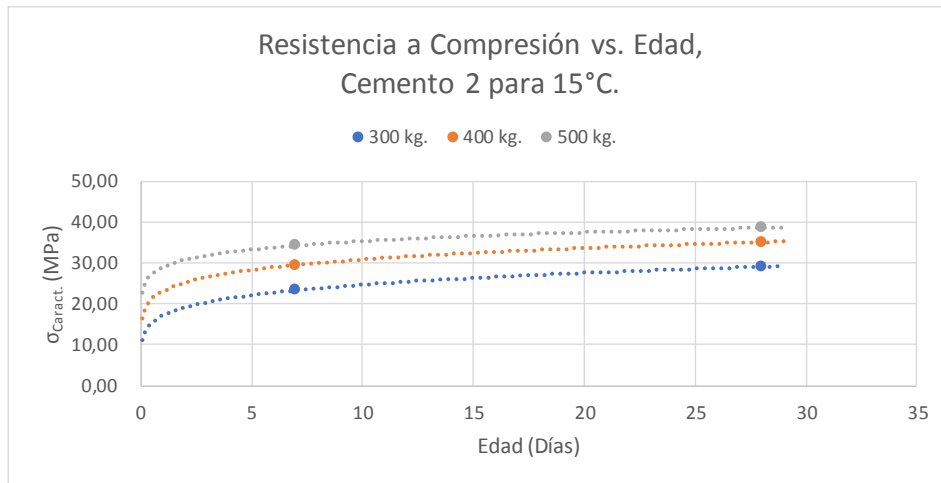
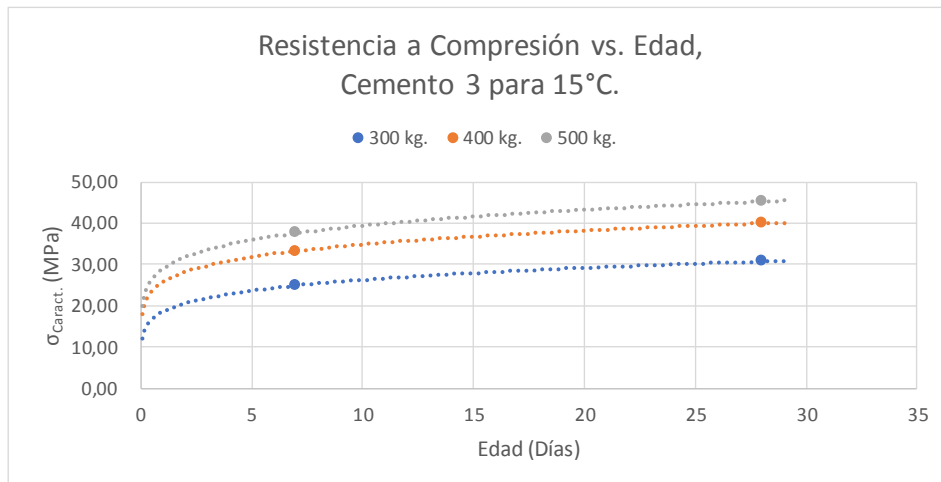


Grafico F-3.6



RESISTENCIAS A COMPRESION POR CANTIDAD DE CONSUMO DE CEMENTO
TEMPERATURA DE 25 °C

Grafico F-3.7

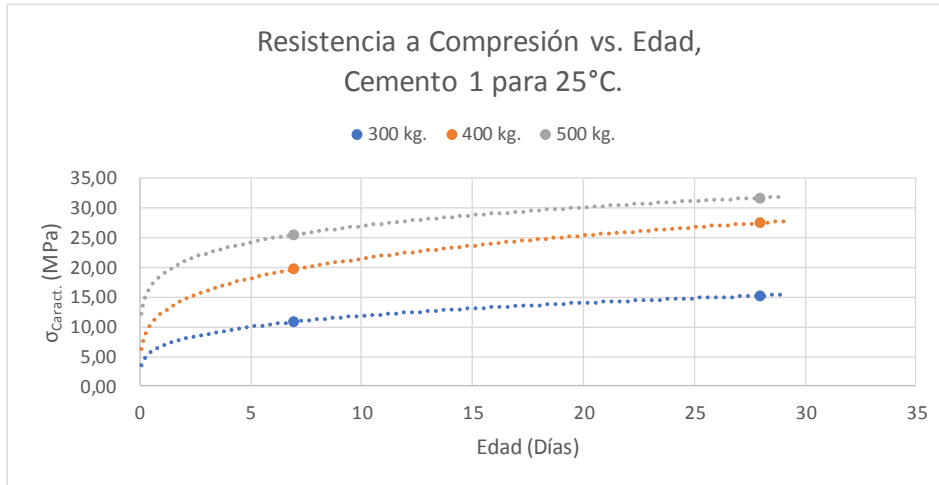


Grafico F-3.8

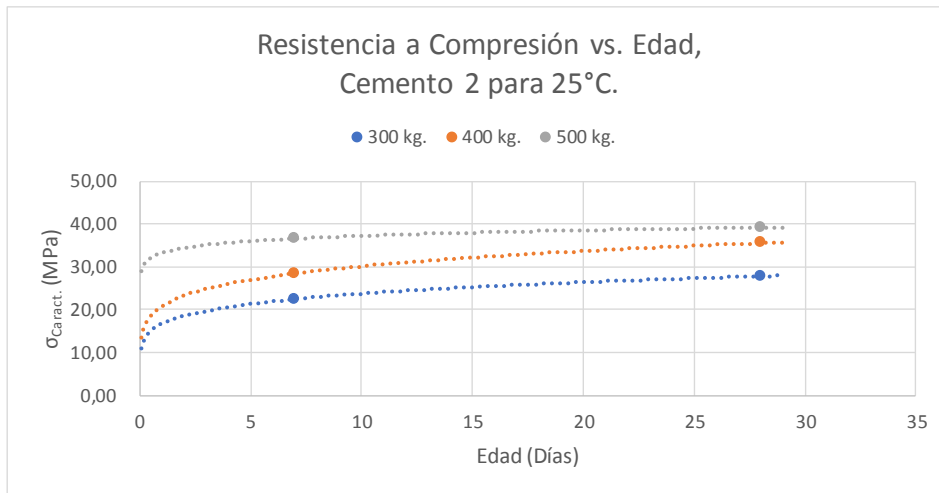
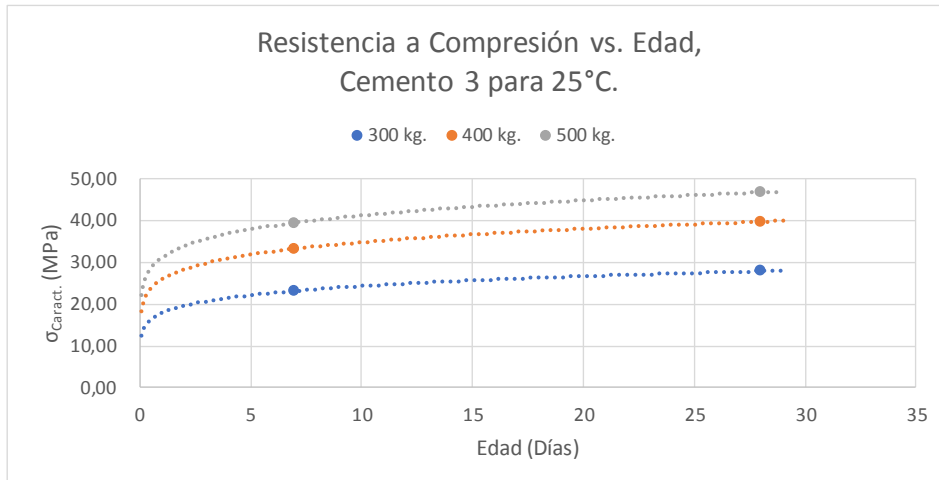


Grafico F-3.9



ANEXO H

ANALISIS ESTADISTICO ANOVA DUNCAN PARA TIEMPOS DE FRAGUADO

- TIEMPOS INICIALES DE FRAGUADO, HORMIGON DE CONSUMO DE 300 KG.
- TIEMPOS INICIALES DE FRAGUADO, HORMIGON DE CONSUMO DE 400 KG.
- TIEMPOS INICIALES DE FRAGUADO, HORMIGON DE CONSUMO DE 500 KG.

TIEMPOS INICIALES DE FRAGUADO, CONSUMO=300 kg/cm³

ANALISIS ANOVA PARA LOS ENSAYOS DE FRAGUADO

$$C=300 \text{ kg/m}^3$$

TIEMPOS INICIALES DE FRAGUADO [hrs]

TEMPERATURA	5°	CEM 1	CEM 2	CEM 3
		13,23	13,10	12,31
		13,94	12,61	11,75
	15°	14,19	12,27	13,16
		7,88	7,07	6,88
		7,48	6,88	6,58
	25°	6,97	6,60	6,47
		6,31	5,76	5,32
		5,62	5,70	5,75
		5,88	5,57	5,90

Los análisis Anova se los realiza de la siguiente manera:

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo

RESUMEN	CEM 1	CEM 2	CEM 3	Total
5°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	41,35405594	37,98120998	37,22858629	116,56385
Promedio	13,78468531	12,66040333	12,40952876	12,951539
Varianza	0,245701343	0,172669642	0,505495032	0,633217
15°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	22,32664632	20,55179467	19,92434303	62,802784
Promedio	7,44221544	6,850598225	6,641447677	6,9780871
Varianza	0,207954098	0,054902117	0,044552489	0,2062252
25°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	17,81109487	17,03049105	16,97456484	51,816151
Promedio	5,937031623	5,67683035	5,65818828	5,7573501
Varianza	0,124249842	0,009369728	0,089430293	0,0739882
Total				
Cuenta	9	9	9	
Suma	81,49179713	75,5634957	74,12749416	
Promedio	9,054644125	8,395943967	8,23638824	
Varianza	13,15424768	10,5469676	10,13713905	

Los resultados del análisis Anova son:

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	266,786052	2	133,393026	825,4947	1,97411E-18	3,554557146
Columnas	3,386659869	2	1,693329935	10,47907	0,000959552	3,554557146
Interacción	1,012133435	4	0,253033359	1,5658817	0,226171726	2,927744173
Dentro del grupo	2,908649167	18	0,16159162			
Total	274,0934945	26				

Los promedios serán:

TABLA DE PROMEDIOS [hrs]

		TIPOS DE CEMENTO		
		CEM 1	CEM 2	CEM 3
T °C	5°	13,78	12,66	12,41
	15°	7,44	6,85	6,64
	25°	5,94	5,68	5,66

El análisis Duncan se lo realiza de la siguiente manera:

		CEM 3 (25)	CEM 2 (25)	CEM 1 (25)	CEM 3 (15)	CEM 2 (15)	CEM 1 (15)	CEM 3 (5)	CEM 2 (5)	CEM 1 (5)
		5,66	5,68	5,94	6,64	6,85	7,44	12,41	12,66	13,78
CEM 1 (5)	13,78	8,13	8,11	7,85	7,14	6,93	6,34	1,38	1,12	0,00
CEM 2 (5)	12,66	7,00	6,98	6,72	6,02	5,81	5,22	0,25	0,00	
CEM 3 (5)	12,41	6,75	6,73	6,47	5,77	5,56	4,97	0,00		
CEM 1 (15)	7,44	1,78	1,77	1,51	0,80	0,59	0,00			
CEM 2 (15)	6,85	1,19	1,17	0,91	0,21	0,00				
CEM 3 (15)	6,64	0,98	0,96	0,70	0,00					
CEM 1 (25)	5,94	0,28	0,26	0,00						
CEM 2 (25)	5,68	0,02	0,00							
CEM 3 (25)	5,66	0,00								
	p=	9	8	7	6	5	4	3	2	
	rp=	3,404	3,383	3,356	3,200	3,274	3,210	3,117	2,971	
	Rp=	0,99238	0,98626	0,97839	0,93291	0,95448	0,93583	0,90871	0,86615	

Comparando las medias vemos cuales poseen diferencias significativas:

	CEM 3 (25)	CEM 2 (25)	CEM 1 (25)	CEM 3 (15)	CEM 2 (15)	CEM 1 (15)	CEM 3 (5)	CEM 2 (5)	CEM 1 (5)
CEM 1 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	
CEM 2 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG		
CEM 3 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG			
CEM 1 (15)	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG				
CEM 2 (15)	SIG	SIG	SIG	NO SIG					
CEM 3 (15)	SIG	SIG	NO SIG						
CEM 1 (25)	NO SIG	NO SIG							
CEM 2 (25)	NO SIG								
CEM 3 (25)									

TIEMPOS INICIALES DE FRAGUADO, CONSUMO=400 kg/cm³

ANALISIS ANOVA PARA LOS ENSAYOS DE FRAGUADO

C=400 kg/m³

TIEMPOS INICIALES DE FRAGUADO [hrs]

	CEM 1	CEM 2	CEM 3
5°	11,89	11,17	10,87
	12,11	11,31	11,32
	11,08	10,31	10,67
15°	6,55	6,59	6,18
	6,72	6,18	5,92
	7,12	5,94	5,51
25°	5,77	6,00	5,65
	5,40	5,07	4,73
	6,18	5,03	4,92

Los análisis Anova se los realiza de la siguiente manera:

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo

RESUMEN	CEM 1	CEM 2	CEM 3	Total
5°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	35,0779979	32,78386642	32,8687184	100,73058
Promedio	11,69266597	10,92795547	10,95623947	11,192287
Varianza	0,297909419	0,29302706	0,111774563	0,316666
15°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	20,38847087	18,71150803	17,6052491	56,705228
Promedio	6,796156958	6,237169344	5,868416368	6,3005809
Varianza	0,084692544	0,107265073	0,111845926	0,2395945
25°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	17,35195041	16,10567731	15,29792884	48,755557
Promedio	5,78398347	5,368559103	5,099309613	5,4172841
Varianza	0,151858928	0,302439396	0,235320229	0,261636
Total				
Cuenta	9	9	9	
Suma	72,81841919	67,60105176	65,77189635	
Promedio	8,090935465	7,511227973	7,307988483	
Varianza	7,622718286	6,883788663	7,712372233	

Los resultados del análisis Anova son:

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	174,1789807	2	87,08949035	462,11314	3,38888E-16	3,554557146
Columnas	2,971119135	2	1,485559567	7,8826572	0,003477085	3,554557146
Interacción	0,179786479	4	0,04494662	0,2384952	0,912870339	2,927744173
Dentro del grupo	3,392266275	18	0,188459238			
Total	180,7221526	26				

Los promedios serán:

TABLA DE PROMEDIOS [hrs]

		TIPOS DE CEMENTO		
		CEM 1	CEM 2	CEM 3
T (°C)	5°	11,69	10,93	10,96
	15°	6,80	6,24	5,87
	25°	5,78	5,37	5,10

El análisis Duncan se lo realiza de la siguiente manera:

		CEM 3 (25)	CEM 2 (25)	CEM 1 (25)	CEM 3 (15)	CEM 2 (15)	CEM 1 (15)	CEM 2 (5)	CEM 3 (5)	CEM 1 (5)
		5,10	5,37	5,78	5,87	6,24	6,80	10,93	10,96	11,69
CEM 1 (5)	11,69	6,59	6,32	5,91	5,82	5,46	4,90	0,76	0,74	0,00
CEM 3 (5)	10,96	5,86	5,59	5,17	5,09	4,72	4,16	0,03	0,00	
CEM 2 (5)	10,93	5,83	5,56	5,14	5,06	4,69	4,13	0,00		
CEM 1 (15)	6,80	1,70	1,43	1,01	0,93	0,56	0,00			
CEM 2 (15)	6,24	1,14	0,87	0,45	0,37	0,00				
CEM 3 (15)	5,87	0,77	0,50	0,08	0,00					
CEM 1 (25)	5,78	0,68	0,42	0,00						
CEM 2 (25)	5,37	0,27	0,00							
CEM 3 (25)	5,10	0,00								
	p=	9	8	7	6	5	4	3	2	
	rp=	3,404	3,383	3,356	3,200	3,274	3,210	3,117	2,971	
	Rp=	1,08175	1,07508	1,06650	1,01692	1,04044	1,02010	0,99054	0,94415	

Comparando las medias vemos cuales poseen diferencias significativas:

	CEM 3 (25)	CEM 2 (25)	CEM 1 (25)	CEM 3 (15)	CEM 2 (15)	CEM 1 (15)	CEM 2 (5)	CEM 3 (5)	CEM 1 (5)
CEM 1 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG	
CEM 3 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG		
CEM 2 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG			
CEM 1 (15)	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG				
CEM 2 (15)	SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG					
CEM 3 (15)	NO SIG	NO SIG	NO SIG						
CEM 1 (25)	NO SIG	NO SIG							
CEM 2 (25)	NO SIG								
CEM 3 (25)									

TIEMPOS INICIALES DE FRAGUADO, CONSUMO=500 kg/cm³

ANALISIS ANOVA PARA LOS ENSAYOS DE FRAGUADO

C=500 kg/m³

TIEMPOS INICIALES DE FRAGUADO [hrs]

TEMPERATURA	5°	CEM 1	CEM 2	CEM 3
		11,67	10,83	11,44
		11,31	10,83	10,72
	15°	11,49	10,55	10,28
		6,39	6,05	5,45
		6,23	5,77	4,71
	25°	6,14	6,12	6,29
		4,98	4,61	4,76
		5,04	4,97	4,53
		5,28	4,91	4,50

Los análisis Anova se los realiza de la siguiente manera:

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo

RESUMEN	CEM 1	CEM 2	CEM 3	Total
5°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	34,46414664	32,21226363	32,4418555	99,118266
Promedio	11,48804888	10,73742121	10,81395183	11,013141
Varianza	0,031591256	0,026517344	0,344851112	0,2287031
15°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	18,76796167	17,94486595	16,44254011	53,155368
Promedio	6,255987222	5,981621985	5,480846704	5,906152
Varianza	0,016310229	0,034575588	0,625227073	0,2848901
25°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	15,29307789	14,48934344	13,78087167	43,563293
Promedio	5,097692632	4,829781147	4,593623889	4,8403659
Varianza	0,024912678	0,038733951	0,020317497	0,068695
Total				
Cuenta	9	9	9	
Suma	68,5251862	64,64647302	62,66526727	
Promedio	7,613909578	7,182941447	6,962807475	
Varianza	8,712299606	7,380528559	8,737805714	

Los resultados del análisis Anova son:

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	195,9611441	2	97,98057207	758,2092	4,20686E-18	3,554557146
Columnas	1,974379331	2	0,987189666	7,6392317	0,003962627	3,554557146
Interacción	0,357853433	4	0,089463358	0,6922999	0,606869163	2,927744173
Dentro del grupo	2,326073458	18	0,129226303			
Total	200,6194504	26				

Los promedios serán:

TABLA DE PROMEDIOS [hrs]

		TIPOS DE CEMENTO		
		CEM 1	CEM 2	CEM 3
T [°] C	5°	11,49	10,74	10,81
	15°	6,26	5,98	5,48
	25°	5,10	4,83	4,59

El análisis Duncan se lo realiza de la siguiente manera:

		CEM 3 (25)	CEM 2 (25)	CEM 1 (25)	CEM 3 (15)	CEM 2 (15)	CEM 1 (15)	CEM 2 (5)	CEM 1 (5)	CEM 1 (5)
		4,59	4,83	5,10	5,48	5,98	6,26	10,74	10,81	11,49
CEM 1 (5)	11,49	6,89	6,66	6,39	6,01	5,51	5,23	0,75	0,67	0,00
CEM 1 (5)	10,81	6,22	5,98	5,72	5,33	4,83	4,56	0,08	0,00	
CEM 2 (5)	10,74	6,14	5,91	5,64	5,26	4,76	4,48	0,00		
CEM 1 (15)	6,26	1,66	1,43	1,16	0,78	0,27	0,00			
CEM 2 (15)	5,98	1,39	1,15	0,88	0,50	0,00				
CEM 3 (15)	5,48	0,89	0,65	0,38	0,00					
CEM 1 (25)	5,10	0,50	0,27	0,00						
CEM 2 (25)	4,83	0,24	0,00							
CEM 3 (25)	4,59	0,00								
p=		9	8	7	6	5	4	3	2	
rp=		3,404	3,383	3,356	3,200	3,274	3,210	3,117	2,971	
Rp=		0,97123	0,96524	0,95754	0,91303	0,93414	0,91588	0,88935	0,84769	

Comparando las medias vemos cuales poseen diferencias significativas:

	CEM 3 (25)	CEM 2 (25)	CEM 1 (25)	CEM 3 (15)	CEM 2 (15)	CEM 1 (15)	CEM 2 (5)	CEM 1 (5)	CEM 1 (5)
CEM 1 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG	
CEM 1 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG		
CEM 2 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG			
CEM 1 (15)	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG				
CEM 2 (15)	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG					
CEM 3 (15)	NO SIG	NO SIG	NO SIG						
CEM 1 (25)	NO SIG	NO SIG							
CEM 2 (25)	NO SIG								
CEM 3 (25)									

TIEMPOS FINALES DE FRAGUADO, CONSUMO=300 kg/cm³

ANALISIS ANOVA PARA LOS ENSAYOS DE FRAGUADO

C=300 kg/m³

TIEMPOS FINALES DE FRAGUADO [hrs]

		CEM 1	CEM 2	CEM 3
TEMPERATURA	5°	23,67	20,44	18,64
		23,98	19,88	18,27
		24,39	19,92	19,28
	15°	11,51	9,48	9,59
		11,16	9,89	9,07
		11,30	9,62	9,14
	25°	9,86	7,93	7,20
		8,33	7,59	7,45
		9,25	7,45	7,82

Los análisis Anova se los realiza de la siguiente manera:

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo

RESUMEN	CEM 1	CEM 2	CEM 3	Total
5°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	72,04027987	60,23467011	56,18835992	188,46331
Promedio	24,01342662	20,07822337	18,72945331	20,940368
Varianza	0,129586015	0,098591721	0,265303424	5,7765427
15°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	33,97309573	28,98957952	27,7967305	90,759406
Promedio	11,32436524	9,663193173	9,265576833	10,084378
Varianza	0,030709826	0,042449634	0,080182622	0,9328607
25°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	27,4462536	22,96414763	22,46166807	72,872069
Promedio	9,148751201	7,654715878	7,487222691	8,0968966
Varianza	0,59784315	0,060616928	0,099294878	0,8170478
Total				
Cuenta	9	9	9	
Suma	133,4596292	112,1883973	106,4467585	
Promedio	14,82884769	12,46537747	11,82741761	
Varianza	48,52755357	33,40671125	27,50060155	

Los resultados del análisis Anova son:

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	860,2720219	2	430,1360109	2756,1471	4,09938E-23	3,554557146
Columnas	45,00470031	2	22,50235016	144,18646	8,34064E-12	3,554557146
Interacción	12,39775266	4	3,099438166	19,860015	2,08856E-06	2,927744173
Dentro del grupo	2,809156398	18	0,156064244			
Total	920,4836312	26				

Los promedios serán:

TABLA DE PROMEDIOS [hrs]

		TIPOS DE CEMENTO		
		CEM 1	CEM 2	CEM 3
T [°C]	5°	24,01	20,08	18,73
	15°	11,32	9,66	9,27
	25°	9,15	7,65	7,49

El análisis Duncan se lo realiza de la siguiente manera:

		CEM 3 (25)	CEM 2 (25)	CEM 1 (25)	CEM 3 (15)	CEM 2 (15)	CEM 1 (15)	CEM 3 (5)	CEM 2 (5)	CEM 1 (5)
		7,49	7,65	9,15	9,27	9,66	11,32	18,73	20,08	24,01
CEM 1 (5)	24,01	16,53	16,36	14,86	14,75	14,35	12,69	5,28	3,94	0,00
CEM 2 (5)	20,08	12,59	12,42	10,93	10,81	10,42	8,75	1,35	0,00	
CEM 3 (5)	18,73	11,24	11,07	9,58	9,46	9,07	7,41	0,00		
CEM 1 (15)	11,32	3,84	3,67	2,18	2,06	1,66	0,00			
CEM 2 (15)	9,66	2,18	2,01	0,51	0,40	0,00				
CEM 3 (15)	9,27	1,78	1,61	0,12	0,00					
CEM 1 (25)	9,15	1,66	1,49	0,00						
CEM 2 (25)	7,65	0,17	0,00							
CEM 3 (25)	7,49	0,00								
	p=	9	8	7	6	5	4	3	2	
	rp=	3,404	3,383	3,356	3,200	3,274	3,210	3,117	2,971	
	Rp=	1,26800	1,26017	1,25012	1,19201	1,21957	1,19573	1,16109	1,10670	

Comparando las medias vemos cuales poseen diferencias significativas:

	CEM 3 (25)	CEM 2 (25)	CEM 1 (25)	CEM 3 (15)	CEM 2 (15)	CEM 1 (15)	CEM 3 (5)	CEM 2 (5)	CEM 1 (5)
CEM 1 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	
CEM 2 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG		
CEM 3 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG			
CEM 1 (15)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG				
CEM 2 (15)	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG					
CEM 3 (15)	SIG	SIG	NO SIG						
CEM 1 (25)	SIG	SIG							
CEM 2 (25)	NO SIG								
CEM 3 (25)									

TIEMPOS FINALES DE FRAGUADO, CONSUMO=400 kg/cm³

ANALISIS ANOVA PARA LOS ENSAYOS DE FRAGUADO

C=400 kg/m³

TIEMPOS FINALES DE FRAGUADO [hrs]

TEMPERATURA	CEM 1			CEM 2			CEM 3			
	5°	20,06	17,06	16,64	20,63	17,20	16,80	20,17	17,81	16,46
		11,05	9,01	8,40	10,65	9,12	8,68	9,99	8,70	8,15
		8,02	7,36	7,13	7,68	6,38	6,24	7,47	6,95	6,36
	15°	8,02	7,36	7,13	7,68	6,38	6,24	7,47	6,95	6,36
		7,68	6,38	6,24	7,47	6,95	6,36			
		7,47	6,95	6,36						
	25°									

Los análisis Anova se los realiza de la siguiente manera:

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo

RESUMEN	CEM 1	CEM 2	CEM 3	Total
5°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	60,85019523	52,07416682	49,9006108	162,82497
Promedio	20,28339841	17,35805561	16,63353693	18,091664
Varianza	0,091078997	0,159658656	0,030200518	2,8707404
15°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	31,68844721	26,83016298	25,22751893	83,746129
Promedio	10,56281574	8,943387659	8,409172976	9,3051255
Varianza	0,283813591	0,046987594	0,070117579	1,0434934
25°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	23,16858657	20,69141339	19,73493252	63,594932
Promedio	7,722862189	6,897137796	6,578310841	7,0661036
Varianza	0,076567229	0,246209262	0,235749543	0,4013152
Total				
Cuenta	9	9	9	9
Suma	115,707229	99,59574318	94,86306225	310,16603442
Promedio	12,85635878	11,06619369	10,54034025	11,48728424
Varianza	32,65313168	23,16628595	21,59649071	77,41550834

Los resultados del análisis Anova son:

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	611,3383394	2	305,6691697	2217,8816	2,87679E-22	3,554557146
Columnas	26,53546413	2	13,26773206	96,268323	2,44064E-10	3,554557146
Interacción	5,508161436	4	1,377040359	9,9915619	0,000193431	2,927744173
Dentro del grupo	2,480765941	18	0,13782033			
Total	645,8627309	26				

Los promedios serán:

TABLA DE PROMEDIOS [hrs]

		TIPOS DE CEMENTO		
		CEM 1	CEM 2	CEM 3
T [°C]	5°	20,28	17,36	16,63
	15°	10,56	8,94	8,41
	25°	7,72	6,90	6,58

El análisis Duncan se lo realiza de la siguiente manera:

		CEM 3 (25)	CEM 2 (25)	CEM 1 (25)	CEM 3 (15)	CEM 2 (15)	CEM 1 (15)	CEM 3 (5)	CEM 2 (5)	CEM 1 (5)
		6,58	6,90	7,72	8,41	8,94	10,56	16,63	17,36	20,28
CEM 1 (5)	20,28	13,71	13,39	12,56	11,87	11,34	9,72	3,65	2,93	0,00
CEM 2 (5)	17,36	10,78	10,46	9,64	8,95	8,41	6,80	0,72	0,00	
CEM 3 (5)	16,63	10,06	9,74	8,91	8,22	7,69	6,07	0,00		
CEM 1 (15)	10,56	3,98	3,67	2,84	2,15	1,62	0,00			
CEM 2 (15)	8,94	2,37	2,05	1,22	0,53	0,00				
CEM 3 (15)	8,41	1,83	1,51	0,69	0,00					
CEM 1 (25)	7,72	1,14	0,83	0,00						
CEM 2 (25)	6,90	0,32	0,00							
CEM 3 (25)	6,58	0,00								
	p=	9	8	7	6	5	4	3	2	
	rp=	3,404	3,383	3,356	3,200	3,274	3,210	3,117	2,971	
	Rp=	1,14816	1,14107	1,13197	1,07935	1,10431	1,08272	1,05135	1,00211	

Comparando las medias vemos cuales poseen diferencias significativas:

	CEM 3 (25)	CEM 2 (25)	CEM 1 (25)	CEM 3 (15)	CEM 2 (15)	CEM 1 (15)	CEM 3 (5)	CEM 2 (5)	CEM 1 (5)
CEM 1 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	
CEM 2 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG		
CEM 3 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG			
CEM 1 (15)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG				
CEM 2 (15)	SIG	SIG	SIG	NO SIG					
CEM 3 (15)	SIG	SIG	NO SIG						
CEM 1 (25)	SIG	NO SIG							
CEM 2 (25)	NO SIG								
CEM 3 (25)									

TIEMPOS FINALES DE FRAGUADO, CONSUMO=500 kg/cm³

ANALISIS ANOVA PARA LOS ENSAYOS DE FRAGUADO

C=500 kg/m³

TIEMPOS FINALES DE FRAGUADO [hrs]

		CEM 1	CEM 2	CEM 3
TEMPERATURA	5°	18,03	17,02	16,14
		17,72	16,58	16,34
		16,86	16,27	16,32
	15°	9,06	7,94	7,32
		9,11	8,15	7,38
		8,76	8,31	8,05
	25°	6,45	6,33	6,18
		6,85	6,40	6,00
		7,30	6,31	5,88

Los análisis Anova se los realiza de la siguiente manera:

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo

RESUMEN	CEM 1	CEM 2	CEM 3	Total
5°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	52,61033984	49,85780739	48,800195	151,26834
Promedio	17,53677995	16,61926913	16,26673167	16,807594
Varianza	0,365803948	0,141780312	0,012142475	0,4523231
15°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	26,92879775	24,39710195	22,75524464	74,081144
Promedio	8,976265917	8,132367316	7,585081547	8,2312383
Varianza	0,036410763	0,033765423	0,165816363	0,4273832
25°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	20,59342926	19,03303177	18,0613533	57,687814
Promedio	6,86447642	6,344343923	6,020451099	6,4097571
Varianza	0,181375683	0,002235395	0,021555473	0,1872695
Total				
Cuenta	9	9	9	
Suma	100,1325669	93,2879411	89,61679294	
Promedio	11,12584076	10,36532679	9,957421438	
Varianza	24,10091234	22,64427254	22,90055142	

Los resultados del análisis Anova son:

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	554,9599996	2	277,4799998	2598,9768	6,94143E-23	3,554557146
Columnas	6,329915978	2	3,164957989	29,644127	2,01572E-06	3,554557146
Interacción	0,284119047	4	0,071029762	0,6652901	0,624242425	2,927744173
Dentro del grupo	1,921771673	18	0,106765093			
Total	563,4958063	26				

Los promedios serán:

TABLA DE PROMEDIOS [hrs]

		TIPOS DE CEMENTO		
		CEM 1	CEM 2	CEM 3
T [°C]	5°	17,54	16,62	16,27
	15°	8,98	8,13	7,59
	25°	6,86	6,34	6,02

El análisis Duncan se lo realiza de la siguiente manera:

		CEM 3 (25)	CEM 2(25)	CEM 1 (25)	CEM 3 (15)	CEM 2 (15)	CEM 1 (15)	CEM 3 (5)	CEM 2 (5)	CEM 1 (5)
		6,02	6,34	6,86	7,59	8,13	8,98	16,27	16,62	17,54
CEM 1 (5)	17,54	11,52	11,19	10,67	9,95	9,40	8,56	1,27	0,92	0,00
CEM 2 (5)	16,62	10,60	10,27	9,75	9,03	8,49	7,64	0,35	0,00	
CEM 3 (5)	16,27	10,25	9,92	9,40	8,68	8,13	7,29	0,00		
CEM 1 (15)	8,98	2,96	2,63	2,11	1,39	0,84	0,00			
CEM 2 (15)	8,13	2,11	1,79	1,27	0,55	0,00				
CEM 3 (15)	7,59	1,56	1,24	0,72	0,00					
CEM 1 (25)	6,86	0,84	0,52	0,00						
CEM 2(25)	6,34	0,32	0,00							
CEM 3 (25)	6,02	0,00								
	p=	9	8	7	6	5	4	3	2	
	rp=	3,404	3,383	3,356	3,200	3,274	3,210	3,117	2,971	
	Rp=	1,19763	1,19024	1,18074	1,12586	1,15189	1,12938	1,09665	1,04529	

Comparando las medias vemos cuales poseen diferencias significativas:

	CEM 3 (25)	CEM 2(25)	CEM 1 (25)	CEM 3 (15)	CEM 2 (15)	CEM 1 (15)	CEM 3 (5)	CEM 2 (5)	CEM 1 (5)
CEM 1 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG	
CEM 2 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG		
CEM 3 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG			
CEM 1 (15)	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG				
CEM 2 (15)	SIG	SIG	SIG	NO SIG					
CEM 3 (15)	SIG	SIG	NO SIG						
CEM 1 (25)	NO SIG	NO SIG							
CEM 2(25)	NO SIG								
CEM 3 (25)									

ANEXO I

ANALISIS ESTADISTICO ANOVA PARA RESISTENCIAS A COMPRESION

- RESISTENCIA A COMPRESION A 7 DIAS,
HORMIGON DE CONSUMO DE 300 KG.
- RESISTENCIA A COMPRESION A 28 DIAS,
HORMIGON DE CONSUMO DE 300 KG.
- RESISTENCIA A COMPRESION A 7 DIAS,
HORMIGON DE CONSUMO DE 400 KG.
- RESISTENCIA A COMPRESION A 28 DIAS,
HORMIGON DE CONSUMO DE 400 KG.
- RESISTENCIA A COMPRESION A 7 DIAS,
HORMIGON DE CONSUMO DE 500 KG.
- RESISTENCIA A COMPRESION A 28 DIAS,
HORMIGON DE CONSUMO DE 500 KG.

RESISTENCIA A COMPRESION A 7 DIAS, CONSUMO=300 kg/cm³

ANALISIS ANOVA PARA LOS ENSAYOS DE FRAGUADO

$C=300 \text{ kg/m}^3$

RESISTENCIAS A COMPRESION a 7 días [MPa]

		CEM 1	CEM 2	CEM 3
		TEMPERATURA	5°	11,47
10,90	23,19			25,17
11,20	24,05			27,53
15°	12,84		25,99	27,52
	16,09		27,63	27,96
	12,24		25,63	27,36
25°	13,30		28,09	28,44
	12,31		24,67	26,42
	11,93		26,67	25,45

Los análisis Anova se los realiza de la siguiente manera:

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo

RESUMEN	CEM 1	CEM 2	CEM 3	Total	
5°					
Cuenta	3	3	3	3	9
Suma	33,57	71,06	77,85	182,48	
Promedio	11,19	23,68666667	25,95	20,275556	
Varianza	0,0813	0,198233333	1,8724	47,931353	
15°					
Cuenta	3	3	3	3	9
Suma	41,17611335	79,24648126	82,84319485	203,26579	
Promedio	13,72537112	26,41549375	27,61439828	22,585088	
Varianza	4,289735148	1,141200852	0,098349548	45,805029	
25°					
Cuenta	3	3	3	3	9
Suma	37,54049685	79,42817834	80,30824572	197,27692	
Promedio	12,51349895	26,47605945	26,76941524	21,919658	
Varianza	0,498293053	2,96219248	2,319420713	51,228764	
Total					
Cuenta	9	9	9	9	
Suma	112,2866102	229,7346596	241,0014406		
Promedio	12,47629002	25,52607329	26,77793784		
Varianza	2,423380839	2,979266362	1,59199998		

Los resultados del análisis Anova son:

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	25,43942438	2	12,71971219	8,5042973	0,002511195	3,554557146
Columnas	1129,203416	2	564,6017078	377,48816	2,01352E-15	3,554557146
Interacción	3,595502815	4	0,898875704	0,6009811	0,666761325	2,927744173
Dentro del grupo	26,92225026	18	1,49568057			
Total	1185,160593	26				

Los promedios serán:

TABLA DE PROMEDIOS [MPa]

		TIPOS DE CEMENTO		
		CEM 1	CEM 2	CEM 3
T° C	5°	11,19	23,69	25,95
	15°	13,73	26,42	27,61
	25°	12,51	26,48	26,77

El análisis Duncan se lo realiza de la siguiente manera:

		CEM 1 (5)	CEM 1 (25)	CEM 1 (15)	CEM 2 (5)	CEM 3 (5)	CEM 2 (15)	CEM 2 (25)	CEM 3 (25)	CEM 3 (15)
		11,19	12,51	13,73	23,69	25,95	26,42	26,48	26,77	27,61
CEM 3 (15)	27,61	16,42	15,10	13,89	3,93	1,66	1,20	1,14	0,84	0,00
CEM 3 (25)	26,77	15,58	14,26	13,04	3,08	0,82	0,35	0,29	0,00	
CEM 2 (25)	26,48	15,29	13,96	12,75	2,79	0,53	0,06	0,00		
CEM 2 (15)	26,42	15,23	13,90	12,69	2,73	0,47	0,00			
CEM 3 (5)	25,95	14,76	13,44	12,22	2,26	0,00				
CEM 2 (5)	23,69	12,50	11,17	9,96	0,00					
CEM 1 (15)	13,73	2,54	1,21	0,00						
CEM 1 (25)	12,51	1,32	0,00							
CEM 1 (5)	11,19	0,00								
	p=	9	8	7	6	5	4	3	2	
	rp=	3,404	3,383	3,356	3,200	3,274	3,210	3,117	2,971	
	Rp=	2,91848	2,90047	2,87732	2,74357	2,80702	2,75215	2,67241	2,54724	

Comparando las medias vemos cuales poseen diferencias significativas:

	CEM 1 (5)	CEM 1 (25)	CEM 1 (15)	CEM 2 (5)	CEM 3 (5)	CEM 2 (15)	CEM 2 (25)	CEM 3 (25)	CEM 3 (15)
CEM 3 (15)	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG	
CEM 3 (25)	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG		
CEM 2 (25)	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG			
CEM 2 (15)	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG				
CEM 3 (5)	SIG	SIG	SIG	NO SIG					
CEM 2 (5)	SIG	SIG	SIG						
CEM 1 (15)	NO SIG	NO SIG							
CEM 1 (25)	NO SIG								
CEM 1 (5)									

RESISTENCIA A COMPRESION A 7 DIAS, CONSUMO=400 kg/cm³

ANALISIS ANOVA PARA LOS ENSAYOS DE FRAGUADO

$C=400 \text{ kg/m}^3$

RESISTENCIAS A COMPRESION a 7 días [MPa]

TEMPERATURA	5°	CEM 1	CEM 2	CEM 3	
		20,34	32,44	34,94	
		21,03	33,04	34,58	
	15°	21,90	32,89	35,25	
		21,11	32,50	37,25	
		22,81	32,43	38,01	
	25°	21,64	33,02	36,54	
		21,66	31,25	36,50	
		22,00	32,54	38,06	
			22,89	33,77	37,84

Los análisis Anova se los realiza de la siguiente manera:

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo

RESUMEN	CEM 1	CEM 2	CEM 3	Total
5°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	63,27	98,37	104,77	266,41
Promedio	21,09	32,79	34,92333333	29,601111
Varianza	0,6111	0,0975	0,112433333	41,805536
15°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	65,56190817	97,95387358	111,8045178	275,3203
Promedio	21,85396939	32,65129119	37,2681726	30,591144
Varianza	0,755043064	0,103048008	0,537157203	47,285739
25°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	66,553575	97,55892127	112,3986052	276,5111
Promedio	22,184525	32,51964042	37,46620172	30,723456
Varianza	0,401566677	1,582326812	0,714601737	46,276214
Total				
Cuenta	9	9	9	
Suma	195,3854832	293,8827949	328,973123	
Promedio	21,70949813	32,65364387	36,55256922	
Varianza	0,678290087	0,459427	1,841506362	

Los resultados del análisis Anova son:

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	6,771988787	2	3,385994394	6,2004747	0,00894269	3,554557146
Columnas	1065,878113	2	532,9390563	975,92458	4,4418E-19	3,554557146
Interacción	7,232245136	4	1,808061284	3,3109441	0,03366466	2,927744173
Dentro del grupo	9,829553669	18	0,546086315			
Total	1089,7119	26				

Los promedios serán:

TABLA DE PROMEDIOS [MPa]

		TIPOS DE CEMENTO		
		CEM 1	CEM 2	CEM 3
T° C	5°	21,09	32,79	34,92
	15°	21,85	32,65	37,27
	25°	22,18	32,52	37,47

El análisis Duncan se lo realiza de la siguiente manera:

		CEM 1 (5)	CEM 1 (15)	CEM 1 (25)	CEM 2 (25)	CEM 2 (15)	CEM 2 (5)	CEM 3 (5)	CEM 3 (15)	CEM 3 (25)
		21,09	21,85	22,18	32,52	32,65	32,79	34,92	37,27	37,47
CEM 3 (25)	37,47	16,38	15,61	15,28	4,95	4,81	4,68	2,54	0,20	0,00
CEM 3 (15)	37,27	16,18	15,41	15,08	4,75	4,62	4,48	2,34	0,00	
CEM 3 (5)	34,92	13,83	13,07	12,74	2,40	2,27	2,13	0,00		
CEM 2 (5)	32,79	11,70	10,94	10,61	0,27	0,14	0,00			
CEM 2 (15)	32,65	11,56	10,80	10,47	0,13	0,00				
CEM 2 (25)	32,52	11,43	10,67	10,34	0,00					
CEM 1 (25)	22,18	1,09	0,33	0,00						
CEM 1 (15)	21,85	0,76	0,00							
CEM 1 (5)	21,09	0,00								
	p=	9	8	7	6	5	4	3	2	
	rp=	3,404	3,383	3,356	3,200	3,274	3,210	3,117	2,971	
	Rp=	5,59118	5,55669	5,51234	5,25610	5,37765	5,27253	5,11977	4,87996	

Comparando las medias vemos cuales poseen diferencias significativas:

	CEM 1 (5)	CEM 1 (15)	CEM 1 (25)	CEM 2 (25)	CEM 2 (15)	CEM 2 (5)	CEM 3 (5)	CEM 3 (15)	CEM 3 (25)
CEM 3 (25)	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG	
CEM 3 (15)	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG		
CEM 3 (5)	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG			
CEM 2 (5)	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG				
CEM 2 (15)	SIG	SIG	SIG	NO SIG					
CEM 2 (25)	SIG	SIG	SIG						
CEM 1 (25)	NO SIG	NO SIG							
CEM 1 (15)	NO SIG								
CEM 1 (5)									

RESISTENCIA A COMPRESION A 7 DIAS, CONSUMO=500 kg/cm³

ANALISIS ANOVA PARA LOS ENSAYOS DE FRAGUADO

$C=500 \text{ kg/m}^3$

RESISTENCIAS A COMPRESION a 7 días [MPa]

TEMPERATURA	5°	CEM 1	CEM 2	CEM 3
		27,03	39,33	41,99
		27,94	37,83	41,36
	28,60	38,59	43,05	
	15°	28,18	38,56	41,30
		26,97	37,90	42,59
		26,59	37,64	43,05
	25°	28,07	41,59	43,34
		30,56	40,57	44,33
		29,28	40,19	44,91

Los análisis Anova se los realiza de la siguiente manera:

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo

RESUMEN	CEM 1	CEM 2	CEM 3	Total	
5°					
Cuenta	3	3	3	3	9
Suma	83,57	115,754	126,4	325,724	
Promedio	27,85666667	38,58466667	42,13333333	36,191556	
Varianza	0,621433333	0,565525333	0,729433333	41,917377	
15°					
Cuenta	3	3	3	3	9
Suma	81,74125677	114,1006604	126,9441722	322,78609	
Promedio	27,24708559	38,03355345	42,31472406	35,865121	
Varianza	0,688421376	0,22467374	0,818811341	45,646732	
25°					
Cuenta	3	3	3	3	9
Suma	87,91799497	122,3541567	132,5841361	342,85629	
Promedio	29,30599832	40,78471888	44,19471204	38,095143	
Varianza	1,54359126	0,523363626	0,626709536	46,306276	
Total					
Cuenta	9	9	9	9	
Suma	253,2292517	352,208817	385,9283083		
Promedio	28,13658353	39,134313	42,88092314		
Varianza	1,552270615	1,917499023	1,520806005		

Los resultados del análisis Anova son:

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	26,10960998	2	13,05480499	18,526322	4,27021E-05	3,554557146
Columnas	1057,148076	2	528,5740379	750,10946	4,62853E-18	3,554557146
Interacción	1,131069403	4	0,282767351	0,4012805	0,805173964	2,927744173
Dentro del grupo	12,68392576	18	0,704662542			
Total	1097,072681	26				

Los promedios serán:

TABLA DE PROMEDIOS [MPa]

		TIPOS DE CEMENTO		
		CEM 1	CEM 2	CEM 3
T[°C]	5°	27,86	38,58	42,13
	15°	27,25	38,03	42,31
	25°	29,31	40,78	44,19

El análisis Duncan se lo realiza de la siguiente manera:

		CEM 1 (15)	CEM 1 (5)	CEM 1 (25)	CEM 2 (15)	CEM 2 (5)	CEM 2 (25)	CEM 3 (5)	CEM 3 (15)	CEM 3 (25)
		27,25	27,86	29,31	38,03	38,58	40,78	42,13	42,31	44,19
CEM 3 (25)	44,19	16,95	16,34	14,89	6,16	5,61	3,41	2,06	1,88	0,00
CEM 3 (15)	42,31	15,07	14,46	13,01	4,28	3,73	1,53	0,18	0,00	
CEM 3 (5)	42,13	14,89	14,28	12,83	4,10	3,55	1,35	0,00		
CEM 2 (25)	40,78	13,54	12,93	11,48	2,75	2,20	0,00			
CEM 2 (5)	38,58	11,34	10,73	9,28	0,55	0,00				
CEM 2 (15)	38,03	10,79	10,18	8,73	0,00					
CEM 1 (25)	29,31	2,06	1,45	0,00						
CEM 1 (5)	27,86	0,61	0,00							
CEM 1 (15)	27,25	0,00								
	p=	9	8	7	6	5	4	3	2	
	rp=	3,404	3,383	3,356	3,200	3,274	3,210	3,117	2,971	
	Rp=	5,02115	4,99017	4,95035	4,72023	4,82939	4,73499	4,59780	4,38244	

Comparando las medias vemos cuales poseen diferencias significativas:

	CEM 1 (15)	CEM 1 (5)	CEM 1 (25)	CEM 2 (15)	CEM 2 (5)	CEM 2 (25)	CEM 3 (5)	CEM 3 (15)	CEM 3 (25)
CEM 3 (25)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG	
CEM 3 (15)	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG		
CEM 3 (5)	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG			
CEM 2 (25)	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG				
CEM 2 (5)	SIG	SIG	SIG	NO SIG					
CEM 2 (15)	SIG	SIG	SIG						
CEM 1 (25)	NO SIG	NO SIG							
CEM 1 (5)	NO SIG								
CEM 1 (15)									

RESISTENCIA A COMPRESION A 28 DIAS, CONSUMO=300 kg/cm³

ANALISIS ANOVA PARA LOS ENSAYOS DE FRAGUADO

$$C=300 \text{ kg/m}^3$$

RESISTENCIAS A COMPRESION a 28 días [MPa]

		CEM 1	CEM 2	CEM 3
		TEMPERATURA	5°	17,93
18,20	34,01			35,36
18,60	35,05			36,15
15°	19,00		31,95	33,74
	17,90		32,57	34,66
	16,94		33,95	35,46
25°	17,96		31,24	31,95
	16,75		30,53	30,61
	17,03		32,62	33,35

Los análisis Anova se los realiza de la siguiente manera:

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo

RESUMEN	CEM 1	CEM 2	CEM 3	Total
5°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	54,73	103,42	106,29	264,44
Promedio	18,24333333	34,47333333	35,43	29,382222
Varianza	0,113633333	0,280033333	0,4729	70,180344
15°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	53,84439149	98,47322972	103,8553122	256,17293
Promedio	17,9481305	32,82440991	34,61843739	28,463659
Varianza	1,058444103	1,047451839	0,7463354	63,515727
25°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	51,74	94,39125298	95,90897446	242,04023
Promedio	17,24666667	31,46375099	31,96965815	26,893359
Varianza	0,401233333	1,133967828	1,876457093	53,246403
Total				
Cuenta	9	9	9	
Suma	160,3143915	296,2844827	306,0542866	
Promedio	17,81271017	32,92049808	34,00603185	
Varianza	0,589895275	2,318854126	3,230002001	

Los resultados del análisis Anova son:

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	28,51213254	2	14,25606627	17,993883	5,0909E-05	3,554557146
Columnas	1474,941919	2	737,4709594	930,82944	6,77238E-19	3,554557146
Interacción	6,336966151	4	1,584241538	1,9996159	0,137763346	2,927744173
Dentro del grupo	14,26091252	18	0,792272918			
Total	1524,05193	26				

Los promedios serán:

TABLA DE PROMEDIOS [MPa]

		TIPOS DE CEMENTO		
		CEM 1	CEM 2	CEM 3
T ^o C	5°	18,24	34,47	35,43
	15°	17,95	32,82	34,62
	25°	17,25	31,46	31,97

El análisis Duncan se lo realiza de la siguiente manera:

		CEM 1 (25)	CEM 1 (15)	CEM 1 (5)	CEM 2 (25)	CEM 3 (5)	CEM 2 (15)	CEM 2 (5)	CEM 3 (15)	CEM 3 (25)
		17,25	17,95	18,24	31,46	31,97	32,82	34,47	34,62	35,43
CEM 3 (25)	35,43	18,18	17,48	17,19	3,97	3,46	2,61	0,96	0,81	0,00
CEM 3 (15)	34,62	17,37	16,67	16,38	3,15	2,65	1,79	0,15	0,00	
CEM 2 (5)	34,47	17,23	16,53	16,23	3,01	2,50	1,65	0,00		
CEM 2 (15)	32,82	15,58	14,88	14,58	1,36	0,85	0,00			
CEM 3 (5)	31,97	14,72	14,02	13,73	0,51	0,00				
CEM 2 (25)	31,46	14,22	13,52	13,22	0,00					
CEM 1 (5)	18,24	1,00	0,30	0,00						
CEM 1 (15)	17,95	0,70	0,00							
CEM 1 (25)	17,25	0,00								
	p=	9	8	7	6	5	4	3	2	
	rp=	3,404	3,383	3,356	3,200	3,274	3,210	3,117	2,971	
	Rp=	3,35489	3,33419	3,30758	3,15384	3,22677	3,16369	3,07203	2,92814	

Comparando las medias vemos cuales poseen diferencias significativas:

	CEM 1 (25)	CEM 1 (15)	CEM 1 (5)	CEM 2 (25)	CEM 3 (5)	CEM 2 (15)	CEM 2 (5)	CEM 3 (15)	CEM 3 (25)
CEM 3 (25)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG	
CEM 3 (15)	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG		
CEM 2 (5)	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG			
CEM 2 (15)	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG				
CEM 3 (5)	SIG	SIG	SIG	NO SIG					
CEM 2 (25)	SIG	SIG	SIG						
CEM 1 (5)	NO SIG	NO SIG							
CEM 1 (15)	NO SIG								
CEM 1 (25)									

RESISTENCIA A COMPRESION A 28 DIAS, CONSUMO=400 kg/cm³

ANALISIS ANOVA PARA LOS ENSAYOS DE FRAGUADO

$C=400 \text{ kg/m}^3$

RESISTENCIAS A COMPRESION a 28 días [MPa]

TEMPERATURA	5°	CEM 1	CEM 2	CEM 3
		32,01	45,34	46,71
		33,67	44,66	45,46
	32,91	43,54	47,56	
	15°	30,33	38,56	43,88
		31,02	39,63	45,25
		30,74	38,91	44,01
	25°	30,23	41,07	47,16
		30,56	39,05	46,16
		31,25	41,38	43,59

Los análisis Anova se los realiza de la siguiente manera:

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo

RESUMEN	CEM 1	CEM 2	CEM 3	Total
5°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	98,59	133,54	139,73	371,86
Promedio	32,86333333	44,51333333	46,57666667	41,317778
Varianza	0,690533333	0,826133333	1,115833333	41,662544
15°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	92,09266592	117,1	133,1400054	342,33267
Promedio	30,69755531	39,03333333	44,3800018	38,036963
Varianza	0,119856294	0,297633333	0,571897295	35,907522
25°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	92,04	121,5056118	136,9179258	350,46354
Promedio	30,68	40,50187059	45,63930859	38,940393
Varianza	0,2709	1,604642544	3,392724611	44,647482
Total				
Cuenta	9	9	9	9
Suma	282,7226659	372,1456118	409,7879312	1064,65621
Promedio	31,41362955	41,34951242	45,53199235	41,10151111
Varianza	1,452553293	6,71695668	2,181342594	3,450284188

Los resultados del análisis Anova son:

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	51,69565663	2	25,84782832	26,167202	4,70915E-06	3,554557146
Columnas	946,6292257	2	473,3146128	479,16284	2,46093E-16	3,554557146
Interacción	13,33085575	4	3,332713936	3,3738926	0,031588094	2,927744173
Dentro del grupo	17,78030816	18	0,987794898			
Total	1029,436046	26				

Los promedios serán:

TABLA DE PROMEDIOS [MPa]

		TIPOS DE CEMENTO		
		CEM 1	CEM 2	CEM 3
T° C]	5°	32,86	44,51	46,58
	15°	30,70	39,03	44,38
	25°	30,68	40,50	45,64

El análisis Duncan se lo realiza de la siguiente manera:

		CEM 1 (5)	CEM 1 (15)	CEM 1 (25)	CEM 2 (15)	CEM 2 (25)	CEM 3 (15)	CEM 2 (5)	CEM 3 (25)	CEM 3 (5)
		30,68	30,70	32,86	39,03	40,50	44,38	44,51	45,64	46,58
CEM 3 (5)	46,58	15,90	15,88	13,71	7,54	6,07	2,20	2,06	0,94	0,00
CEM 3 (25)	45,64	14,96	14,94	12,78	6,61	5,14	1,26	1,13	0,00	
CEM 2 (5)	44,51	13,83	13,82	11,65	5,48	4,01	0,13	0,00		
CEM 3 (15)	44,38	13,70	13,68	11,52	5,35	3,88	0,00			
CEM 2 (25)	40,50	9,82	9,80	7,64	1,47	0,00				
CEM 2 (15)	39,03	8,35	8,34	6,17	0,00					
CEM 1 (25)	32,86	2,18	2,17	0,00						
CEM 1 (15)	30,70	0,02	0,00							
CEM 1 (5)	30,68	0,00								
	p=	9	8	7	6	5	4	3	2	
	rp=	3,404	3,383	3,356	3,200	3,274	3,210	3,117	2,971	
	Rp=	4,97883	4,94811	4,90862	4,68045	4,78868	4,69507	4,55905	4,34550	

Comparando las medias vemos cuales poseen diferencias significativas:

	CEM 1 (5)	CEM 1 (15)	CEM 1 (25)	CEM 2 (15)	CEM 2 (25)	CEM 3 (15)	CEM 2 (5)	CEM 3 (25)	CEM 3 (5)
CEM 3 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG	NO SIG	
CEM 3 (25)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG		
CEM 2 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG			
CEM 3 (15)	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG				
CEM 2 (25)	SIG	SIG	SIG	NO SIG					
CEM 2 (15)	SIG	SIG	SIG						
CEM 1 (25)	NO SIG	NO SIG							
CEM 1 (15)	NO SIG								
CEM 1 (5)									

RESISTENCIA A COMPRESION A 28 DIAS, CONSUMO=500 kg/cm³

ANALISIS ANOVA PARA LOS ENSAYOS DE FRAGUADO

$C=500 \text{ kg/m}^3$

RESISTENCIAS A COMPRESION a 28 días [MPa]

TEMPERATURA	5°	CEM 1	CEM 2	CEM 3
		37,54	47,76	54,62
		38,47	46,54	54,40
	38,14	47,05	55,58	
	15°	35,84	42,43	49,70
		34,48	45,25	51,25
		36,90	43,16	50,02
	25°	36,13	45,57	51,30
		35,41	43,86	51,67
		34,90	43,02	52,85

Los análisis Anova se los realiza de la siguiente manera:

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo

RESUMEN	CEM 1	CEM 2	CEM 3	Total
5°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	114,15	141,35	164,6	420,1
Promedio	38,05	47,11666667	54,86666667	46,6777778
Varianza	0,2223	0,375433333	0,393733333	53,3812694
15°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	107,2173912	130,8378633	150,970894	389,026148
Promedio	35,73913039	43,6126211	50,32363135	43,2251276
Varianza	1,472488812	2,144763301	0,669362407	41,0388015
25°				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	106,4399636	132,45	155,82	394,709964
Promedio	35,47998786	44,15	51,94	43,8566626
Varianza	0,381876325	1,6887	0,6553	51,5296204
Total				
Cuenta	9	9	9	9
Suma	327,8073547	404,6378633	471,390894	1203,836112
Promedio	36,42303941	44,95976259	52,376766	44,45250716
Varianza	2,020695738	3,723251979	4,406748349	3,383564722

Los resultados del análisis Anova son:

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	60,83496117	2	30,41748059	34,2027459	7,3889E-07	3,554557146
Columnas	1147,226923	2	573,6134615	644,996072	1,7701E-17	3,554557146
Interacción	4,362692337	4	1,090673084	1,22640053	0,33455937	2,927744173
Dentro del grupo	16,00791502	18	0,889328612			
Total	1228,432491	26				

Los promedios serán:

TABLA DE PROMEDIOS [MPa]

		TIPOS DE CEMENTO		
		CEM 1	CEM 2	CEM 3
T ^o C	5°	38,05	47,12	54,87
	15°	35,74	43,61	50,32
	25°	35,48	44,15	51,94

El análisis Duncan se lo realiza de la siguiente manera:

		CEM 1 (25)	CEM 1 (15)	CEM 1 (5)	CEM 2 (15)	CEM 2 (25)	CEM 2 (5)	CEM 3 (15)	CEM 3 (25)	CEM 3 (5)
		35,48	35,74	38,05	43,61	44,15	47,12	50,32	51,94	54,87
CEM 3 (5)	54,87	19,39	19,13	16,82	11,25	10,72	7,75	4,54	2,93	0,00
CEM 3 (25)	51,94	16,46	16,20	13,89	8,33	7,79	4,82	1,62	0,00	
CEM 3 (15)	50,32	14,84	14,58	12,27	6,71	6,17	3,21	0,00		
CEM 2 (5)	47,12	11,64	11,38	9,07	3,50	2,97	0,00			
CEM 2 (25)	44,15	8,67	8,41	6,10	0,54	0,00				
CEM 2 (15)	43,61	8,13	7,87	5,56	0,00					
CEM 1 (5)	38,05	2,57	2,31	0,00						
CEM 1 (15)	35,74	0,26	0,00							
CEM 1 (25)	35,48	0,00								
	p=	9	8	7	6	5	4	3	2	
	rp=	3,404	3,383	3,356	3,200	3,274	3,210	3,117	2,971	
	Rp=	5,50024	5,46631	5,42268	5,17062	5,29019	5,18677	5,03650	4,80059	

Comparando las medias vemos cuales poseen diferencias significativas:

	CEM 1 (25)	CEM 1 (15)	CEM 1 (5)	CEM 2 (15)	CEM 2 (25)	CEM 2 (5)	CEM 3 (15)	CEM 3 (25)	CEM 3 (5)
CEM 3 (5)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG	
CEM 3 (25)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG		
CEM 3 (15)	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG			
CEM 2 (5)	SIG	SIG	SIG	NO SIG	NO SIG				
CEM 2 (25)	SIG	SIG	SIG	NO SIG					
CEM 2 (15)	SIG	SIG	SIG						
CEM 1 (5)	NO SIG	NO SIG							
CEM 1 (15)	NO SIG								
CEM 1 (25)									

ANEXO J

COSTOS DEL PROYECTO

COSTOS ESTIMADOS DE LA INVESTIGACIÓN

“INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA AMBIENTE EN EL TIEMPO DE FRAGUADO DE HORMIGONES ELABORADOS CON 3 MARCAS DE CEMENTO TIPO IP DISPONIBLES EN LA CIUDAD DE LA PAZ”

ENSAYOS GRAVA

Ensayo	Cantidad	Unidad	Costo unitario, Bs	Costo total, Bs
Granulometría	2.00	Ensayo	212.0	424.0
Peso específico	2.00	Ensayo	185.0	370.0
Peso unitario	2.00	Ensayo	166.0	332.0
TOTAL, BS				1126.0

ENSAYOS ARENA

Ensayo	Cantidad	Unidad	Costo unitario, Bs	Costo total, Bs
Granulometría	2.00	Ensayo	167.0	334.0
Peso específico	2.00	Ensayo	320.0	640.0
Peso unitario	2.00	Ensayo	133.0	266.0
TOTAL, BS				1240.0

ENSAYOS CEMENTO

Ensayo	Cantidad	Unidad	Costo unitario, Bs	Costo total, Bs
Peso específico	2.00	Ensayo	130.0	260.0
Modulo de finura	2.00	Ensayo	170.0	340.0
Determinación de la perdida por calcinación	2.00	Ensayo	100.0	200.0
Análisis de residuos insolubles	2.00	Ensayo	160.0	320.0
Contenido de azufre como trióxido de azufre	2.00	Ensayo	195.0	390.0
Resistencia a la compresión	2.00	Ensayo	420.0	840.0
TOTAL, BS				2350.0

HORMIGÓN

Ensayo/actividad/servicio	Cantidad	Unidad	Costo unitario, Bs	Costo total, Bs
Revolvuras	81.00	Ensayo	463.0	37503.0
Compresión de probetas	486.00	Ensayo	35.0	17010.0
Dosificaciones	3.00	Ensayo	2418.0	7254.0
Curado de probetas - 7 días (12 probetas)	2.00	Probeta/día	13.0	3159.0
Curado de probetas - 28 días (12 probetas)	2.00	Probeta/día	13.0	3159.0
Curado de probetas - 91 días (12 probetas)	0.00	Probeta/día	13.0	
Curado de probetas - 182 días (12 probetas)	0.00	Probeta/día	13.0	
Temperatura	81.00	Muestra	25.0	2025.0
Tiempo de fraguado	81.00	Muestra	1470.0	119070.0
módulo de elasticidad	0.00	probeta		
Tracción por hendimiento	0.00	Probeta		
Flexión vigas	0.00	Probeta		
TOTAL, BS				189180.0

PROVISIÓN DE MATERIALES - otros

Material/actividad	Cantidad	Unidad	Costo unitario, Bs	Costo total, Bs
Cemento	16.00	Bolsa	55.0	880.0
Grava	2.00	m ³	120.0	240.0
Arena	2.00	m ³	180.0	360.0
Elaboración de informe	100.00	Hora	135.0	13500.0
TOTAL, BS				14980.0

COSTO TOTAL, Bs	208876.0
COSTO TOTAL, \$US (T/C = 6.96 Bs/\$us)	30010.9
El costo estimado no considera las dosificaciones y ensayos de práctica que realicen los postulantes, ni aquellas revolvuras que manifiesten error estadístico y por tanto, que ameriten repetición	

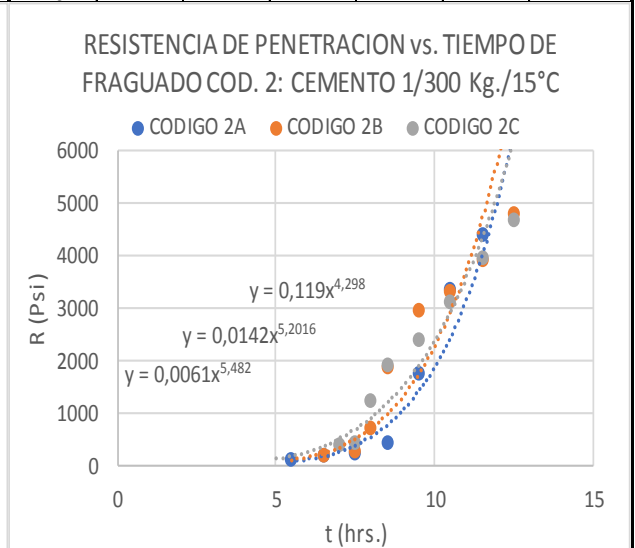
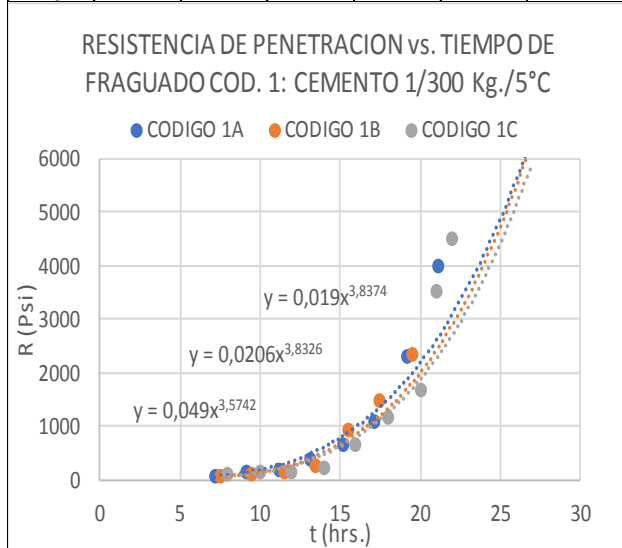
ANEXO K

GRAFICOS RESISTENCIA A PENETRACIÓN vs
TIEMPO DE FRAGUADO

VACIADO 1							VACIADO 4						
Cemento 1/300 kg							Cemento 1/300 kg						
CODIGO 1A							CODIGO 2A						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	00:20	0,0	5,0	0	0	0	0	06:50	0,0	15,0	0	0	0
1	07:30	7,17	5,0	0,5	40	80	1	12:20	5,50	16,0	0,5	50	100
2	09:30	9,17	5,0	0,5	76	152	2	13:20	6,50	16,0	0,5	98	196
3	11:30	11,17	4,0	0,25	46	184	3	14:20	7,50	16,0	0,25	58	232
4	13:30	13,17	5,0	0,25	90	360	4	15:20	8,50	16,0	0,05	21	420
5	15:30	15,17	6,0	0,05	33	660	5	16:20	9,50	15,0	0,05	87	1740
6	17:30	17,17	6,0	0,05	54	1080	6	17:20	10,50	15,0	0,025	84	3360
7	19:30	19,17	5,0	0,025	58	2320	7	18:20	11,50	16,0	0,025	110	4400
8	21:30	21,17	5,0	0,025	100	4000	8						
9							9						
10							10						

VACIADO 2							VACIADO 5						
Cemento 1/300 kg							Cemento 1/300 kg						
CODIGO 1B							CODIGO 2B						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	00:45	0,0	5,0	0	0	0	0	09:30	0,0	15,0	0	0	0
1	08:15	7,50	5,0	0,5	39	78	1	16:00	6,50	16,0	0,25	49	196
2	10:15	9,50	5,0	0,5	52	104	2	17:00	7,50	16,0	0,25	74	296
3	12:15	11,50	4,0	0,25	34	136	3	17:30	8,00	16,0	0,05	35	700
4	14:15	13,50	5,0	0,25	67	268	4	18:00	8,50	16,0	0,05	94	1880
5	16:15	15,50	6,0	0,05	46	920	5	19:00	9,50	16,0	0,025	74	2960
6	18:15	17,50	6,0	0,05	73	1460	6	20:00	10,50	15,0	0,025	83	3320
7	20:15	19,50	5,0	0,025	59	2360	7	21:00	11,50	15,0	0,025	98	3920
8	21:15	20,50	5,0	0,025	78	3120	8	22:00	12,50	15,0	0,025	120	4800
9	22:15	21,50	5,0	0,025	100	4000	9						
10							10						

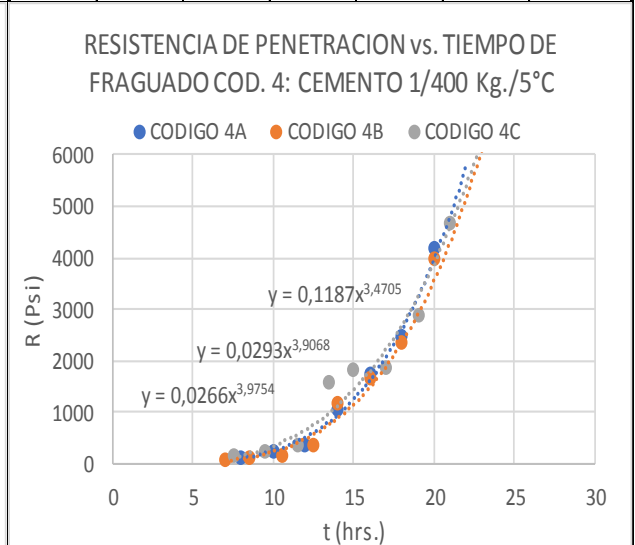
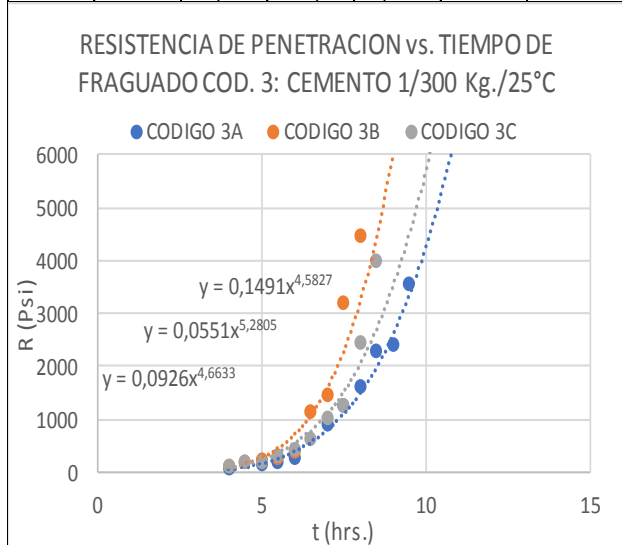
VACIADO 3							VACIADO 6						
Cemento 1/300 kg							Cemento 1/300 kg						
CODIGO 1C							CODIGO 2C						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	00:30	0,0	5,0	0	0	0	0	08:50	0,0	15,0	0	0	0
1	08:30	8,00	5,0	0,5	57	114	1	15:50	7,00	15,0	0,25	99	396
2	10:30	10,00	4,0	0,5	66	132	2	16:20	7,50	15,0	0,05	21	420
3	12:30	12,00	5,0	0,5	80	160	3	16:50	8,00	15,0	0,05	62	1240
4	14:30	14,00	5,0	0,25	54	216	4	17:20	8,50	15,0	0,025	48	1920
5	16:30	16,00	5,0	0,05	32	640	5	18:20	9,50	15,0	0,025	60	2400
6	18:30	18,00	5,0	0,05	58	1160	6	19:20	10,50	15,0	0,025	78	3120
7	20:30	20,00	5,0	0,025	42	1680	7	20:20	11,50	15,0	0,025	99	3960
8	21:30	21,00	5,0	0,025	88	3520	8	21:20	12,50	15,0	0,025	117	4680
9	22:30	22,00	5,0	0,025	113	4520	9						
10							10						



VACIADO 7 Cemento 1/300 kg CODIGO 3A							VACIADO 10 Cemento 1/400 kg CODIGO 4A						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	05:20	0,0	25,0	0	0	0	0	02:00	0,0	5,0	0	0	0
1	09:20	4,00	26,0	0,5	44	88	1	10:00	8,00	5,0	0,5	57	114
2	10:20	5,00	25,0	0,5	77	154	2	12:00	10,00	6,0	0,25	65	260
3	10:50	5,50	25,0	0,5	94	188	3	14:00	12,00	5,0	0,25	96	384
4	11:20	6,00	25,0	0,25	65	260	4	16:00	14,00	5,0	0,05	53	1060
5	12:20	7,00	26,0	0,05	45	900	5	18:00	16,00	4,0	0,05	87	1740
6	12:50	7,50	26,0	0,05	64	1280	6	20:00	18,00	5,0	0,025	62	2480
7	13:20	8,00	26,0	0,05	82	1640	7	22:00	20,00	5,0	0,025	105	4200
8	13:50	8,50	25,0	0,05	115	2300	8						
9	14:20	9,00	25,0	0,025	60	2400	9						
10	14:50	9,50	25,0	0,025	89	3560	10						

VACIADO 8 Cemento 1/300 kg CODIGO 3B							VACIADO 11 Cemento 1/400 kg CODIGO 4B						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	04:50	0,0	25,0	0	0	0	0	01:40	0,0	5,0	0	0	0
1	08:50	4,00	25,0	0,5	66	132	1	08:40	7,00	5,0	0,5	42	84
2	09:20	4,50	25,0	0,5	94	188	2	10:10	8,50	4,0	0,5	62	124
3	09:50	5,00	25,0	0,5	113	226	3	12:10	10,50	5,0	0,5	88	176
4	10:20	5,50	25,0	0,25	64	256	4	14:10	12,50	4,0	0,25	96	384
5	10:50	6,00	25,0	0,25	101	404	5	15:40	14,00	5,0	0,05	59	1180
6	11:20	6,50	25,0	0,05	58	1160	6	17:40	16,00	4,0	0,05	83	1660
7	11:50	7,00	25,0	0,025	37	1480	7	19:40	18,00	5,0	0,025	59	2360
8	12:20	7,50	25,0	0,025	80	3200	8	21:40	20,00	5,0	0,025	100	4000
9	12:50	8,00	25,0	0,025	112	4480	9						
10							10						

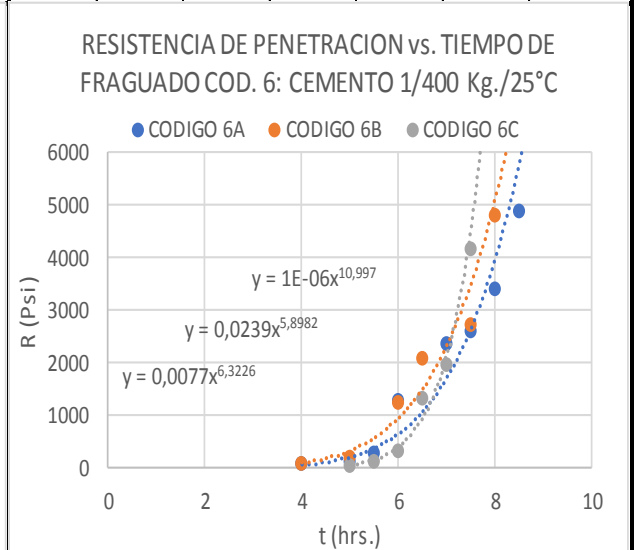
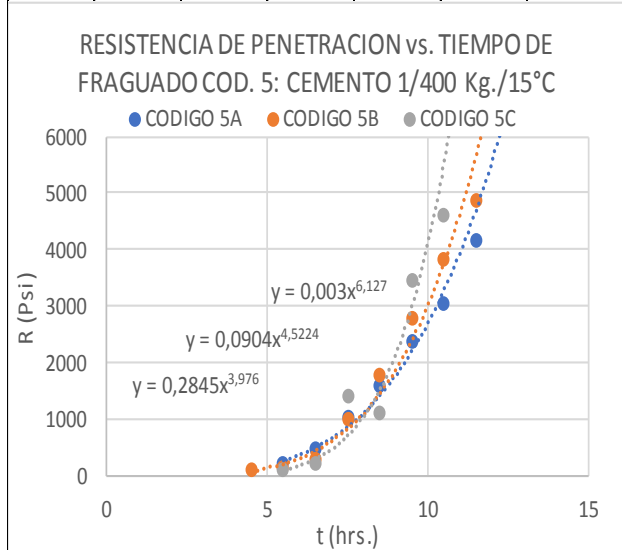
VACIADO 9 Cemento 1/300 kg CODIGO 3C							VACIADO 12 Cemento 1/400 kg CODIGO 4C						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	05:10	0,0	25,0	0	0	0	0	02:10	0,0	5,0	0	0	0
1	09:10	4,00	25,0	0,5	56	112	1	09:40	7,50	5,0	0,5	73	146
2	09:40	4,50	25,0	0,5	90	180	2	11:40	9,50	5,0	0,25	63	252
3	10:10	5,00	25,0	0,25	50	200	3	13:40	11,50	5,0	0,25	95	380
4	10:40	5,50	25,0	0,25	76	304	4	15:40	13,50	5,0	0,05	79	1580
5	11:10	6,00	25,0	0,25	111	444	5	17:10	15,00	5,0	0,05	91	1820
6	11:40	6,50	25,0	0,05	32	640	6	19:10	17,00	5,0	0,025	47	1880
7	12:10	7,00	25,0	0,05	52	1040	7	21:10	19,00	5,0	0,025	72	2880
8	12:40	7,50	25,0	0,025	32	1280	8	23:10	21,00	5,0	0,025	117	4680
9	13:10	8,00	25,0	0,025	61	2440	9						
10	13:40	8,50	25,0	0,025	100	4000	10						



VACIADO 13							VACIADO 16						
Cemento 1/400 kg							Cemento 1/400 kg						
CODIGO 5A							CODIGO 6A						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	08:00	0,0	15,0	0	0	0	0	06:00	0,0	25,0	0	0	0
1	13:30	5,50	15,0	0,5	110	220	1	10:00	4,00	25,0	0,5	31	62
2	14:30	6,50	15,0	0,25	117	468	2	11:00	5,00	25,0	0,5	54	108
3	15:30	7,50	14,0	0,05	51	1020	3	11:30	5,50	25,0	0,25	65	260
4	16:30	8,50	16,0	0,05	79	1580	4	12:00	6,00	25,0	0,05	65	1300
5	17:30	9,50	16,0	0,025	59	2360	5	13:00	7,00	26,0	0,05	118	2360
6	18:30	10,50	15,0	0,025	76	3040	6	13:30	7,50	26,0	0,025	65	2600
7	19:30	11,50	15,0	0,025	104	4160	7	14:00	8,00	25,0	0,025	85	3400
8	20:30	12,50	15,0	0,025	120	4800	8	14:30	8,50	25,0	0,025	122	4880
9							9						
10							10						

VACIADO 14							VACIADO 17						
Cemento 1/400 kg							Cemento 1/400 kg						
CODIGO 5B							CODIGO 6B						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	06:10	0,0	15,0	0	0	0	0	05:30	0,0	25,0	0	0	0
1	10:40	4,50	16,0	0,5	56	112	1	09:30	4,00	25,0	0,5	46	92
2	11:40	5,50	16,0	0,5	75	150	2	10:30	5,00	26,0	0,5	105	210
3	12:40	6,50	16,0	0,25	68	272	3	11:30	6,00	26,0	0,05	62	1240
4	13:40	7,50	16,0	0,05	50	1000	4	12:00	6,50	26,0	0,05	104	2080
5	14:40	8,50	16,0	0,05	88	1760	5	13:00	7,50	26,0	0,025	68	2720
6	15:40	9,50	15,0	0,025	70	2800	6	13:30	8,00	25,0	0,025	120	4800
7	16:40	10,50	15,0	0,025	96	3840	7						
8	17:40	11,50	15,0	0,025	122	4880	8						
9							9						
10							10						

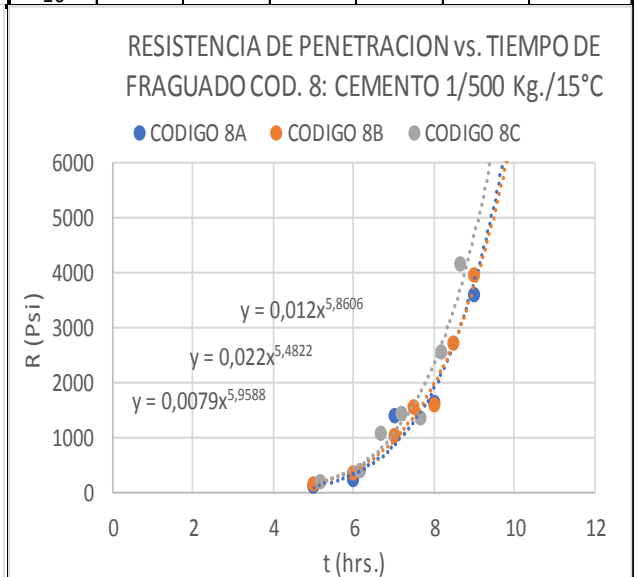
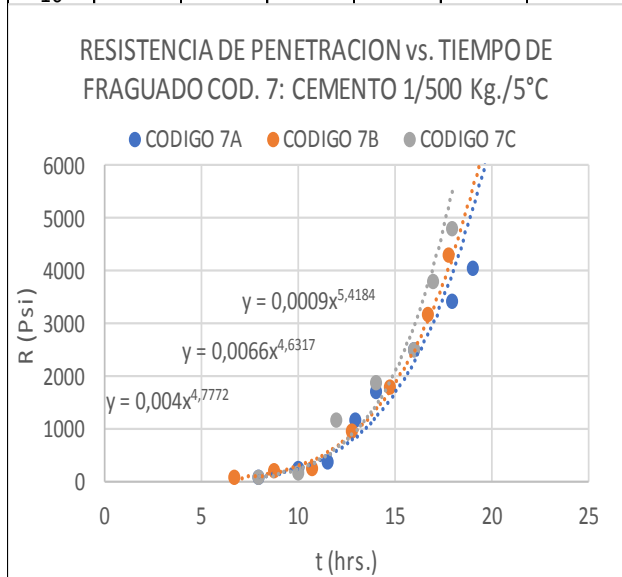
VACIADO 15							VACIADO 18						
Cemento 1/400 kg							Cemento 1/400 kg						
CODIGO 5C							CODIGO 6C						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	08:50	0,0	15,0	0	0	0	0	04:50	0,0	25,0	0	0	0
1	14:20	5,50	16,0	0,5	49	98	1	09:50	5,00	25,0	0,5	28	56
2	15:20	6,50	16,0	0,25	54	216	2	10:20	5,50	26,0	0,5	65	130
3	16:20	7,50	16,0	0,05	70	1400	3	10:50	6,00	26,0	0,25	80	320
4	17:20	8,50	16,0	0,025	28	1120	4	11:20	6,50	26,0	0,05	67	1340
5	18:20	9,50	15,0	0,025	86	3440	5	11:50	7,00	25,0	0,025	49	1960
6	19:20	10,50	15,0	0,025	115	4600	6	12:20	7,50	25,0	0,025	104	4160
7							7						
8							8						
9							9						
10							10						



VACIADO 19 Cemento 1/500 kg CODIGO 7A							VACIADO 22 Cemento 1/500 kg CODIGO 8A						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	01:20	0,0	5,0	0	0	0	0	09:50	0,0	15,0	0	0	0
1	09:20	8,00	6,0	0,5	38	76	1	14:50	5,00	16,0	0,5	62	124
2	11:20	10,00	5,0	0,5	111	222	2	15:50	6,00	16,0	0,25	58	232
3	12:50	11,50	5,0	0,25	92	368	3	16:50	7,00	16,0	0,05	71	1420
4	14:20	13,00	4,0	0,05	58	1160	4	17:50	8,00	16,0	0,025	41	1640
5	15:20	14,00	4,0	0,025	43	1720	5	18:50	9,00	15,0	0,025	90	3600
6	17:20	16,00	4,0	0,025	63	2520	6	19:50	10,00	15,0	0,025	120	4800
7	19:20	18,00	5,0	0,025	86	3440	7						
8	20:20	19,00	5,0	0,025	101	4040	8						
9							9						
10							10						

VACIADO 20 Cemento 1/500 kg CODIGO 7B							VACIADO 23 Cemento 1/500 kg CODIGO 8B						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	00:15	0,0	5,0	0	0	0	0	08:45	0,0	15,0	0	0	0
1	07:00	6,75	5,0	0,5	25	50	1	13:45	5,00	16,0	0,5	76	152
2	09:00	8,75	5,0	0,5	90	180	2	14:45	6,00	16,0	0,25	94	376
3	11:00	10,75	6,0	0,25	61	244	3	15:45	7,00	16,0	0,05	52	1040
4	13:00	12,75	6,0	0,05	47	940	4	16:15	7,50	16,0	0,05	79	1580
5	15:00	14,75	4,0	0,025	45	1800	5	16:45	8,00	16,0	0,025	40	1600
6	17:00	16,75	5,0	0,025	79	3160	6	17:15	8,50	16,0	0,025	68	2720
7	18:00	17,75	5,0	0,025	108	4320	7	17:45	9,00	15,0	0,025	99	3960
8							8	18:15	9,50	15,0	0,025	115	4600
9							9						
10							10						

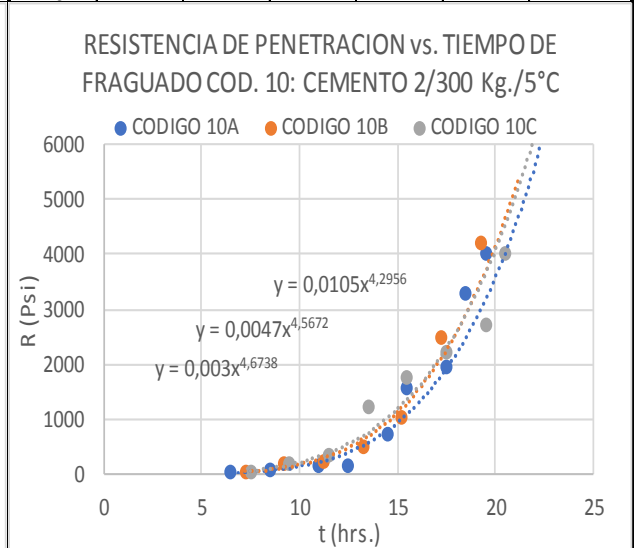
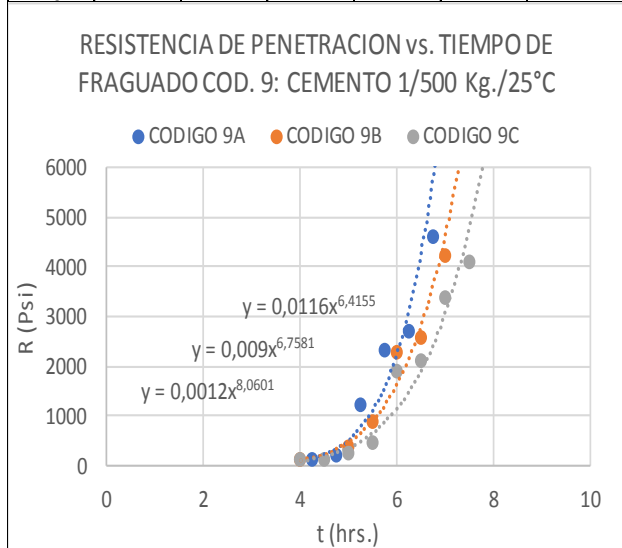
VACIADO 21 Cemento 1/500 kg CODIGO 7C							VACIADO 24 Cemento 1/500 kg CODIGO 8C						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	00:10	0,0	5,0	0	0	0	0	09:10	0,0	15,0	0	0	0
1	08:10	8,00	5,0	0,5	35	70	1	14:20	5,17	15,0	0,5	93	186
2	10:10	10,00	5,0	0,5	68	136	2	15:20	6,17	15,0	0,25	102	408
3	12:10	12,00	5,0	0,05	58	1160	3	15:50	6,67	15,0	0,05	54	1080
4	14:10	14,00	5,0	0,05	94	1880	4	16:20	7,17	15,0	0,05	72	1440
5	16:10	16,00	5,0	0,025	63	2520	5	16:50	7,67	15,0	0,025	34	1360
6	17:10	17,00	5,0	0,025	95	3800	6	17:20	8,17	15,0	0,025	64	2560
7	18:10	18,00	5,0	0,025	120	4800	7	17:50	8,67	15,0	0,025	104	4160
8							8	18:20	9,17	15,0	0,025	116	4640
9							9						
10							10						



VACIADO 25 Cemento 1/500 kg CODIGO 9A							VACIADO 28 Cemento 2/300 kg CODIGO 10A						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	05:35	0,0	25,0	0	0	0	0	02:00	0,0	5,0	0	0	0
1	09:50	4,25	26,0	0,5	70	140	1	08:30	6,50	5,0	0,5	16	32
2	10:20	4,75	26,0	0,5	103	206	2	10:30	8,50	4,0	0,5	32	64
3	10:50	5,25	25,0	0,05	61	1220	3	13:00	11,00	5,0	0,5	71	142
4	11:20	5,75	25,0	0,05	115	2300	4	14:30	12,50	5,0	0,25	40	160
5	11:50	6,25	25,0	0,025	67	2680	5	16:30	14,50	5,0	0,05	37	740
6	12:20	6,75	26,0	0,025	115	4600	6	17:30	15,50	5,0	0,05	78	1560
7							7	19:30	17,50	5,0	0,025	49	1960
8							8	20:30	18,50	5,0	0,025	82	3280
9							9	21:30	19,50	5,0	0,025	100	4000
10							10						

VACIADO 26 Cemento 1/500 kg CODIGO 9B							VACIADO 29 Cemento 2/300 kg CODIGO 10B						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	07:00	0,0	25,0	0	0	0	0	01:00	0,0	5,0	0	0	0
1	11:00	4,00	25,0	0,5	55	110	1	08:15	7,25	5,0	0,5	20	40
2	12:00	5,00	26,0	0,25	96	384	2	10:15	9,25	5,0	0,5	92	184
3	12:50	5,50	26,0	0,05	45	900	3	12:15	11,25	6,0	0,25	54	216
4	13:00	6,00	26,0	0,05	114	2280	4	14:15	13,25	5,0	0,05	24	480
5	13:30	6,50	25,0	0,025	64	2560	5	16:15	15,25	5,0	0,05	51	1020
6	14:00	7,00	25,0	0,025	106	4240	6	18:15	17,25	5,0	0,025	62	2480
7							7	20:15	19,25	6,0	0,025	105	4200
8							8						
9							9						
10							10						

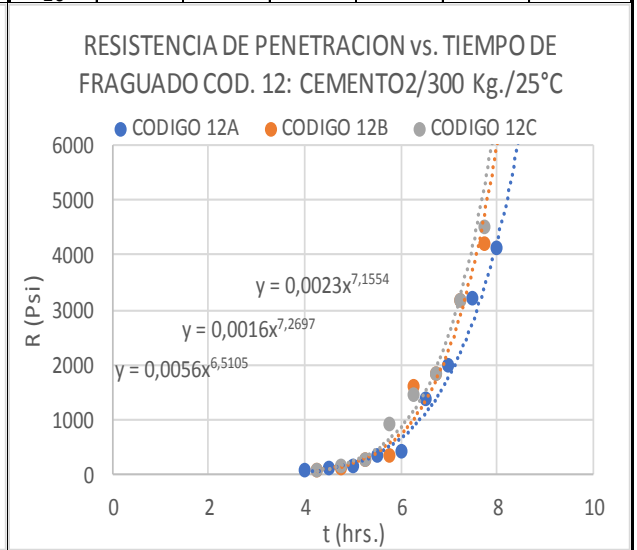
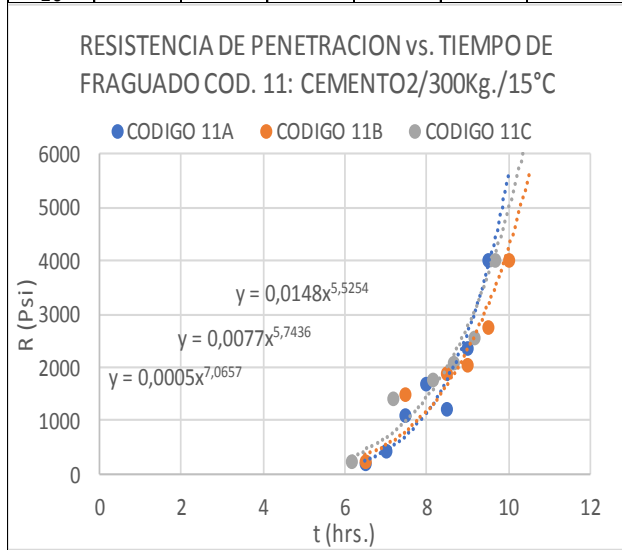
VACIADO 27 Cemento 1/500 kg CODIGO 9C							VACIADO 30 Cemento 2/300 kg CODIGO 10C						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	05:20	0,0	25,0	0	0	0	0	01:10	0,0	5,0	0	0	0
1	09:20	4,00	25,0	0,5	62	124	1	08:40	7,50	6,0	0,5	24	48
2	09:50	4,50	25,0	0,5	68	136	2	10:40	9,50	6,0	0,5	86	172
3	10:20	5,00	25,0	0,25	65	260	3	12:40	11,50	5,0	0,25	86	344
4	10:50	5,50	25,0	0,25	114	456	4	14:40	13,50	5,0	0,05	61	1220
5	11:20	6,00	25,0	0,05	95	1900	5	16:40	15,50	5,0	0,05	87	1740
6	11:50	6,50	25,0	0,025	53	2120	6	18:40	17,50	6,0	0,025	55	2200
7	12:20	7,00	25,0	0,025	84	3360	7	20:40	19,50	5,0	0,025	68	2720
8	12:50	7,50	25,0	0,025	102	4080	8	21:40	20,50	5,0	0,025	100	4000
9							9						
10							10						



VACIADO 31							VACIADO 34						
Cemento 2/300 kg							Cemento 2/300 kg						
CODIGO 11A							CODIGO 12A						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	09:00	0,0	15,0	0	0	0	0	04:30	0,0	25,0	0	0	0
1	15:30	6,50	15,0	0,5	104	208	1	08:30	4,00	25,0	0,5	30	60
2	16:00	7,00	15,0	0,25	107	428	2	09:00	4,50	25,0	0,5	50	100
3	16:30	7,50	15,0	0,05	54	1080	3	09:30	5,00	25,0	0,5	82	164
4	17:00	8,00	15,0	0,05	84	1680	4	10:00	5,50	25,0	0,25	84	336
5	17:30	8,50	15,0	0,025	30	1200	5	10:30	6,00	25,0	0,25	108	432
6	18:00	9,00	15,0	0,025	59	2360	6	11:00	6,50	25,0	0,05	69	1380
7	18:30	9,50	15,0	0,025	100	4000	7	11:30	7,00	25,0	0,025	50	2000
8							8	12:00	7,50	25,0	0,025	80	3200
9							9	12:30	8,00	25,0	0,025	103	4120
10							10						

VACIADO 32							VACIADO 35						
Cemento 2/300 kg							Cemento 2/300 kg						
CODIGO 11B							CODIGO 12B						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	09:00	0,0	15,0	0	0	0	0	05:25	0,0	25,0	0	0	0
1	15:30	6,50	16,0	0,5	120	240	1	09:40	4,25	25,0	0,5	37	74
2	16:30	7,50	16,0	0,05	74	1480	2	10:10	4,75	25,0	0,5	60	120
3	17:30	8,50	16,0	0,05	95	1900	3	10:40	5,25	25,0	0,25	63	252
4	18:00	9,00	16,0	0,025	51	2040	4	11:10	5,75	25,0	0,25	88	352
5	18:30	9,50	15,0	0,025	69	2760	5	11:40	6,25	25,0	0,05	81	1620
6	19:00	10,00	15,0	0,025	100	4000	6	12:10	6,75	25,0	0,025	46	1840
7							7	12:40	7,25	25,0	0,025	79	3160
8							8	13:10	7,75	25,0	0,025	105	4200
9							9						
10							10						

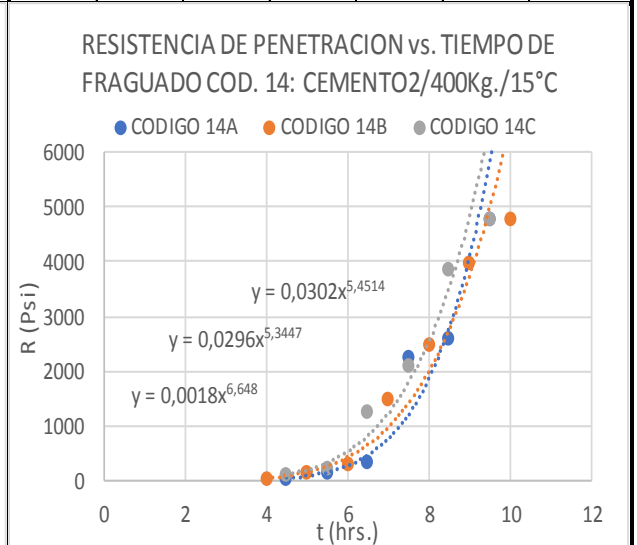
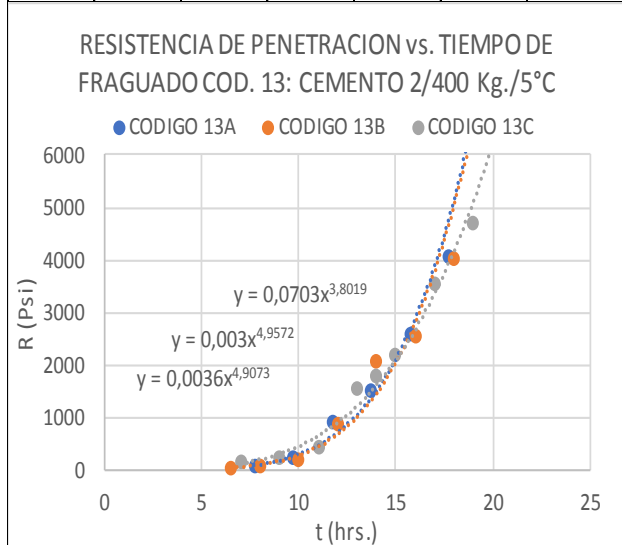
VACIADO 33							VACIADO 36						
Cemento 2/300 kg							Cemento 2/300 kg						
CODIGO 11C							CODIGO 12C						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	09:20	0,0	15,0	0	0	0	0	05:45	0,0	25,0	0	0	0
1	15:30	6,17	16,0	0,5	118	236	1	10:00	4,25	25,0	0,5	35	70
2	16:30	7,17	16,0	0,05	70	1400	2	10:30	4,75	25,0	0,5	71	142
3	17:30	8,17	16,0	0,05	88	1760	3	11:00	5,25	25,0	0,25	68	272
4	18:00	8,67	16,0	0,025	52	2080	4	11:30	5,75	25,0	0,05	45	900
5	18:30	9,17	15,0	0,025	64	2560	5	12:00	6,25	25,0	0,05	73	1460
6	19:00	9,67	15,0	0,025	100	4000	6	12:30	6,75	25,0	0,025	46	1840
7							7	13:00	7,25	25,0	0,025	79	3160
8							8	13:30	7,75	25,0	0,025	113	4520
9							9						
10							10						



VACIADO 37							VACIADO 40						
Cemento 2/400 kg							Cemento 2/400 kg						
CODIGO 13A							CODIGO 14A						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	02:15	0,0	5,0	0	0	0	0	09:00	0,0	15,0	0	0	0
1	10:00	7,75	5,0	0,5	39	78	1	13:30	4,50	16,0	0,5	21	42
2	12:00	9,75	6,0	0,25	52	208	2	14:30	5,50	16,0	0,5	70	140
3	14:00	11,75	5,0	0,05	45	900	3	15:30	6,50	14,0	0,25	86	344
4	16:00	13,75	5,0	0,05	76	1520	4	16:30	7,50	16,0	0,05	112	2240
5	18:00	15,75	4,0	0,025	65	2600	5	17:30	8,50	16,0	0,025	65	2600
6	20:00	17,75	5,0	0,025	102	4080	6	18:30	9,50	15,0	0,025	120	4800
7							7						
8							8						
9							9						
10							10						

VACIADO 38							VACIADO 41						
Cemento 2/400 kg							Cemento 2/400 kg						
CODIGO 13B							CODIGO 14B						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	02:10	0,0	5,0	0	0	0	0	07:20	0,0	15,0	0	0	0
1	08:40	6,50	5,0	0,5	17	34	1	11:20	4,00	16,0	0,5	25	50
2	10:10	8,00	4,0	0,5	41	82	2	12:20	5,00	16,0	0,5	75	150
3	12:10	10,00	5,0	0,5	102	204	3	13:20	6,00	16,0	0,25	75	300
4	14:10	12,00	4,0	0,05	44	880	4	14:20	7,00	16,0	0,05	75	1500
5	16:10	14,00	5,0	0,05	104	2080	5	15:20	8,00	15,0	0,025	62	2480
6	18:10	16,00	4,0	0,025	64	2560	6	16:20	9,00	15,0	0,025	99	3960
7	20:10	18,00	5,0	0,025	101	4040	7	17:20	10,00	15,0	0,025	120	4800
8							8						
9							9						
10							10						

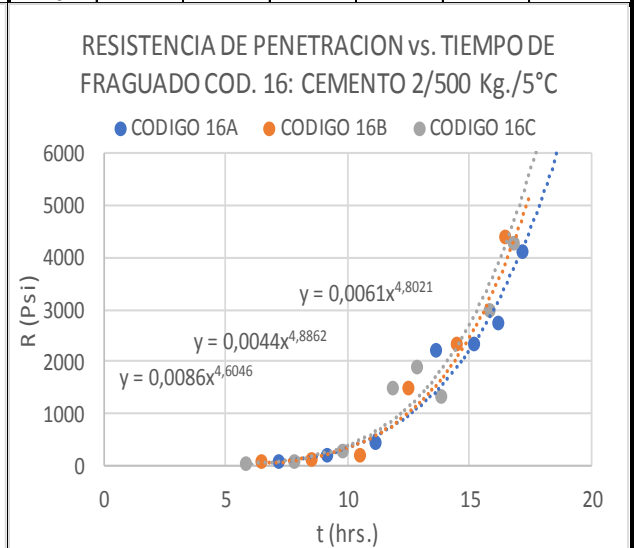
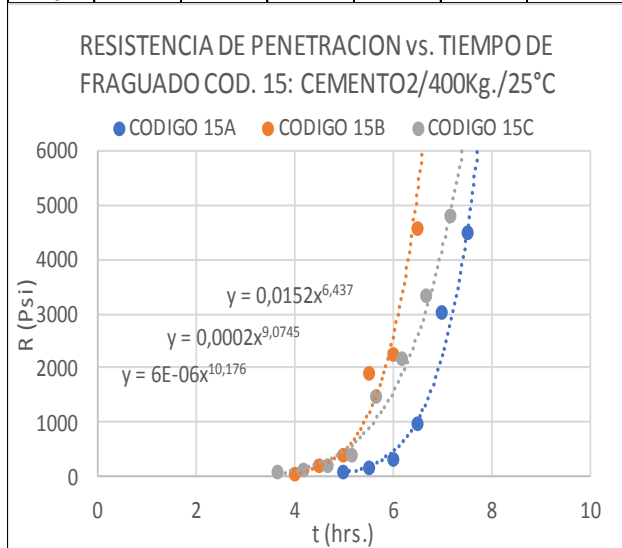
VACIADO 39							VACIADO 42						
Cemento 2/400 kg							Cemento 2/400 kg						
CODIGO 13C							CODIGO 14C						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	01:40	0,0	5,0	0	0	0	0	09:20	0,0	15,0	0	0	0
1	08:40	7,00	5,0	0,5	73	146	1	13:50	4,50	16,0	0,5	56	112
2	10:40	9,00	5,0	0,25	61	244	2	14:50	5,50	16,0	0,5	108	216
3	12:40	11,00	5,0	0,25	104	416	3	15:50	6,50	16,0	0,05	63	1260
4	14:40	13,00	5,0	0,05	77	1540	4	16:50	7,50	16,0	0,05	105	2100
5	15:40	14,00	5,0	0,05	90	1800	5	17:50	8,50	15,0	0,025	97	3880
6	16:40	15,00	5,0	0,025	55	2200	6	18:50	9,50	15,0	0,025	120	4800
7	18:40	17,00	5,0	0,025	89	3560	7						
8	20:40	19,00	5,0	0,025	118	4720	8						
9							9						
10							10						



VACIADO 43 Cemento 2/400 kg CODIGO 15A							VACIADO 46 Cemento 2/500 kg CODIGO 16A						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	06:40	0,0	25,0	0	0	0	0	00:50	0,0	5,0	0	0	0
1	11:40	5,00	25,0	0,5	48	96	1	08:00	7,17	5,0	0,5	40	80
2	12:10	5,50	26,0	0,5	85	170	2	10:00	9,17	4,0	0,5	110	220
3	12:40	6,00	26,0	0,25	78	312	3	12:00	11,17	5,0	0,25	110	440
4	13:10	6,50	26,0	0,05	48	960	4	14:30	13,67	6,0	0,05	110	2200
5	13:40	7,00	26,0	0,025	76	3040	5	16:00	15,17	6,0	0,025	58	2320
6	14:10	7,50	25,0	0,025	112	4480	6	17:00	16,17	5,0	0,025	68	2720
7							7	18:00	17,17	5,0	0,025	103	4120
8							8						
9							9						
10							10						

VACIADO 44 Cemento 2/400 kg CODIGO 15B							VACIADO 47 Cemento 2/500 kg CODIGO 16B						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	06:30	0,0	25,0	0	0	0	0	00:30	0,0	5,0	0	0	0
1	10:30	4,00	25,0	0,5	29	58	1	07:00	6,50	5,0	0,5	30	60
2	11:00	4,50	26,0	0,5	102	204	2	09:00	8,50	5,0	0,5	68	136
3	11:30	5,00	26,0	0,25	99	396	3	11:00	10,50	6,0	0,25	46	184
4	12:00	5,50	26,0	0,05	95	1900	4	13:00	12,50	6,0	0,05	74	1480
5	12:50	6,00	26,0	0,025	56	2240	5	15:00	14,50	4,0	0,025	58	2320
6	13:00	6,50	26,0	0,025	114	4560	6	17:00	16,50	5,0	0,025	110	4400
7							7						
8							8						
9							9						
10							10						

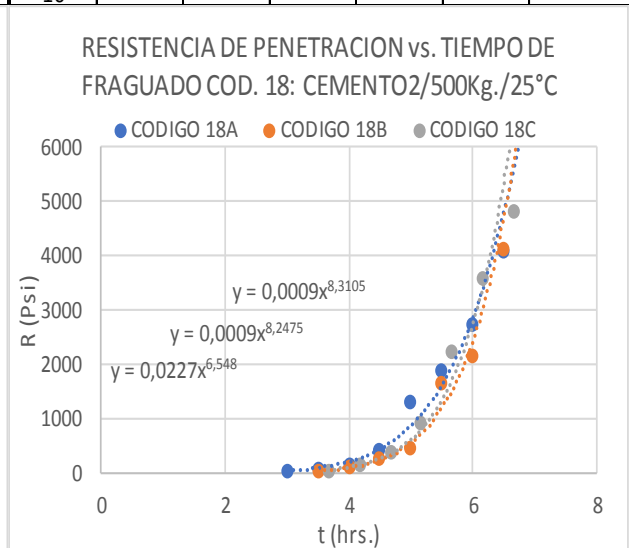
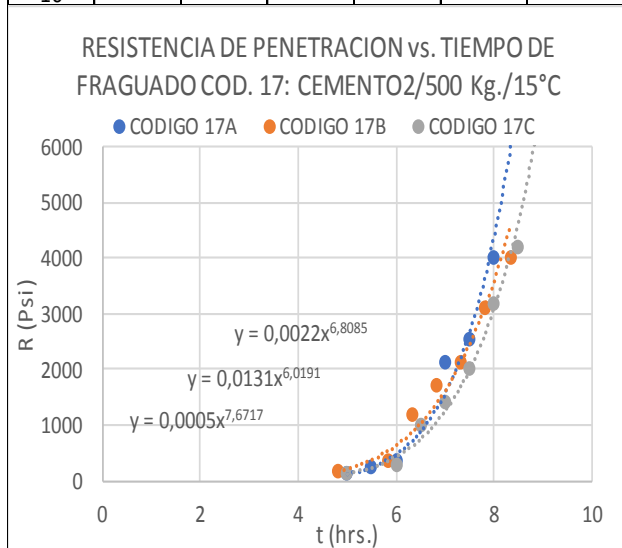
VACIADO 45 Cemento 2/400 kg CODIGO 15C							VACIADO 48 Cemento 2/500 kg CODIGO 16C						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	05:10	0,0	25,0	0	0	0	0	00:40	0,0	5,0	0	0	0
1	08:50	3,67	25,0	0,5	48	96	1	06:30	5,83	6,0	0,5	15	30
2	09:20	4,17	26,0	0,5	69	138	2	08:30	7,83	6,0	0,5	48	96
3	09:50	4,67	26,0	0,5	100	200	3	10:30	9,83	5,0	0,25	74	296
4	10:20	5,17	26,0	0,25	99	396	4	12:30	11,83	5,0	0,05	74	1480
5	10:50	5,67	25,0	0,05	73	1460	5	13:30	12,83	5,0	0,05	95	1900
6	11:20	6,17	25,0	0,025	54	2160	6	14:30	13,83	6,0	0,025	33	1320
7	11:50	6,67	25,0	0,025	83	3320	7	16:30	15,83	5,0	0,025	75	3000
8	12:20	7,17	25,0	0,025	120	4800	8	17:30	16,83	5,0	0,025	107	4280
9							9						
10							10						



VACIADO 49 Cemento 2/500 kg CODIGO 17A							VACIADO 52 Cemento 2/500 kg CODIGO 18A						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	09:10	0,0	15,0	0	0	0	0	05:50	0,0	25,0	0	0	0
1	14:10	5,00	16,0	0,5	65	130	1	08:50	3,00	25,0	0,5	18	36
2	14:40	5,50	16,0	0,25	60	240	2	09:20	3,50	25,0	0,5	39	78
3	15:10	6,00	16,0	0,25	92	368	3	09:50	4,00	25,0	0,5	66	132
4	16:10	7,00	16,0	0,025	53	2120	4	10:20	4,50	25,0	0,25	98	392
5	16:40	7,50	16,0	0,025	64	2560	5	10:50	5,00	25,0	0,05	65	1300
6	17:10	8,00	16,0	0,025	100	4000	6	11:20	5,50	25,0	0,025	47	1880
7							7	11:50	6,00	25,0	0,025	68	2720
8							8	12:20	6,50	25,0	0,025	102	4080
9							9						
10							10						

VACIADO 50 Cemento 2/500 kg CODIGO 17B							VACIADO 53 Cemento 2/500 kg CODIGO 18B						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	09:30	0,0	15,0	0	0	0	0	05:40	0,0	25,0	0	0	0
1	14:20	4,83	15,0	0,5	89	178	1	09:10	3,50	25,0	0,5	12	24
2	15:20	5,83	15,0	0,25	90	360	2	09:40	4,00	25,0	0,5	47	94
3	15:50	6,33	15,0	0,05	59	1180	3	10:10	4,50	25,0	0,25	66	264
4	16:20	6,83	15,0	0,05	85	1700	4	10:40	5,00	25,0	0,25	111	444
5	16:50	7,33	15,0	0,025	53	2120	5	11:10	5,50	25,0	0,05	83	1660
6	17:20	7,83	15,0	0,025	78	3120	6	11:40	6,00	25,0	0,025	54	2160
7	17:50	8,33	15,0	0,025	100	4000	7	12:10	6,50	25,0	0,025	103	4120
8							8						
9							9						
10							10						

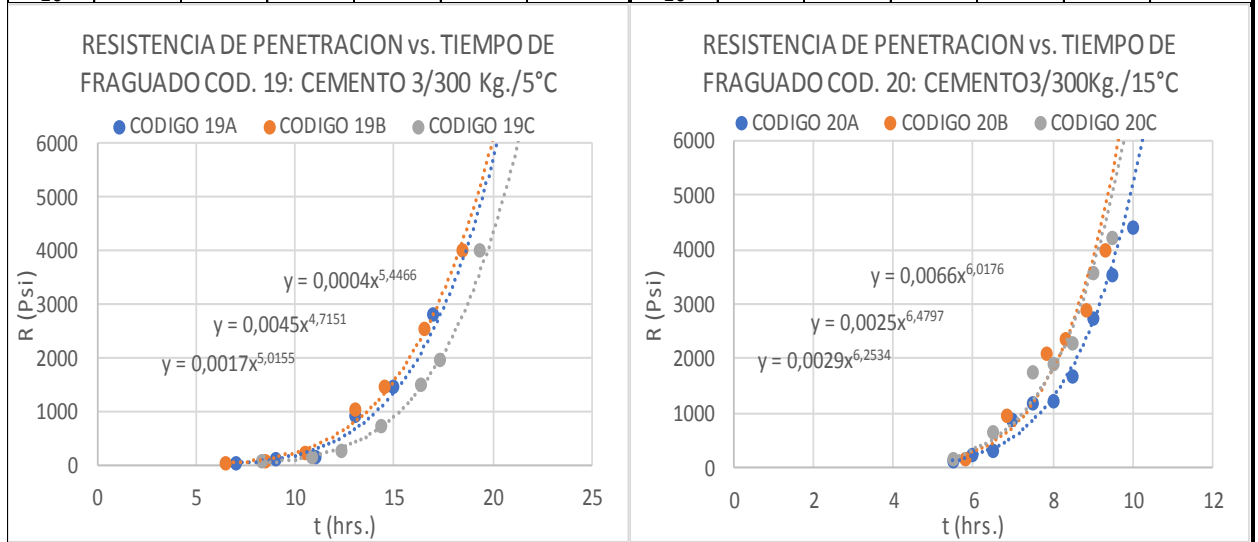
VACIADO 51 Cemento 2/500 kg CODIGO 17C							VACIADO 54 Cemento 2/500 kg CODIGO 18C						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	08:30	0,0	15,0	0	0	0	0	04:50	0,0	25,0	0	0	0
1	13:30	5,00	15,0	0,5	70	140	1	08:30	3,67	25,0	0,5	20	40
2	14:30	6,00	15,0	0,25	68	272	2	09:00	4,17	25,0	0,5	64	128
3	15:00	6,50	15,0	0,05	50	1000	3	09:30	4,67	25,0	0,25	90	360
4	15:30	7,00	15,0	0,05	71	1420	4	10:00	5,17	25,0	0,05	45	900
5	16:00	7,50	15,0	0,05	100	2000	5	10:30	5,67	25,0	0,05	112	2240
6	16:30	8,00	15,0	0,025	80	3200	6	11:00	6,17	25,0	0,025	89	3560
7	17:00	8,50	15,0	0,025	105	4200	7	11:30	6,67	25,0	0,025	120	4800
8							8						
9							9						
10							10						



VACIADO 55 Cemento 3/300 kg CODIGO 19A							VACIADO 58 Cemento 3/300 kg CODIGO 20A						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	01:15	0,0	5,0	0	0	0	0	10:00	0,0	15,0	0	0	0
1	08:15	7,00	5,0	0,5	20	40	1	15:30	5,50	15,0	0,5	47	94
2	10:15	9,00	4,0	0,5	49	98	2	16:00	6,00	15,0	0,25	52	208
3	12:15	11,00	5,0	0,25	33	132	3	16:30	6,50	15,0	0,25	77	308
4	14:15	13,00	5,0	0,05	46	920	4	17:00	7,00	15,0	0,05	43	860
5	16:15	15,00	5,0	0,05	73	1460	5	17:30	7,50	15,0	0,05	59	1180
6	18:15	17,00	5,0	0,025	70	2800	6	18:00	8,00	15,0	0,025	30	1200
7	20:15	19,00	5,0	0,025	113	4520	7	18:30	8,50	15,0	0,025	42	1680
8							8	19:00	9,00	15,0	0,025	68	2720
9							9	19:30	9,50	15,0	0,025	88	3520
10							10	20:00	10,00	15,0	0,025	110	4400

VACIADO 56 Cemento 3/300 kg CODIGO 19B							VACIADO 59 Cemento 3/300 kg CODIGO 20B						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	01:00	0,0	5,0	0	0	0	0	09:40	0,0	15,0	0	0	0
1	07:30	6,50	5,0	0,5	20	40	1	15:30	5,83	16,0	0,5	80	160
2	09:30	8,50	5,0	0,5	40	80	2	16:30	6,83	16,0	0,05	48	960
3	11:30	10,50	6,0	0,25	53	212	3	17:30	7,83	16,0	0,05	105	2100
4	14:00	13,00	5,0	0,05	52	1040	4	18:00	8,33	16,0	0,025	59	2360
5	15:30	14,50	5,0	0,05	73	1460	5	18:30	8,83	15,0	0,025	72	2880
6	17:30	16,50	5,0	0,025	63	2520	6	19:00	9,33	15,0	0,025	100	4000
7	19:30	18,50	5,0	0,025	100	4000	7						
8							8						
9							9						
10							10						

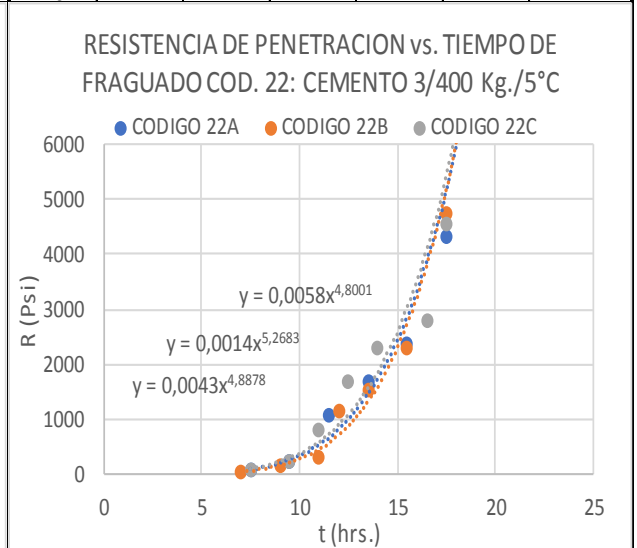
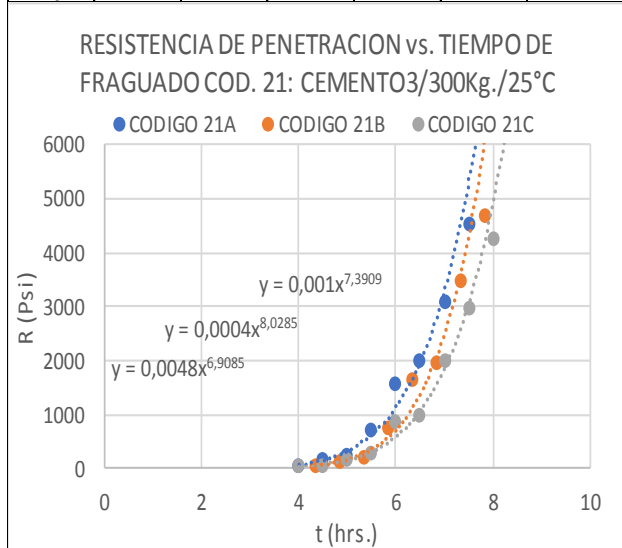
VACIADO 57 Cemento 3/300 kg CODIGO 19C							VACIADO 60 Cemento 3/300 kg CODIGO 20C						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	01:40	0,0	5,0	0	0	0	0	10:00	0,0	15,0	0	0	0
1	10:00	8,33	4,0	0,5	23	46	1	15:30	5,50	16,0	0,5	70	140
2	12:30	10,83	5,0	0,5	61	122	2	16:30	6,50	16,0	0,05	32	640
3	14:00	12,33	5,0	0,25	65	260	3	17:30	7,50	16,0	0,05	88	1760
4	16:00	14,33	5,0	0,05	36	720	4	18:00	8,00	16,0	0,025	47	1880
5	18:00	16,33	5,0	0,05	74	1480	5	18:30	8,50	15,0	0,025	57	2280
6	19:00	17,33	5,0	0,025	49	1960	6	19:00	9,00	15,0	0,025	89	3560
7	21:00	19,33	5,0	0,025	100	4000	7	19:30	9,50	15,0	0,025	105	4200
8							8						
9							9						
10							10						



VACIADO 61 Cemento 3/300 kg CODIGO 21A							VACIADO 64 Cemento 3/400 kg CODIGO 22A						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	06:10	0,0	25,0	0	0	0	0	02:30	0,0	5,0	0	0	0
1	10:10	4,00	25,0	0,5	33	66	1	10:00	7,50	5,0	0,5	33	66
2	10:40	4,50	25,0	0,25	40	160	2	12:00	9,50	6,0	0,25	61	244
3	11:10	5,00	25,0	0,25	61	244	3	14:00	11,50	5,0	0,05	54	1080
4	11:40	5,50	25,0	0,05	36	720	4	16:00	13,50	5,0	0,05	85	1700
5	12:10	6,00	25,0	0,05	78	1560	5	18:00	15,50	4,0	0,025	59	2360
6	12:40	6,50	25,0	0,025	50	2000	6	20:00	17,50	5,0	0,025	108	4320
7	13:10	7,00	25,0	0,025	77	3080	7						
8	13:40	7,50	25,0	0,025	113	4520	8						
9							9						
10							10						

VACIADO 62 Cemento 3/300 kg CODIGO 21B							VACIADO 65 Cemento 3/400 kg CODIGO 22B						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	05:10	0,0	25,0	0	0	0	0	02:40	0,0	5,0	0	0	0
1	09:30	4,33	25,0	0,5	24	48	1	09:40	7,00	5,0	0,5	21	42
2	10:00	4,83	25,0	0,5	59	118	2	11:40	9,00	4,0	0,5	68	136
3	10:30	5,33	25,0	0,25	56	224	3	13:40	11,00	5,0	0,25	80	320
4	11:00	5,83	25,0	0,05	38	760	4	14:40	12,00	4,0	0,05	58	1160
5	11:30	6,33	25,0	0,05	82	1640	5	16:10	13,50	5,0	0,05	77	1540
6	12:00	6,83	25,0	0,025	49	1960	6	18:10	15,50	4,0	0,025	57	2280
7	12:30	7,33	25,0	0,025	87	3480	7	20:10	17,50	5,0	0,025	119	4760
8	13:00	7,83	25,0	0,025	117	4680	8						
9							9						
10							10						

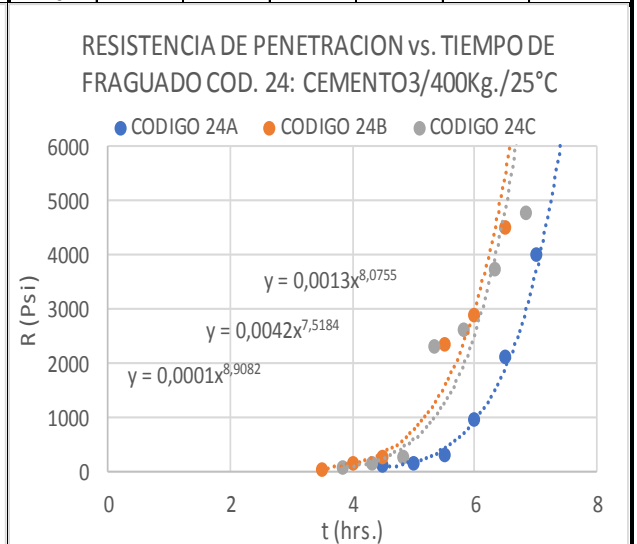
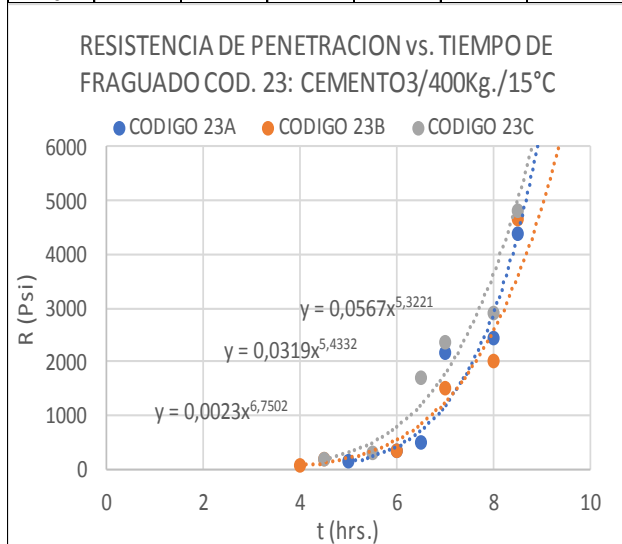
VACIADO 63 Cemento 3/300 kg CODIGO 21C							VACIADO 66 Cemento 3/400 kg CODIGO 22C						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	06:00	0,0	25,0	0	0	0	0	02:40	0,0	5,0	0	0	0
1	10:00	4,00	25,0	0,5	17	34	1	10:10	7,50	5,0	0,5	36	72
2	10:30	4,50	25,0	0,5	25	50	2	12:10	9,50	5,0	0,25	60	240
3	11:00	5,00	25,0	0,5	77	154	3	13:40	11,00	5,0	0,05	40	800
4	11:30	5,50	25,0	0,25	72	288	4	15:10	12,50	5,0	0,05	85	1700
5	12:00	6,00	25,0	0,05	44	880	5	16:40	14,00	5,0	0,025	57	2280
6	12:30	6,50	25,0	0,025	25	1000	6	19:10	16,50	5,0	0,025	70	2800
7	13:00	7,00	25,0	0,025	50	2000	7	20:10	17,50	5,0	0,025	114	4560
8	13:30	7,50	25,0	0,025	74	2960	8						
9	14:00	8,00	25,0	0,025	106	4240	9						
10							10						



VACIADO 67 Cemento 3/400 kg CODIGO 23A							VACIADO 70 Cemento 3/400 kg CODIGO 24A						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	08:30	0,0	15,0	0	0	0	0	07:05	0,0	25,0	0	0	0
1	13:30	5,00	14,0	0,5	68	136	1	11:35	4,50	25,0	0,5	48	96
2	14:30	6,00	14,0	0,25	83	332	2	12:05	5,00	26,0	0,5	78	156
3	15:00	6,50	15,0	0,25	127	508	3	12:35	5,50	26,0	0,25	72	288
4	15:30	7,00	15,0	0,05	108	2160	4	13:05	6,00	26,0	0,05	48	960
5	16:30	8,00	16,0	0,025	61	2440	5	13:35	6,50	26,0	0,025	53	2120
6	17:00	8,50	15,0	0,025	110	4400	6	14:05	7,00	25,0	0,025	100	4000
7							7						
8							8						
9							9						
10							10						

VACIADO 68 Cemento 3/400 kg CODIGO 23B							VACIADO 71 Cemento 3/400 kg CODIGO 24B						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	08:00	0,0	15,0	0	0	0	0	07:30	0,0	25,0	0	0	0
1	12:00	4,00	16,0	0,5	25	50	1	11:00	3,50	25,0	0,5	26	52
2	12:30	4,50	16,0	0,5	85	170	2	11:30	4,00	25,0	0,5	73	146
3	14:00	6,00	16,0	0,25	88	352	3	12:00	4,50	26,0	0,25	69	276
4	15:00	7,00	16,0	0,05	75	1500	4	13:00	5,50	26,0	0,05	118	2360
5	16:00	8,00	15,0	0,025	50	2000	5	13:30	6,00	25,0	0,025	72	2880
6	16:30	8,50	16,0	0,025	116	4640	6	14:00	6,50	25,0	0,025	113	4520
7							7						
8							8						
9							9						
10							10						

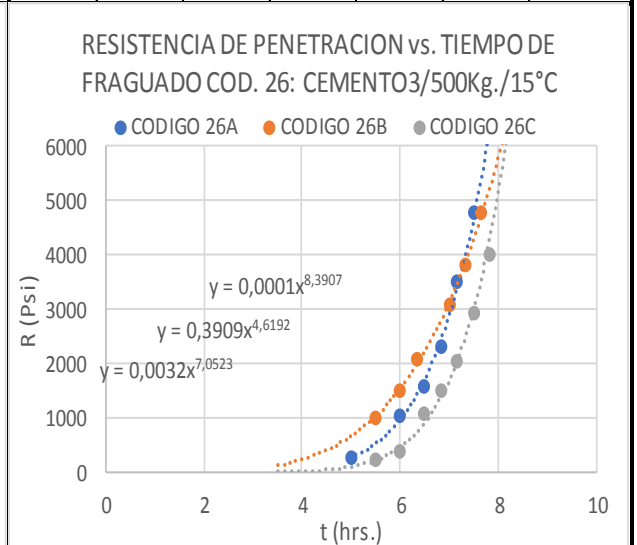
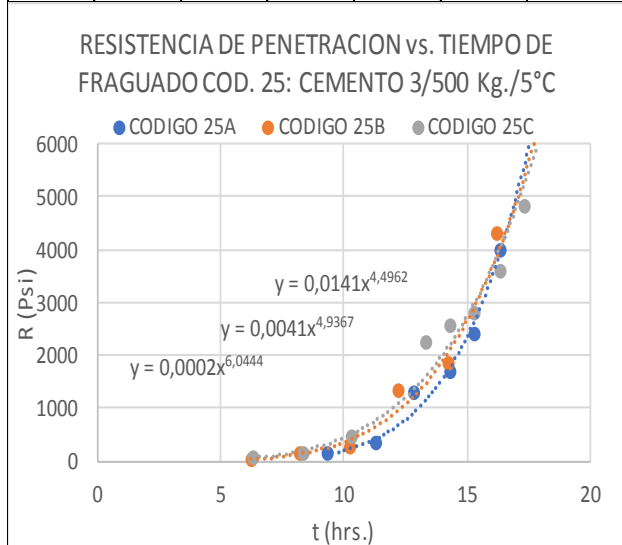
VACIADO 69 Cemento 3/400 kg CODIGO 23C							VACIADO 72 Cemento 3/400 kg CODIGO 24C						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	10:40	0,0	15,0	0	0	0	0	06:00	0,0	25,0	0	0	0
1	15:10	4,50	16,0	0,5	96	192	1	09:50	3,83	26,0	0,5	36	72
2	16:10	5,50	16,0	0,25	76	304	2	10:20	4,33	26,0	0,5	70	140
3	17:10	6,50	16,0	0,05	85	1700	3	10:50	4,83	25,0	0,25	66	264
4	17:40	7,00	15,0	0,025	59	2360	4	11:20	5,33	25,0	0,05	115	2300
5	18:40	8,00	15,0	0,025	73	2920	5	11:50	5,83	25,0	0,025	66	2640
6	19:10	8,50	15,0	0,025	120	4800	6	12:20	6,33	26,0	0,025	94	3760
7							7	12:50	6,83	25,0	0,025	120	4800
8							8						
9							9						
10							10						



VACIADO 73							VACIADO 76						
Cemento 3/500 kg							Cemento 3/500 kg						
CODIGO 25A							CODIGO 26A						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	00:40	0,0	5,0	0	0	0	0	09:50	0,0	15,0	0	0	0
1	10:00	9,33	4,0	0,5	68	136	1	14:50	5,00	16,0	0,25	67	268
2	12:00	11,33	5,0	0,25	86	344	2	15:50	6,00	16,0	0,05	52	1040
3	13:30	12,83	6,0	0,05	64	1280	3	16:20	6,50	16,0	0,05	80	1600
4	15:00	14,33	6,0	0,05	84	1680	4	16:40	6,83	16,0	0,05	115	2300
5	16:00	15,33	5,0	0,025	60	2400	5	17:00	7,16	16,0	0,025	88	3520
6	17:00	16,33	5,0	0,025	100	4000	6	17:20	7,50	16,0	0,025	120	4800
7							7						
8							8						
9							9						
10							10						

VACIADO 74							VACIADO 77						
Cemento 3/500 kg							Cemento 3/500 kg						
CODIGO 25B							CODIGO 26B						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	00:45	0,0	5,0	0	0	0	0	09:50	0,0	15,0	0	0	0
1	07:00	6,25	5,0	0,5	21	42	1	15:20	5,50	15,0	0,05	51	1020
2	09:00	8,25	5,0	0,5	62	124	2	15:50	6,00	15,0	0,05	75	1500
3	11:00	10,25	6,0	0,25	69	276	3	16:10	6,33	15,0	0,025	52	2080
4	13:00	12,25	6,0	0,05	67	1340	4	16:50	7,00	15,0	0,025	77	3080
5	15:00	14,25	4,0	0,025	46	1840	5	17:10	7,33	15,0	0,025	95	3800
6	17:00	16,25	5,0	0,025	108	4320	6	17:30	7,66	15,0	0,025	120	4800
7							7						
8							8						
9							9						
10							10						

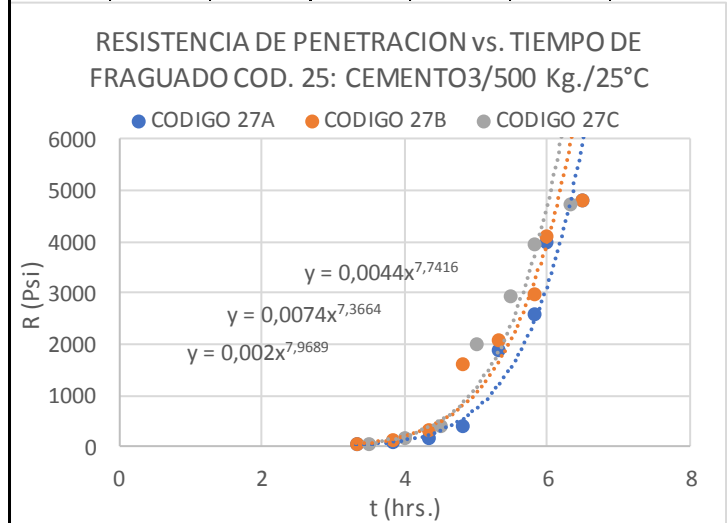
VACIADO 75							VACIADO 78						
Cemento 3/500 kg							Cemento 3/500 kg						
CODIGO 25C							CODIGO 26C						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]	# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	00:10	0,0	5,0	0	0	0	0	09:30	0,0	15,0	0	0	0
1	06:30	6,33	6,0	0,5	32	64	1	15:00	5,50	15,0	0,25	55	220
2	08:30	8,33	6,0	0,5	77	154	2	15:30	6,00	15,0	0,25	100	400
3	10:30	10,33	5,0	0,25	114	456	3	16:00	6,50	15,0	0,05	54	1080
4	13:30	13,33	5,0	0,05	113	2260	4	16:20	6,83	15,0	0,05	76	1520
5	14:30	14,33	5,0	0,025	64	2560	5	16:40	7,16	15,0	0,025	51	2040
6	15:30	15,33	6,0	0,025	70	2800	6	17:00	7,50	15,0	0,025	73	2920
7	16:30	16,33	5,0	0,025	90	3600	7	17:20	7,83	15,0	0,025	100	4000
8	17:30	17,33	5,0	0,025	120	4800	8						
9							9						
10							10						



VACIADO 79 Cimento 3/500 kg CODIGO 27A						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	06:20	0,0	25,0	0	0	0
1	09:40	3,33	25,0	0,5	19	38
2	10:10	3,83	25,0	0,5	40	80
3	10:40	4,33	25,0	0,5	79	158
4	11:10	4,83	25,0	0,25	104	416
5	11:40	5,33	25,0	0,05	94	1880
6	12:10	5,83	25,0	0,025	65	2600
7	12:20	6,00	25,0	0,025	100	4000
8	12:50	6,50	25,0	0,025	120	4800
9						
10						

VACIADO 80 Cimento 3/500 kg CODIGO 27B						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	06:40	0,0	25,0	0	0	0
1	10:00	3,33	25,0	0,5	22	44
2	10:30	3,83	25,0	0,25	31	124
3	11:00	4,33	25,0	0,25	84	336
4	11:30	4,83	25,0	0,05	81	1620
5	12:00	5,33	25,0	0,05	103	2060
6	12:30	5,83	25,0	0,025	74	2960
7	12:40	6,00	25,0	0,025	103	4120
8	13:10	6,50	25,0	0,025	120	4800
9						
10						

VACIADO 81 Cimento 3/500 kg CODIGO 27C						
# Lectura	Hora	t [hrs]	T [°C]	A [in2]	Fp [lbs]	Rp [lbf/in2]
0	05:40	0,0	25,0	0	0	0
1	09:10	3,50	25,0	0,5	35	70
2	09:40	4,00	25,0	0,5	87	174
3	10:10	4,50	25,0	0,25	102	408
4	10:40	5,00	25,0	0,05	101	2020
5	11:10	5,50	25,0	0,025	73	2920
6	11:30	5,83	25,0	0,025	99	3960
7	12:00	6,33	25,0	0,025	118	4720
8						
9						
10						



ANEXO L

GRAFICAS DE TEMPERATURA vs TIEMPO DE FRAGUADO

- GRAFICAS DE TEMPERATURA vs TIEMPO DE FRAGUADO CEMENTO 1
- GRAFICAS DE TEMPERATURA vs TIEMPO DE FRAGUADO CEMENTO 2
- GRAFICAS DE TEMPERATURA vs TIEMPO DE FRAGUADO CEMENTO 3

GRAFICAS DE TEMPERATURA vs TIEMPO DE FRAGUADO CEMENTO 1

Gráfico L-1

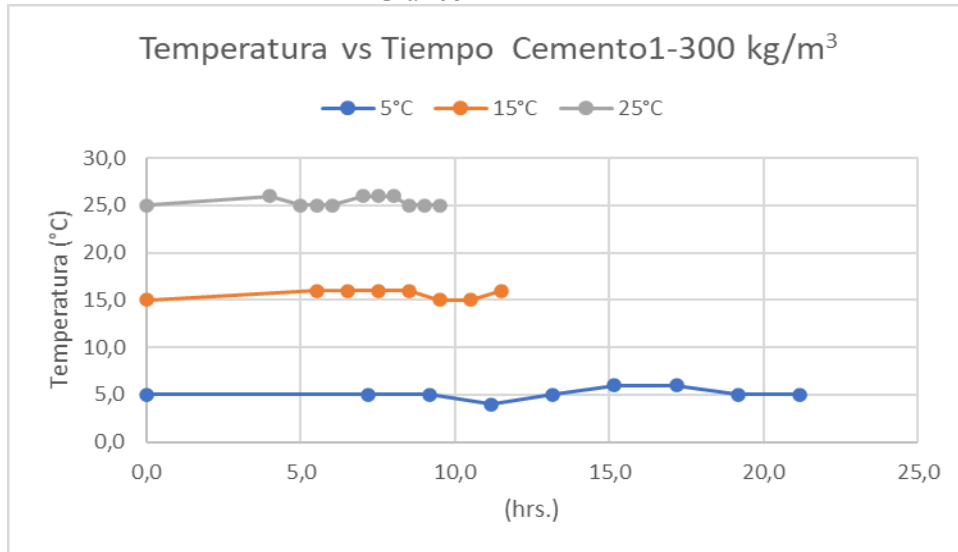


Gráfico L-2

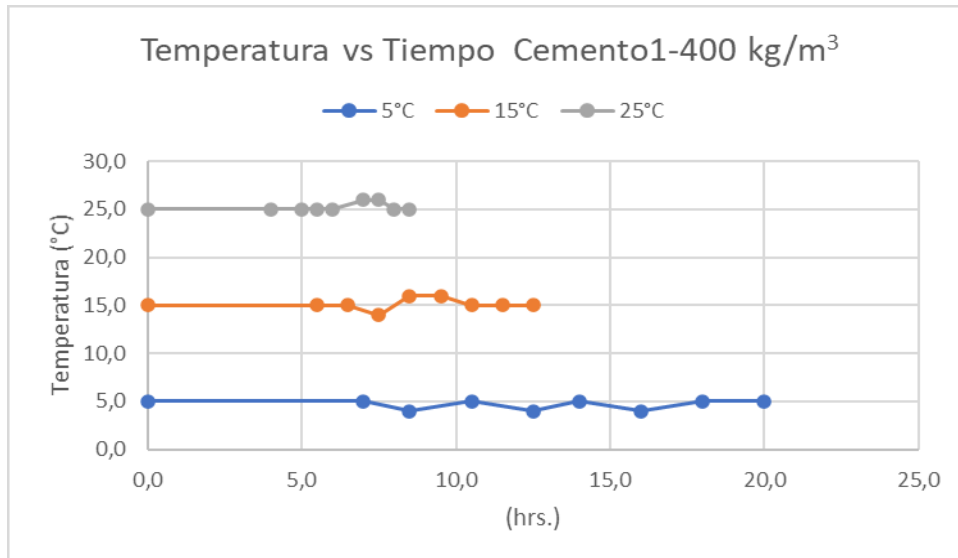
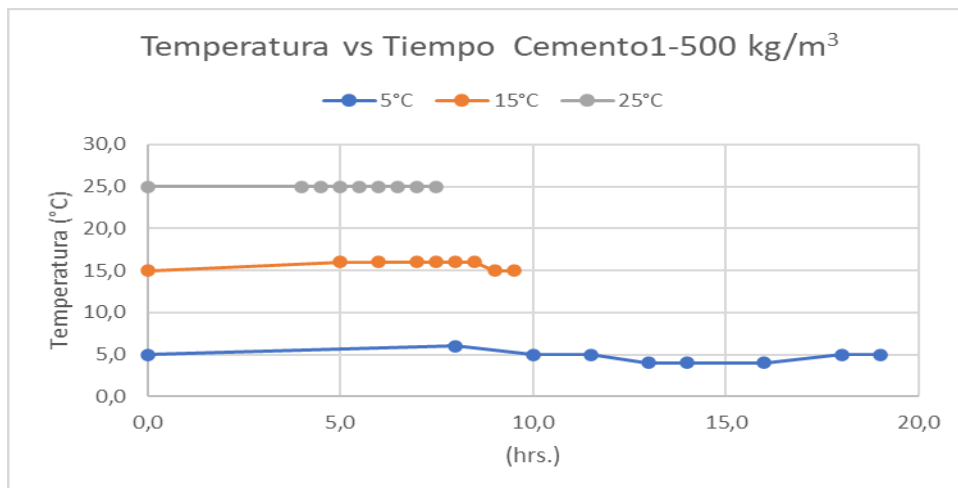


Gráfico L-3



GRAFICAS DE TEMPERATURA vs TIEMPO DE FRAGUADO CEMENTO 2

Gráfico L-4

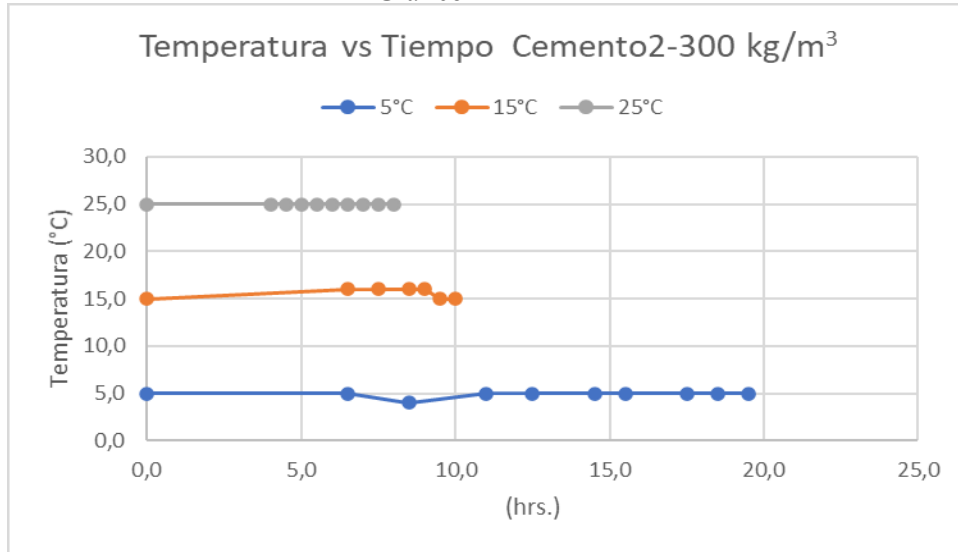


Gráfico L-5

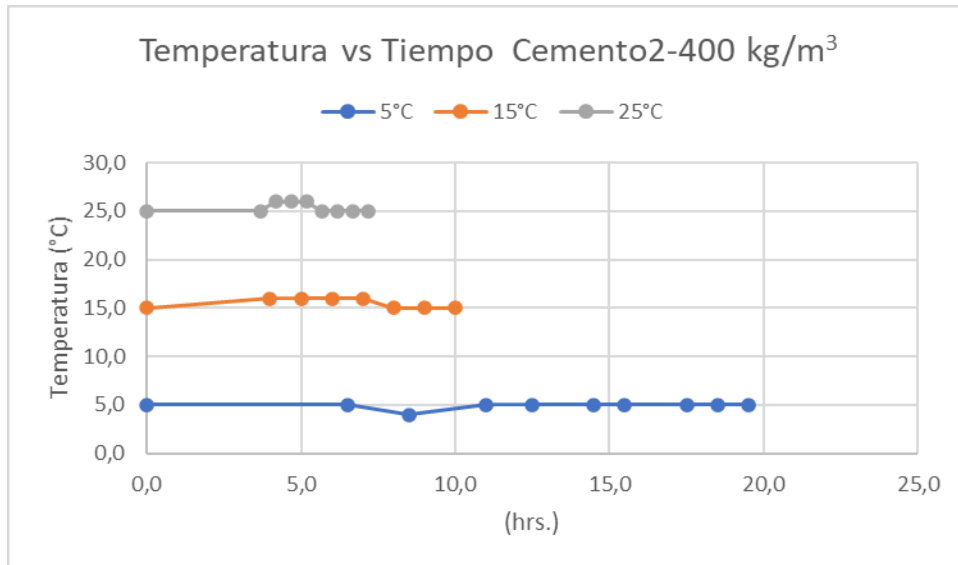
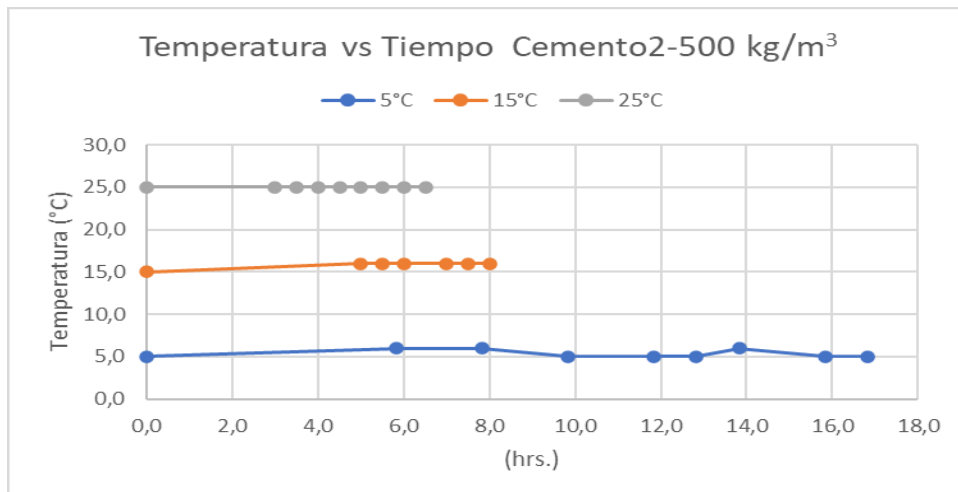


Gráfico L-6



GRAFICAS DE TEMPERATURA vs TIEMPO DE FRAGUADO CEMENTO 3

Gráfico L-7

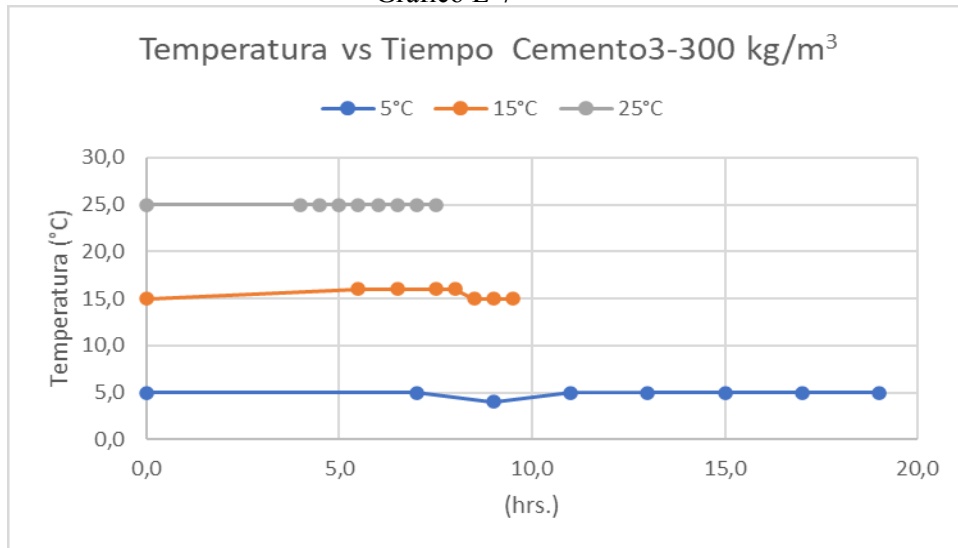


Gráfico L-8

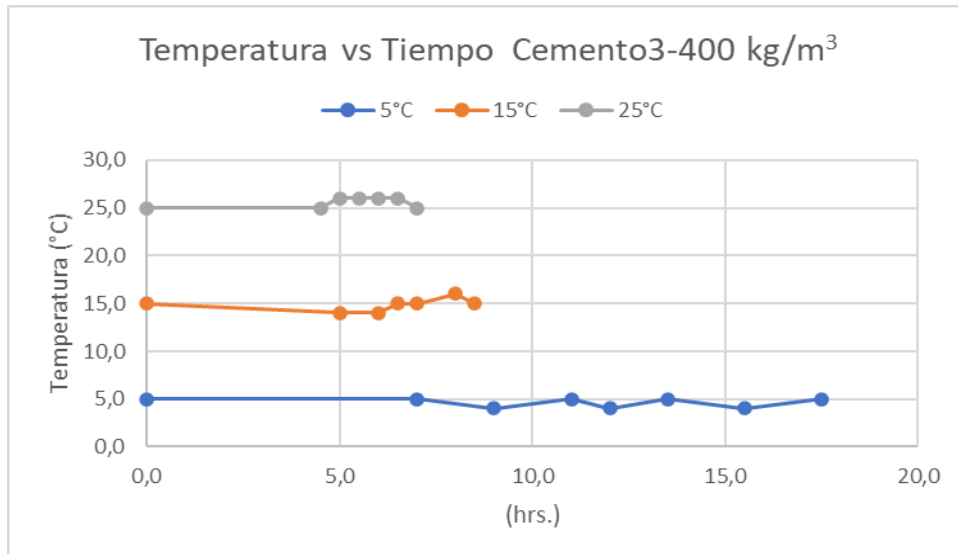
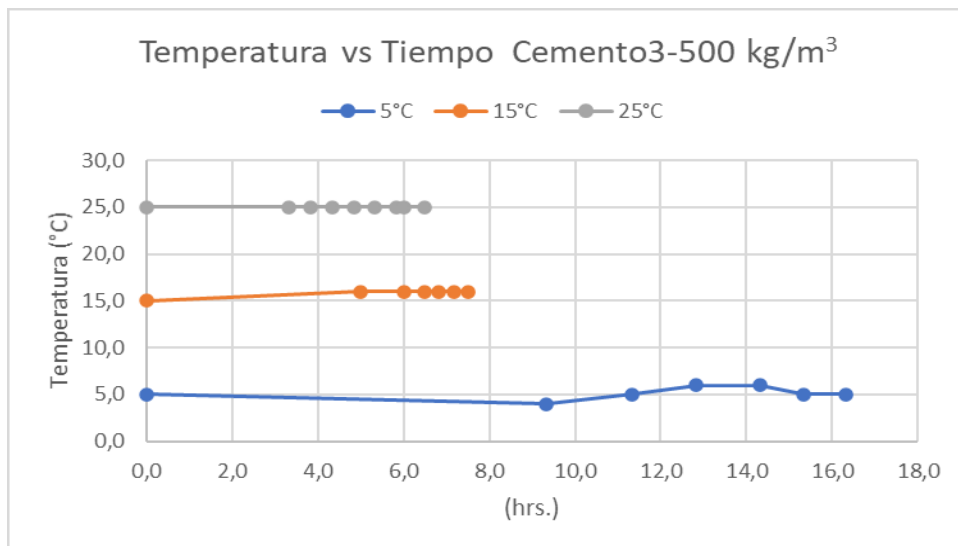


Gráfico L-9



ANEXO M

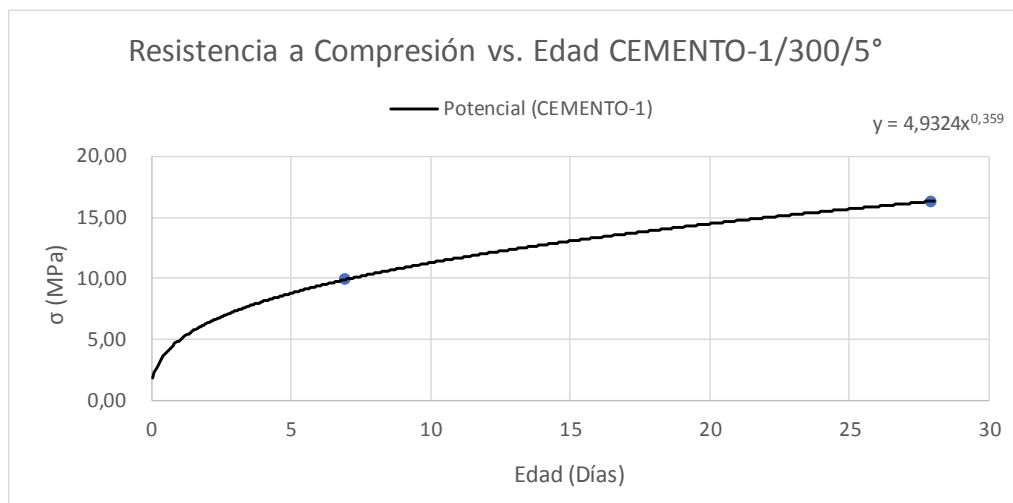
RESISTENCIAS A COMPRESION

RESISTENCIA MEDIA A COMPRESION CEMENTO-1.

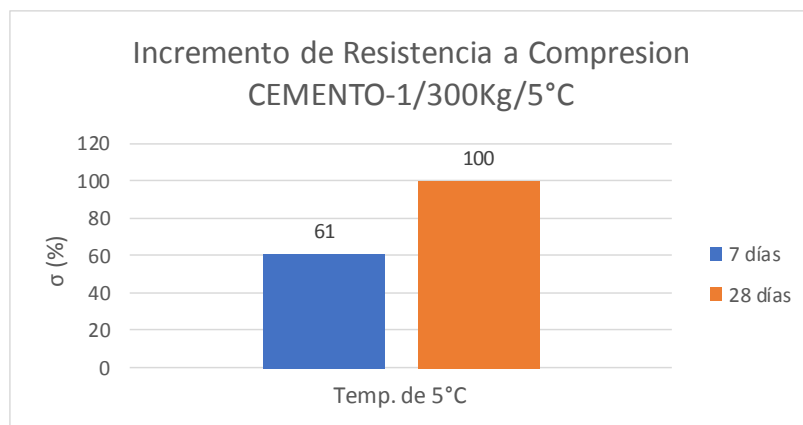
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-1 Consumo de Cemento: 300 kg.
 ITEM: 1 Temperatura Ambiente: 5°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
1A	3	7	11,47	9,92
1B	3		10,90	
1C	3		11,20	
1A	3	28	17,93	16,32
1B	3		18,20	
1C	3		18,60	



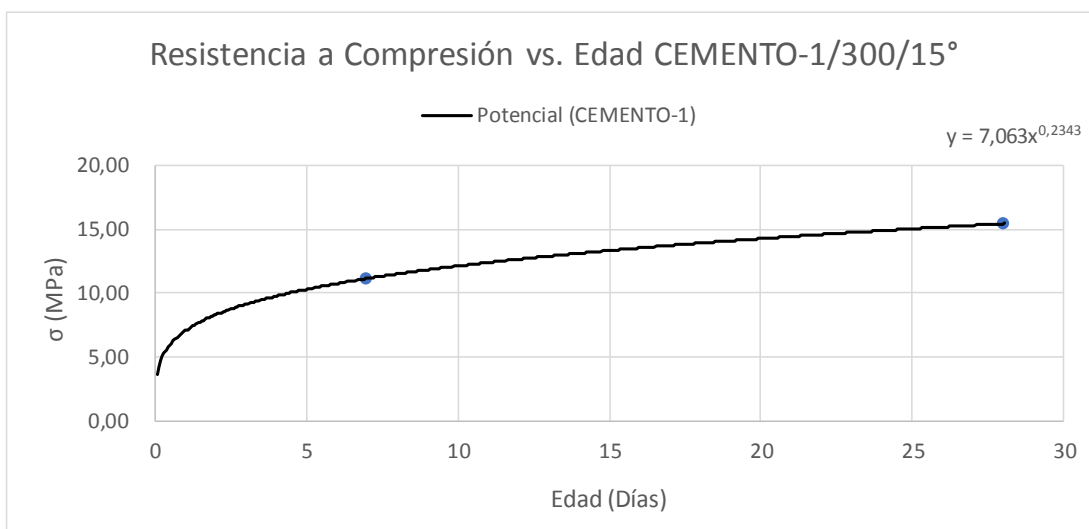
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	9,92	61
28 días	16,32	100



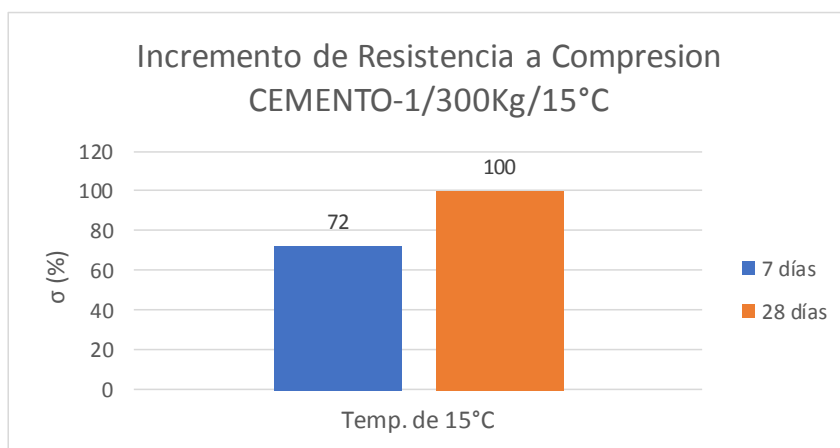
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-1 Consumo de Cemento: 300 kg.
 ITEM: 2 Temperatura Ambiente: 15°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
2A	3	7	12,84	11,14
2B	3		16,09	
2C	3		12,24	
2A	3	28	19,00	15,42
2B	3		17,90	
2C	3		16,94	



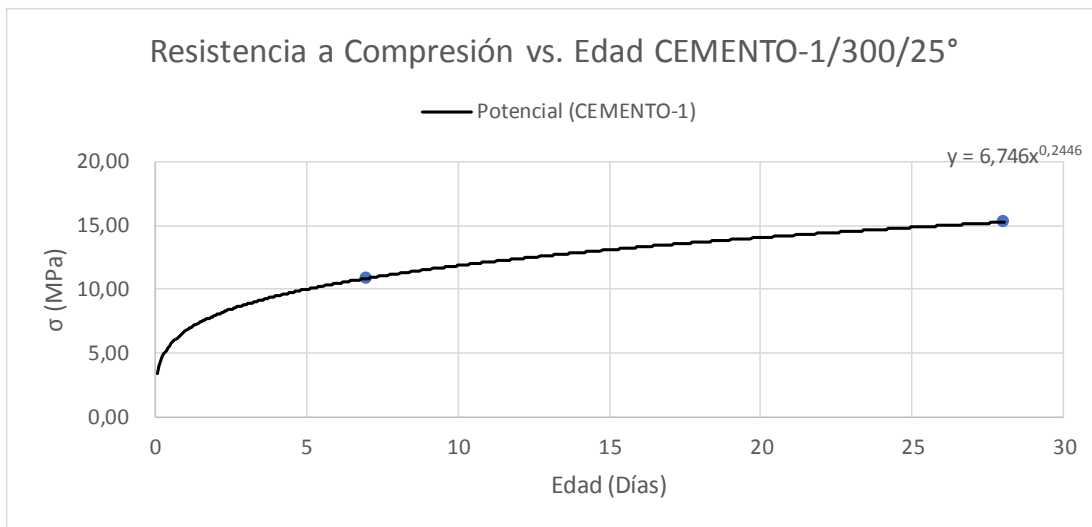
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	11,14	72
28 días	15,42	100



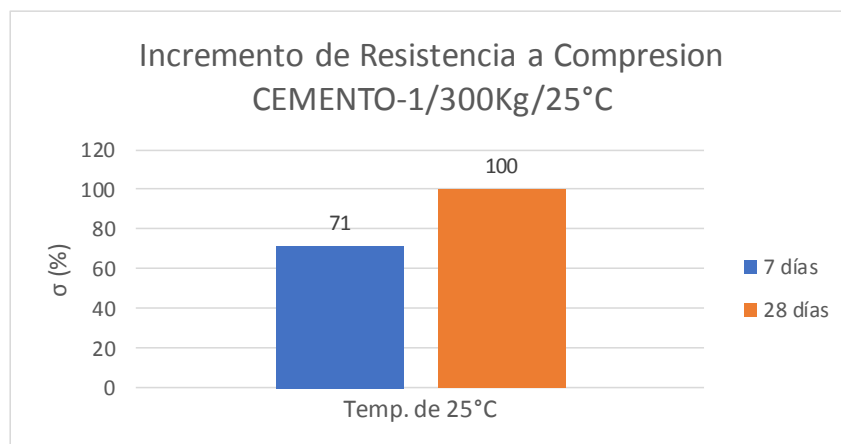
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-1 Consumo de Cemento: 300 kg.
 ITEM: 3 Temperatura Ambiente: 25°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
3A	3	7	13,30	10,86
3B	3		12,31	
3C	3		11,93	
3A	3	28	17,96	15,24
3B	3		16,75	
3C	3		17,03	



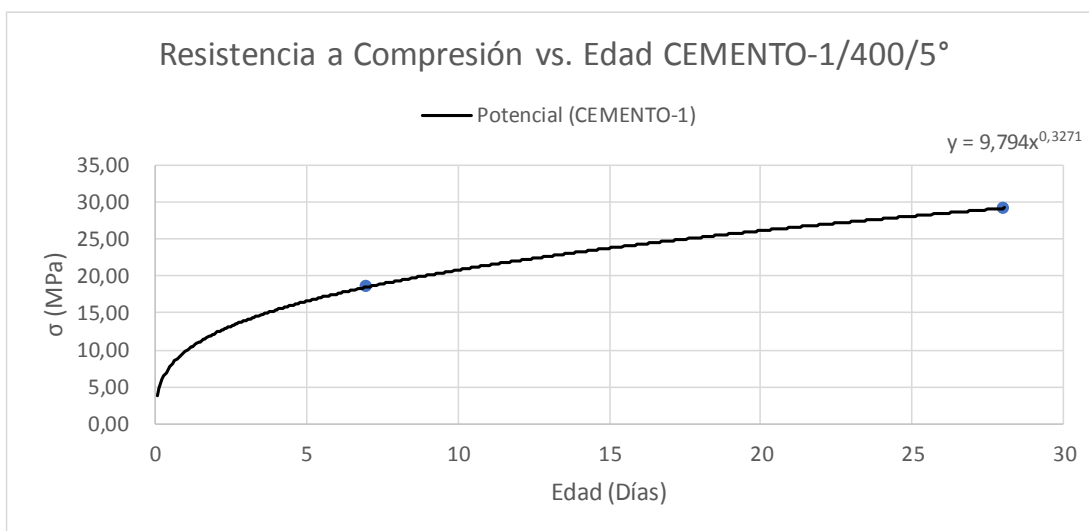
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	10,86	71
28 días	15,24	100



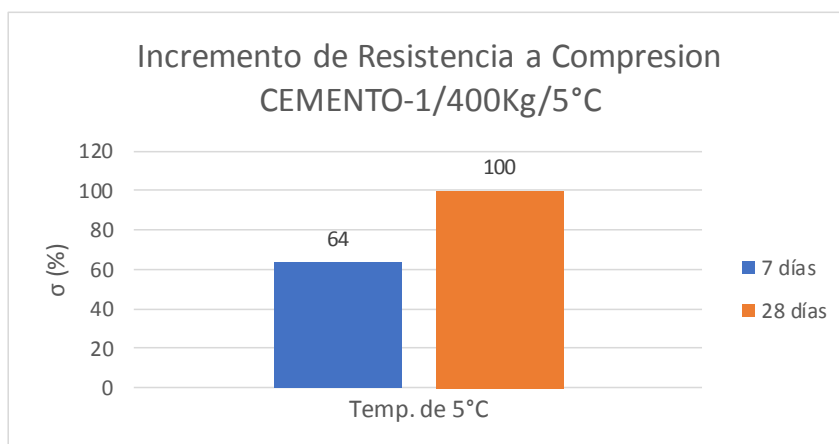
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-1 Consumo de Cemento: 400 kg.
 ITEM: 4 Temperatura Ambiente: 5°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
4A	3	7	20,34	18,51
4B	3		21,03	
4C	3		21,90	
4A	3	28	32,01	29,13
4B	3		33,67	
4C	3		32,91	



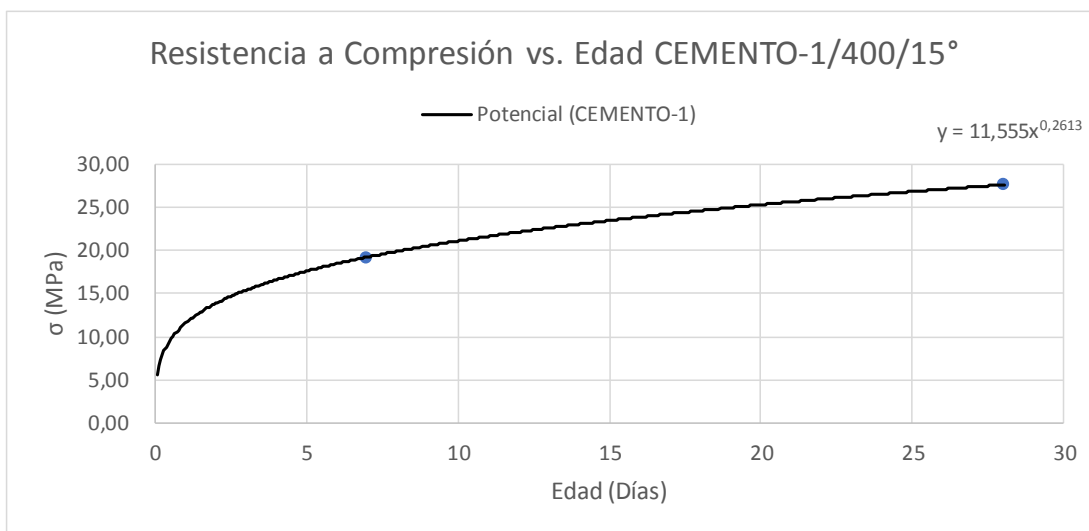
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	18,51	64
28 días	29,13	100



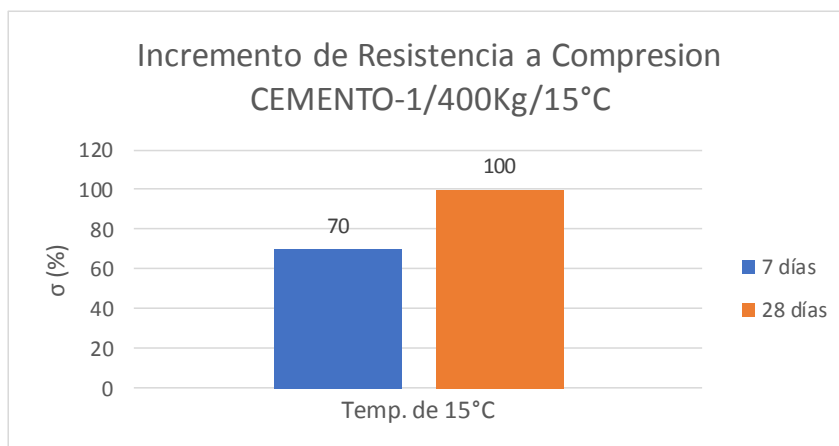
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-1 Consumo de Cemento: 400 kg.
 ITEM: 5 Temperatura Ambiente: 15°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
5A	3	7	21,11	19,21
5B	3		22,81	
5C	3		21,64	
5A	3	28	30,33	27,60
5B	3		31,02	
5C	3		30,74	



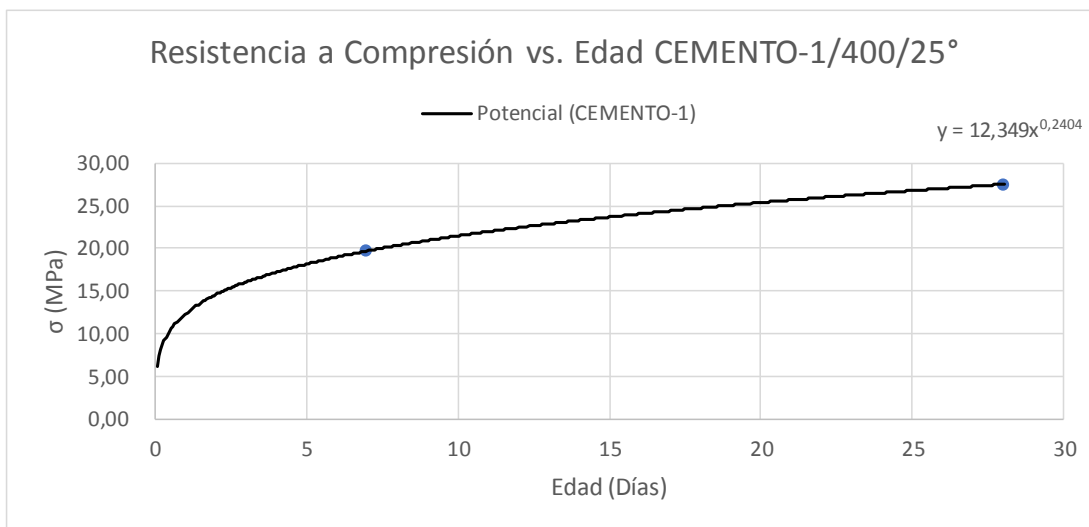
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	19,21	70
28 días	27,60	100



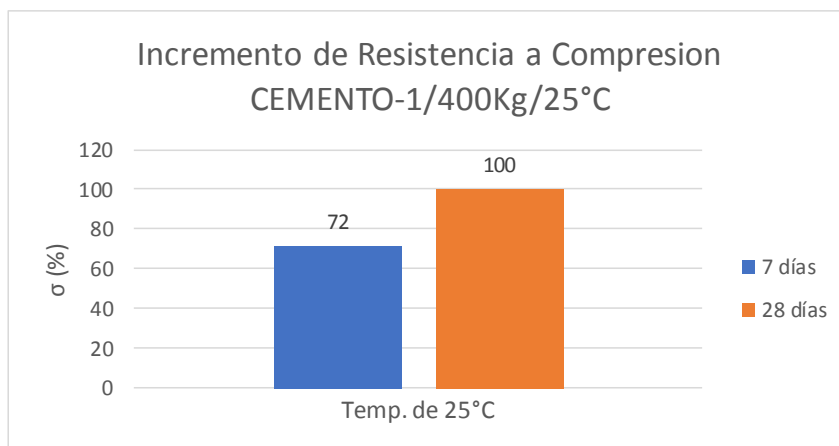
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-1 Consumo de Cemento: 400 kg.
 ITEM: 6 Temperatura Ambiente: 25°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
6A	3	7	21,66	19,71
6B	3		22,00	
6C	3		22,89	
6A	3	28	30,23	27,51
6B	3		30,56	
6C	3		31,25	



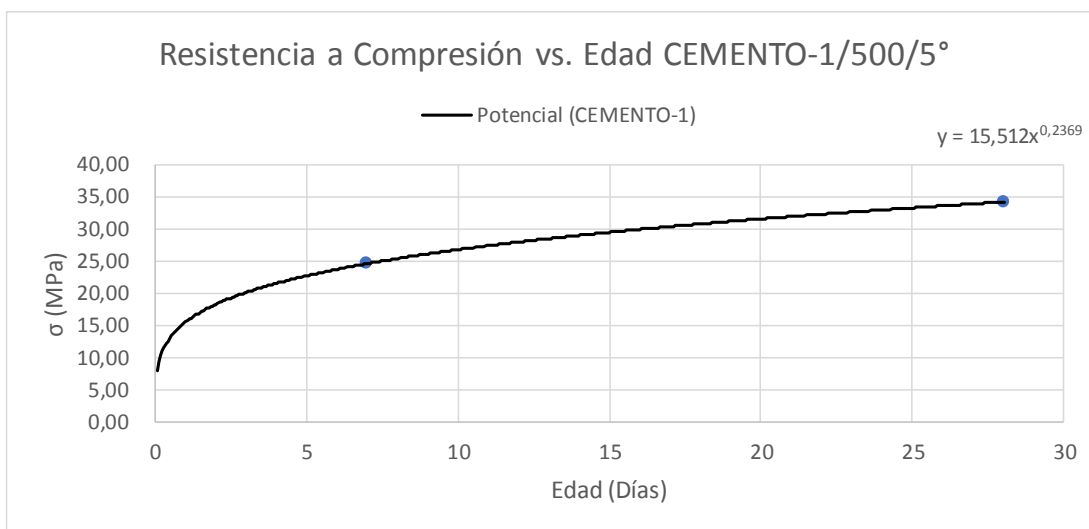
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	19,71	72
28 días	27,51	100



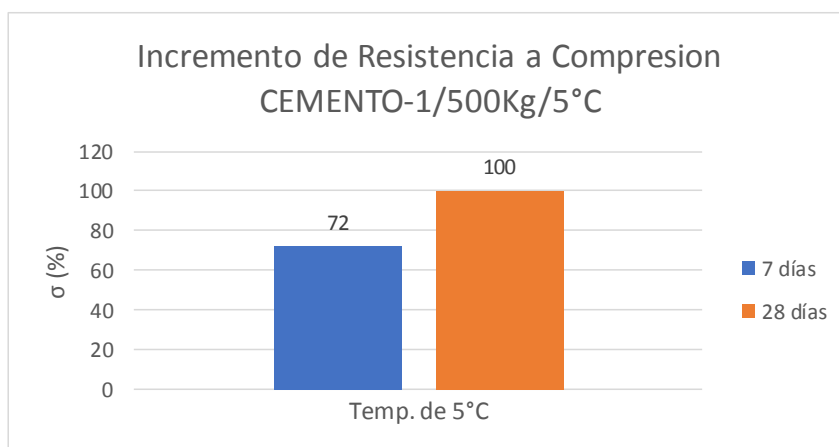
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-1 Consumo de Cemento: 500 kg.
 ITEM: 7 Temperatura Ambiente: 5°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
7A	3	7	27,03	24,60
7B	3		27,94	
7C	3		28,60	
7A	3	28	37,54	34,16
7B	3		38,47	
7C	3		38,14	



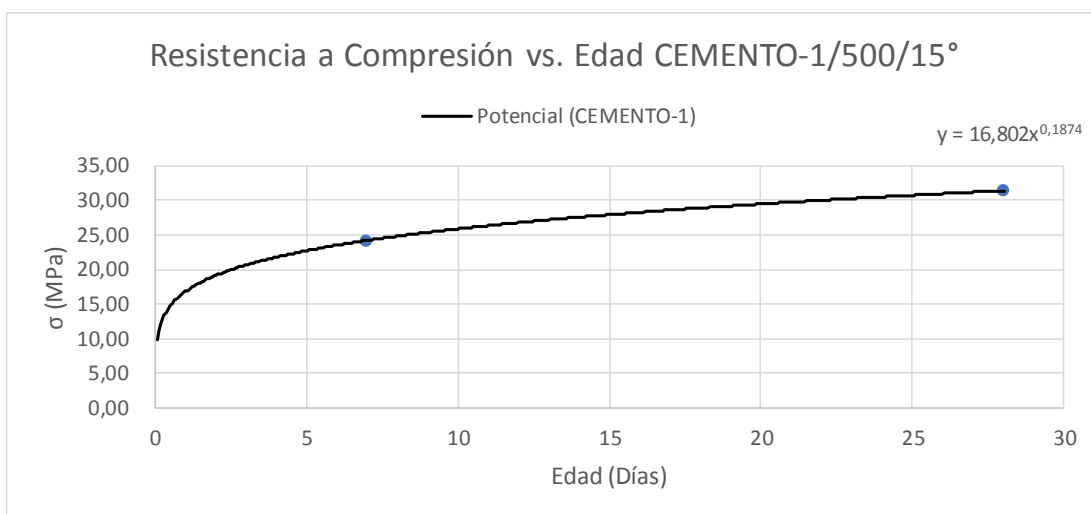
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	24,60	72
28 días	34,16	100



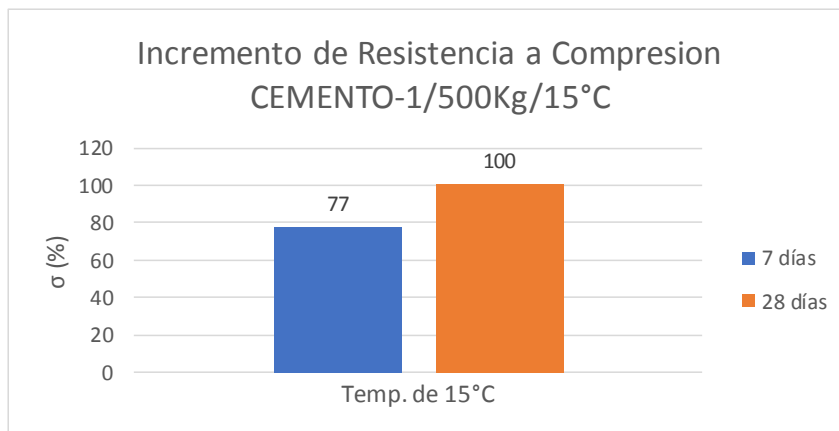
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-1 Consumo de Cemento: 500 kg.
 ITEM: 8 Temperatura Ambiente: 15°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
8A	3	7	28,18	24,20
8B	3		26,97	
8C	3		26,59	
8A	3	28	35,84	31,38
8B	3		34,48	
8C	3		36,90	



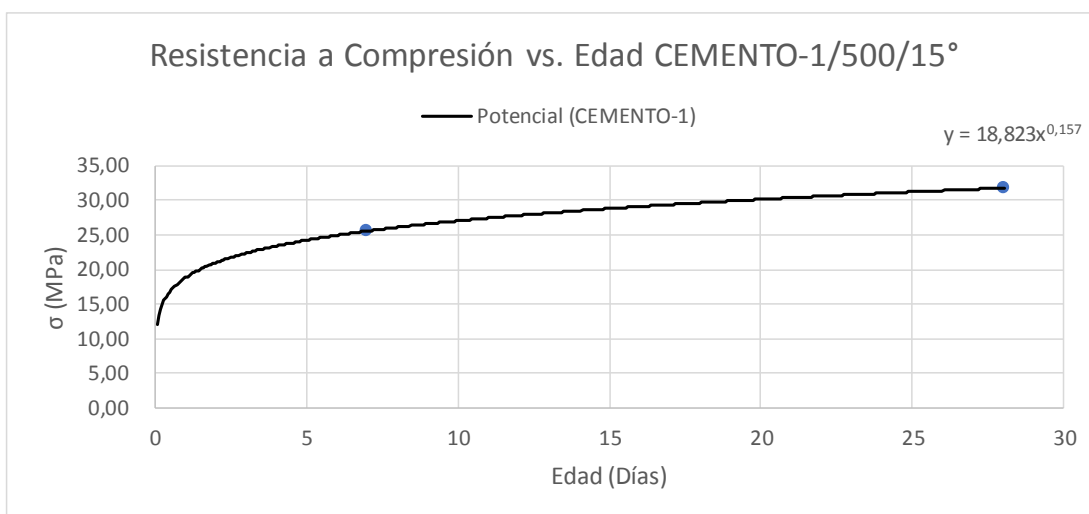
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	24,20	77
28 días	31,38	100



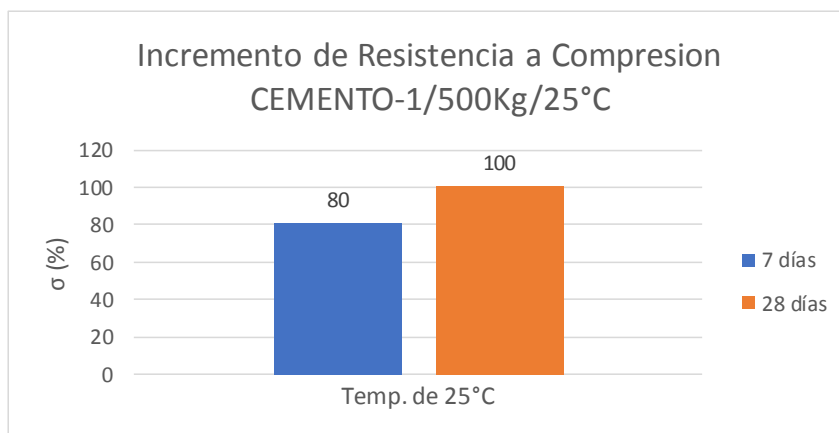
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-1 Consumo de Cemento: 500 kg.
 ITEM: 9 Temperatura Ambiente: 25°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
9A	3	7	28,07	25,55
9B	3		30,56	
9C	3		29,28	
9A	3	28	36,13	31,76
9B	3		35,41	
9C	3		34,90	

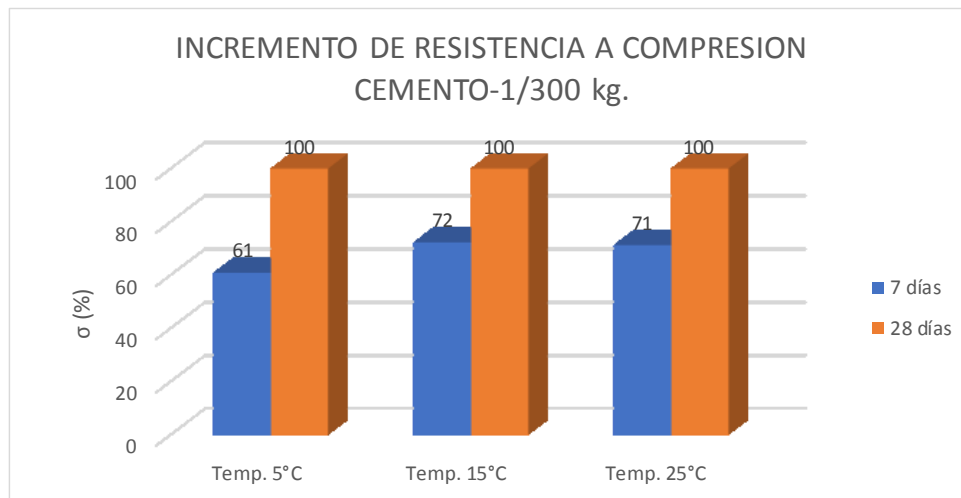


INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	25,55	80
28 días	31,76	100

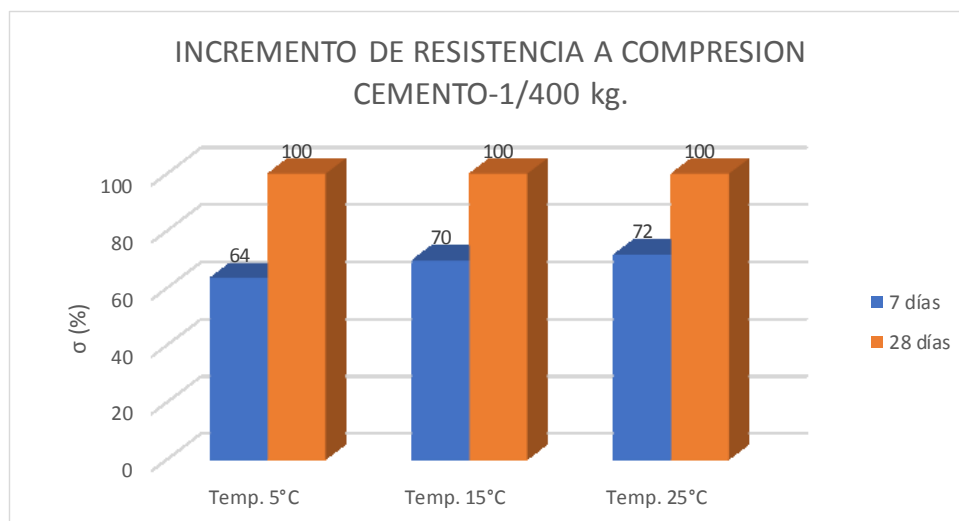


RESUMEN RESISTENCIA MEDIA A COMPRESION CEMENTO-1 PARA CADA TEMPERATURA DE FRAGUADO.

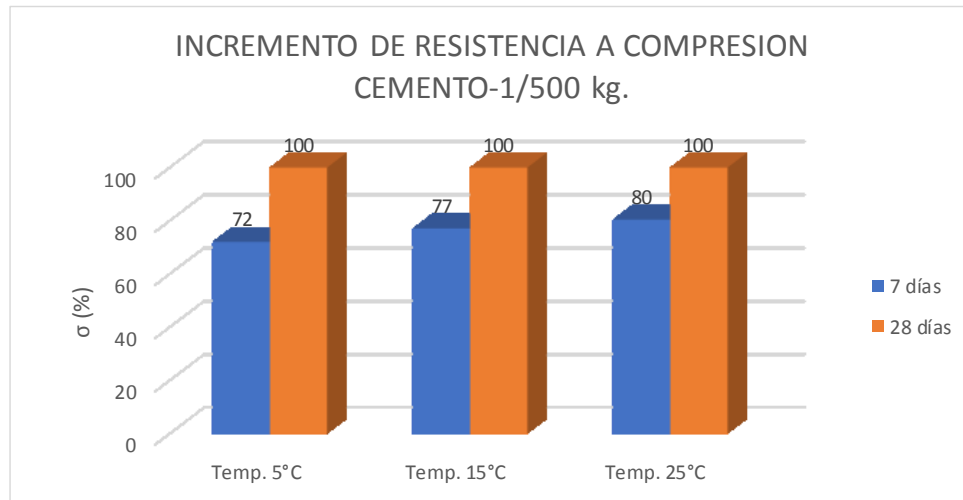
CEMENTO-1		300 kg				
Edad	Temp. 5°C		Temp. 15°C		Temp. 25°C	
	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	9,92	61	11,14	72	10,86	71
28 días	16,32	100	15,42	100	15,24	100



CEMENTO-1		400 kg				
Edad	Temp. 5°C		Temp. 15°C		Temp. 25°C	
	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	18,51	64	19,21	70	19,71	72
28 días	29,13	100	27,60	100	27,51	100



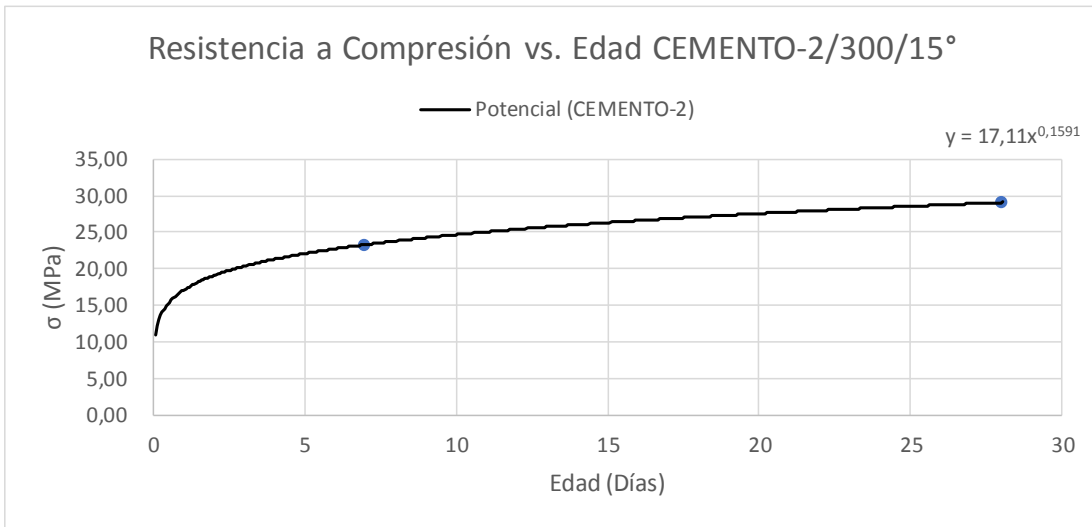
CEMENTO-1		500 kg				
Edad	Temp. 5°C		Temp. 15°C		Temp. 25°C	
	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	24,60	72	24,20	77	25,55	80
28 días	34,16	100	31,38	100	31,76	100



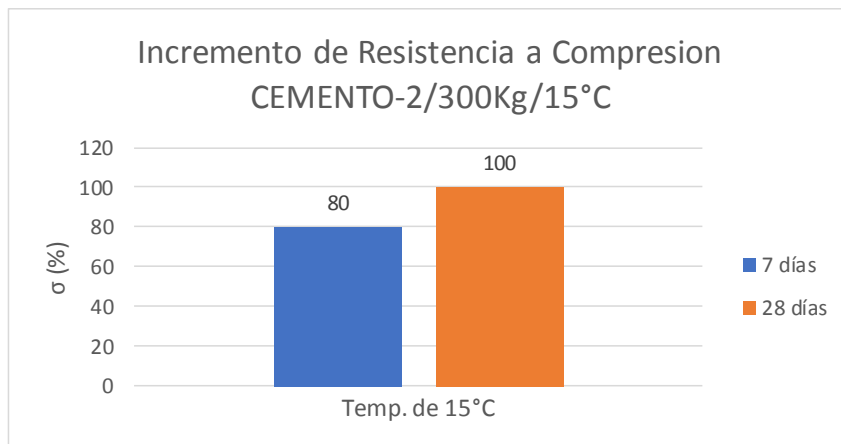
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-2 Consumo de Cemento: 300 kg.
 ITEM: 11 Temperatura Ambiente: 15°C

Nro. de Item	Nº Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
11A	3	7	25,99	23,32
11B	3		27,63	
11C	3		25,63	
11A	3	28	31,95	29,07
11B	3		32,57	
11C	3		33,95	



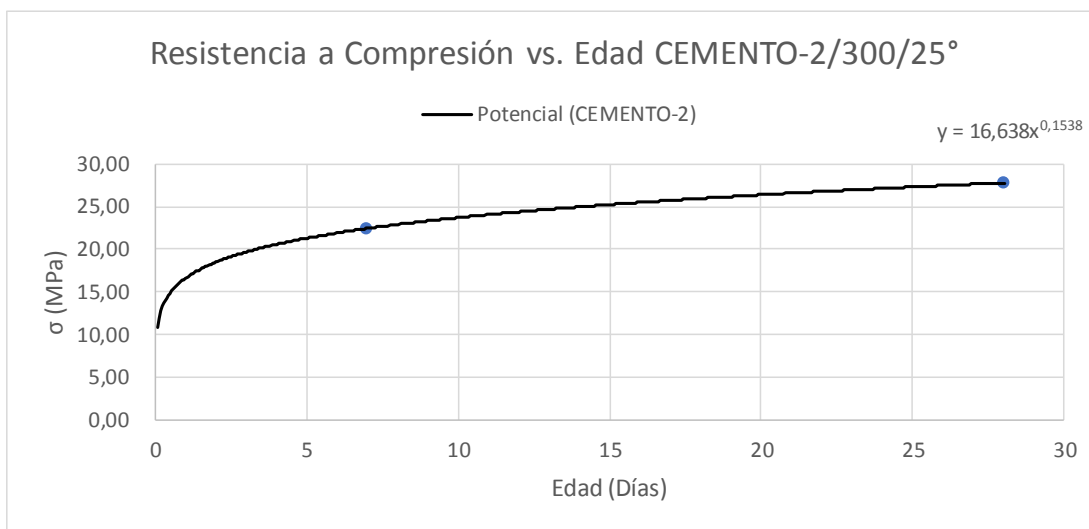
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	23,32	80
28 días	29,07	100



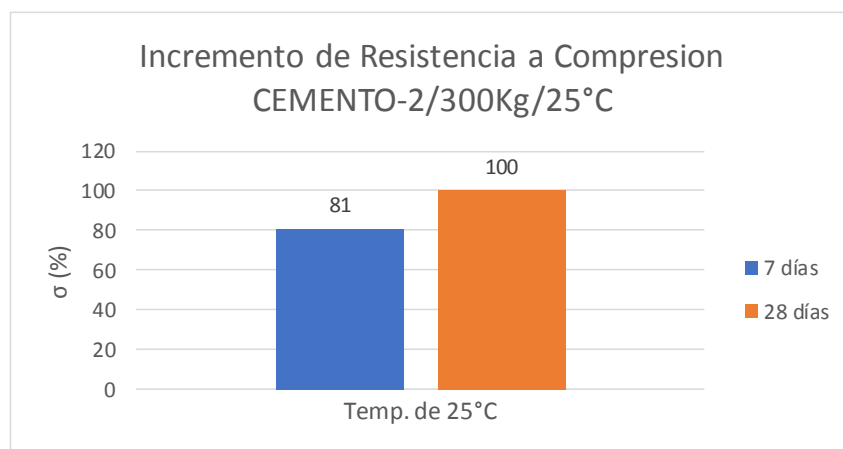
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-2 Consumo de Cemento: 300 kg.
 ITEM: 12 Temperatura Ambiente: 25°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
12A	3	7	28,09	22,45
12B	3		24,67	
12C	3		26,67	
12A	3	28	31,24	27,78
12B	3		30,53	
12C	3		32,62	



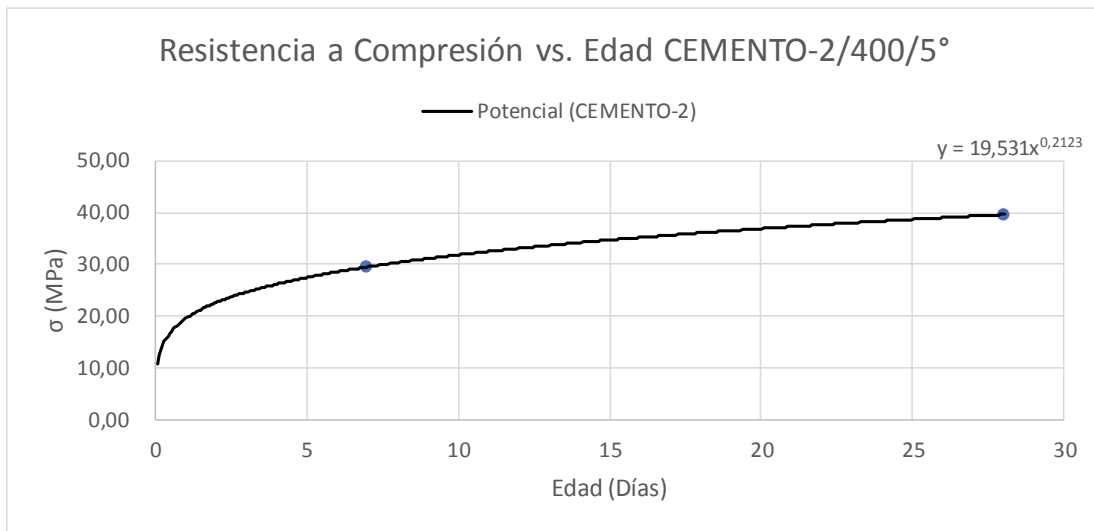
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	22,45	81
28 días	27,78	100



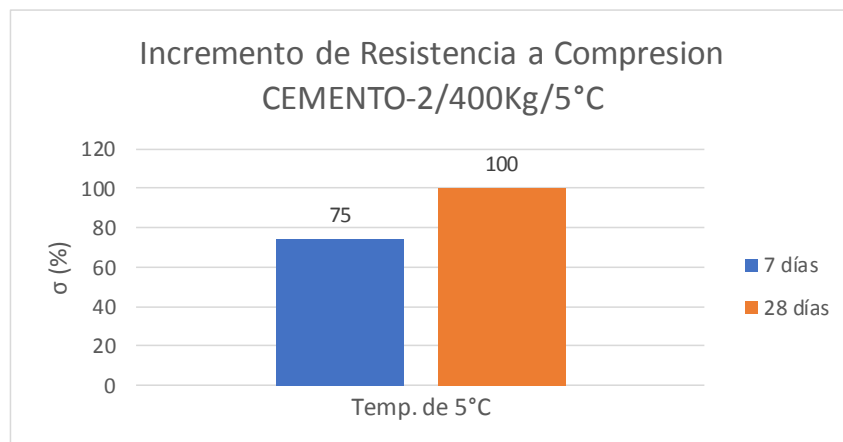
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-2 Consumo de Cemento: 400 kg.
 ITEM: 13 Temperatura Ambiente: 5°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
13A	3	7	32,44	29,52
13B	3		33,04	
13C	3		32,89	
13A	3	28	45,34	39,62
13B	3		44,66	
13C	3		43,54	



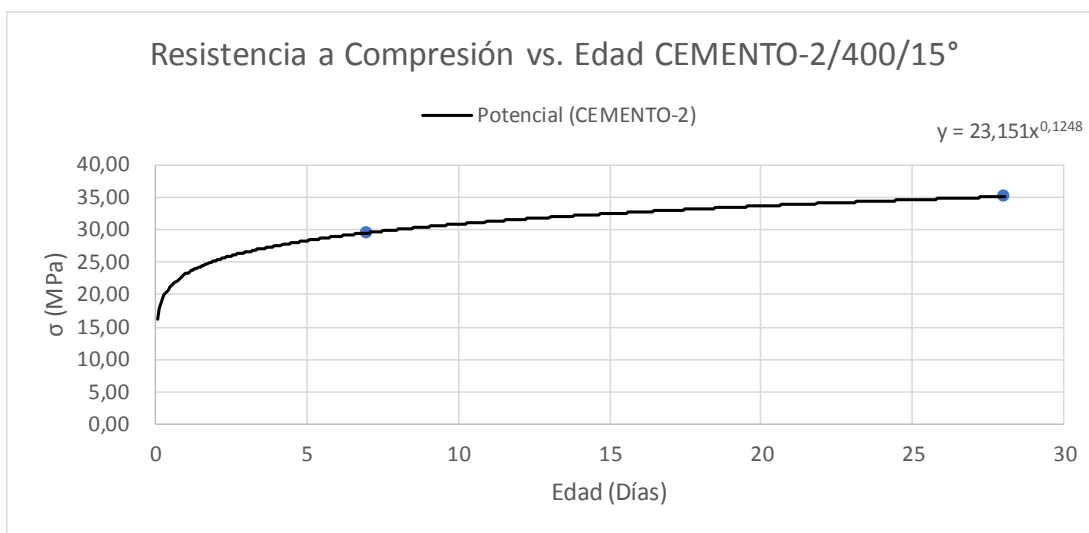
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	29,52	75
28 días	39,62	100



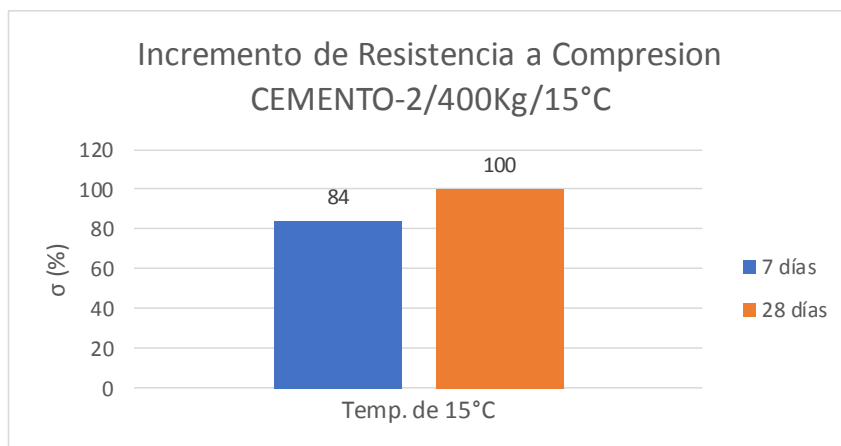
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-2 Consumo de Cemento: 400 kg.
 ITEM: 14 Temperatura Ambiente: 15°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
14A	3	7	32,50	29,51
14B	3		32,43	
14C	3		33,02	
14A	3	28	38,56	35,09
14B	3		39,63	
14C	3		38,91	



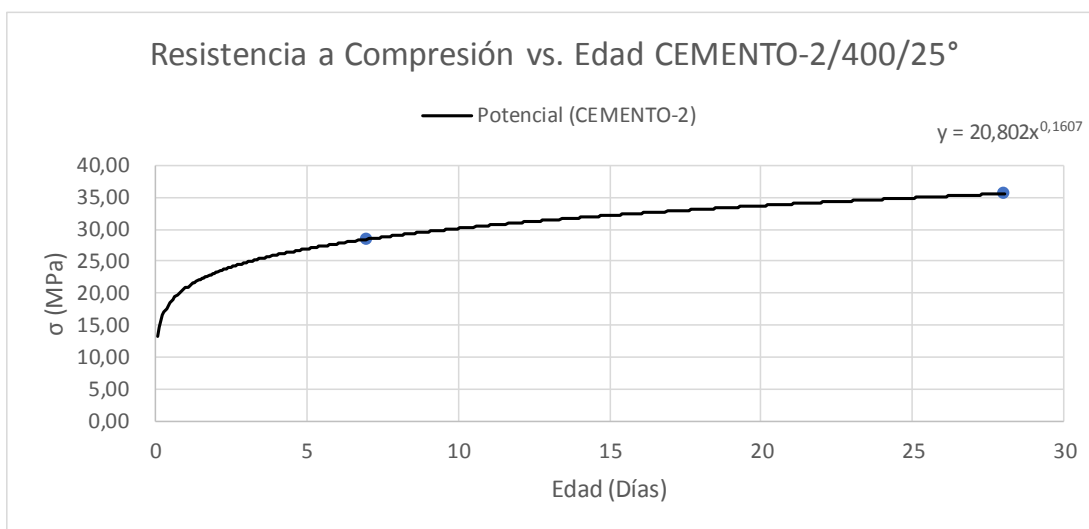
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	29,51	84
28 días	35,09	100



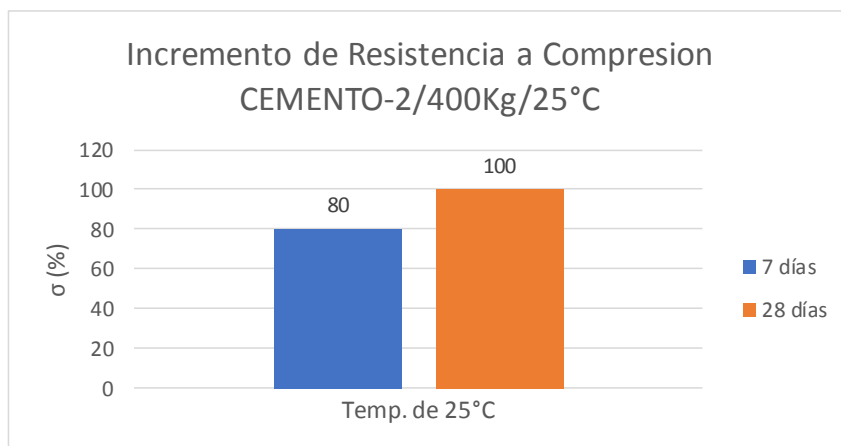
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-2 Consumo de Cemento: 400 kg.
 ITEM: 15 Temperatura Ambiente: 25°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
15A	3	7	31,25	28,44
15B	3		32,54	
15C	3		33,77	
15A	3	28	41,07	35,54
15B	3		39,05	
15C	3		41,38	



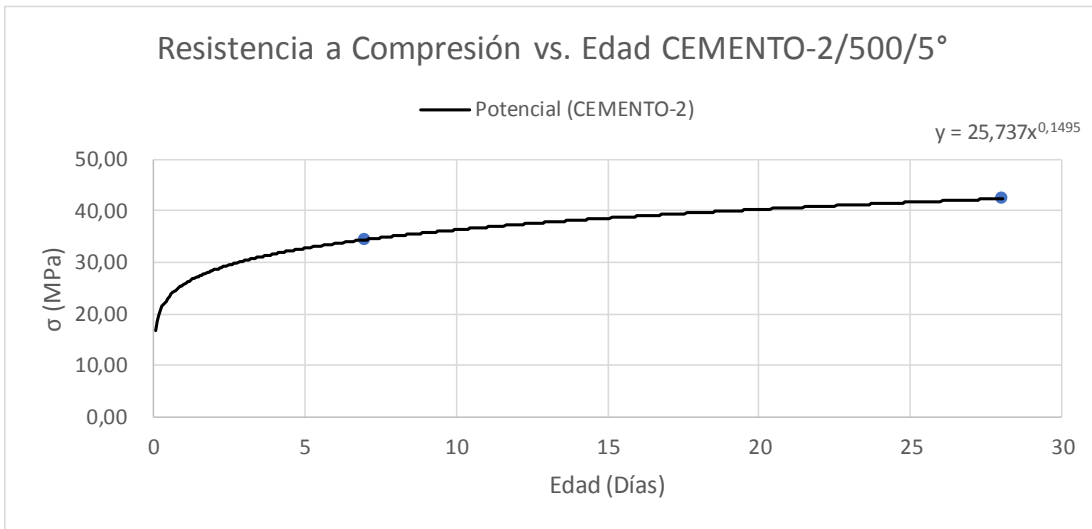
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	28,44	80
28 días	35,54	100



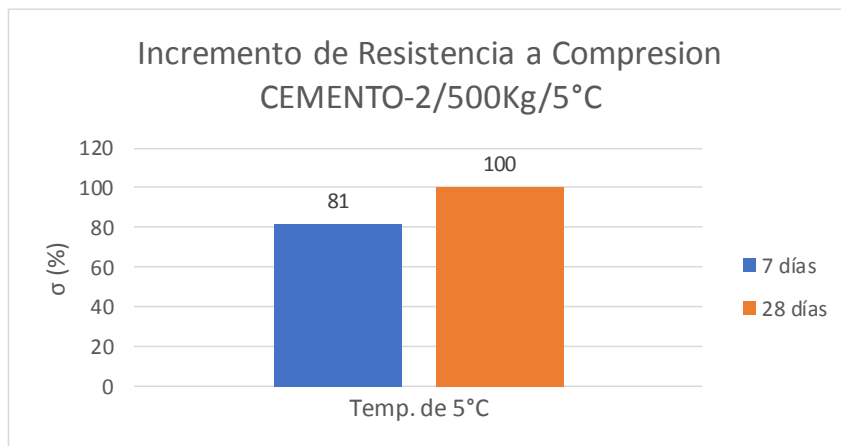
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-2 Consumo de Cemento: 500 kg.
 ITEM: 16 Temperatura Ambiente: 5°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
16A	3	7	39,33	34,43
16B	3		37,83	
16C	3		38,59	
16A	3	28	47,76	42,35
16B	3		46,54	
16C	3		47,05	



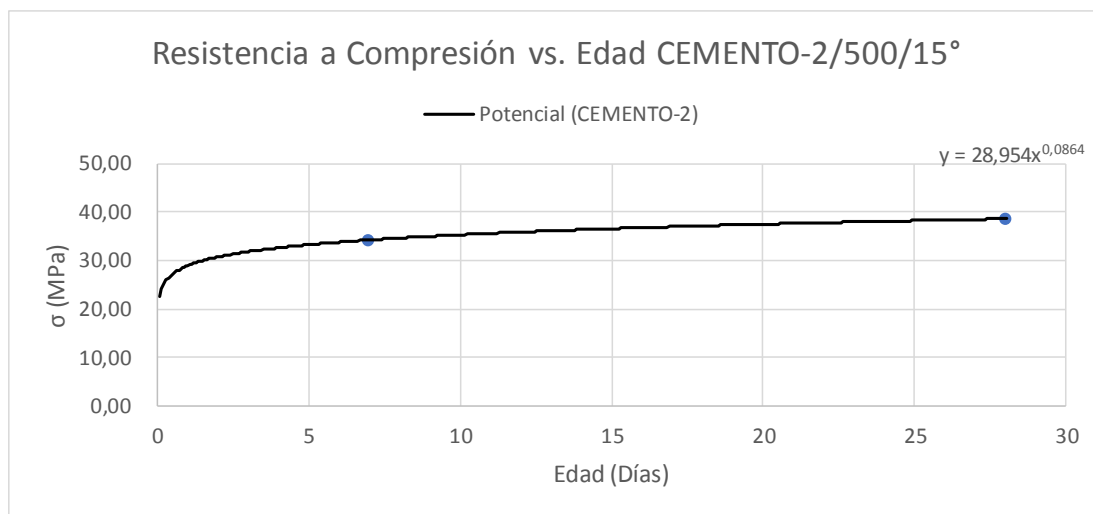
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	34,43	81
28 días	42,35	100



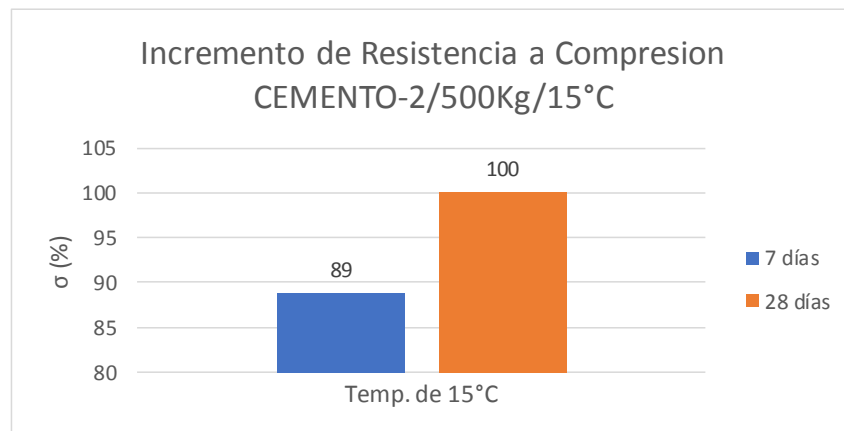
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-2 Consumo de Cemento: 500 kg.
 ITEM: 17 Temperatura Ambiente: 15°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
17A	3	7	38,56	34,25
17B	3		37,90	
17C	3		37,64	
17A	3	28	42,43	38,61
17B	3		45,25	
17C	3		43,16	



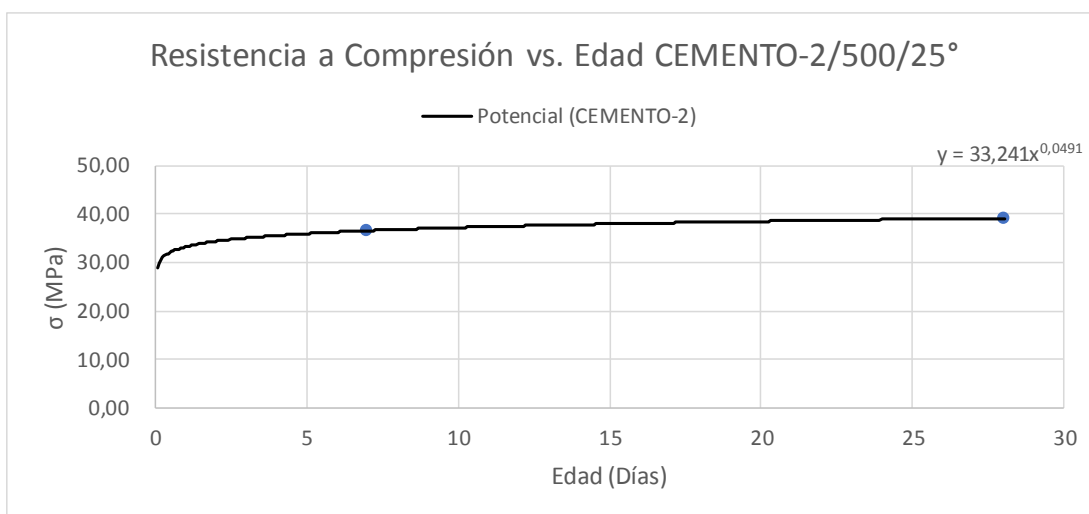
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	34,25	89
28 días	38,61	100



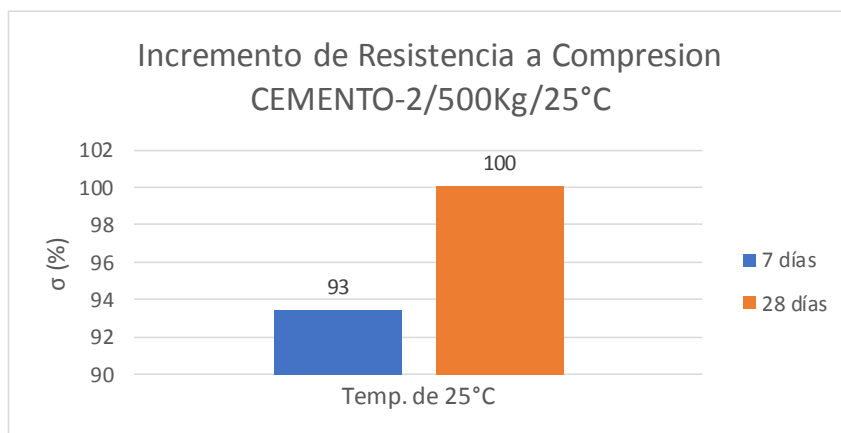
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-2 Consumo de Cemento: 500 kg.
 ITEM: 18 Temperatura Ambiente: 25°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
18A	3	7	41,59	36,57
18B	3		40,57	
18C	3		40,19	
18A	3	28	45,57	39,15
18B	3		43,86	
18C	3		43,02	

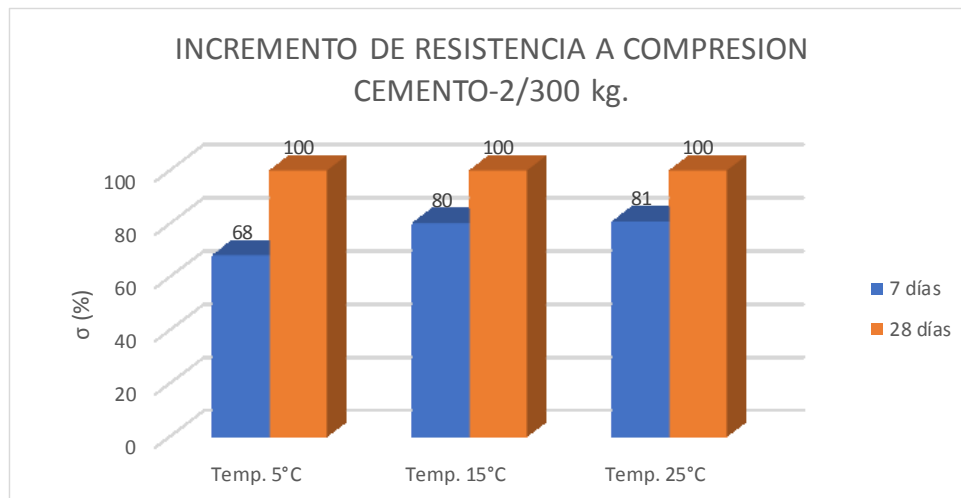


INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	36,57	93
28 días	39,15	100

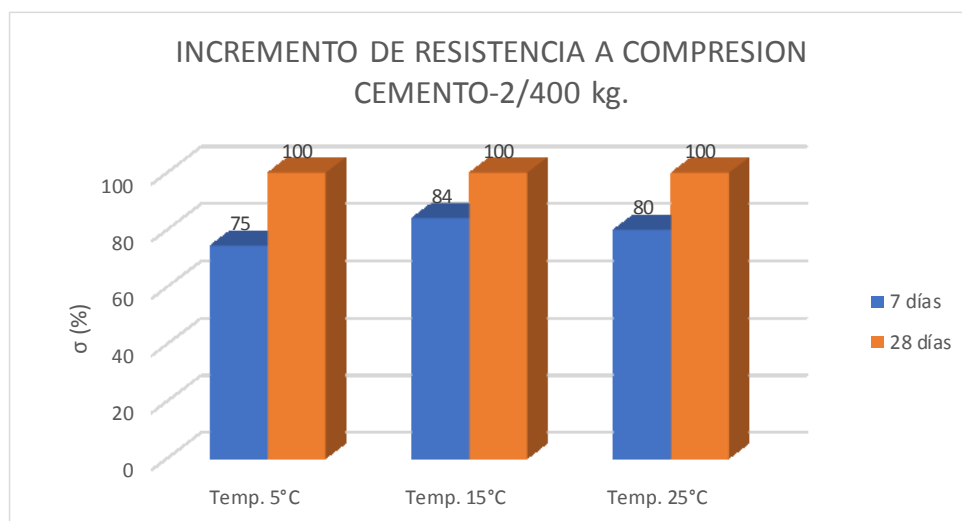


RESUMEN RESISTENCIA MEDIA A COMPRESION CEMENTO-2 PARA CADA TEMPERATURA DE FRAGUADO.

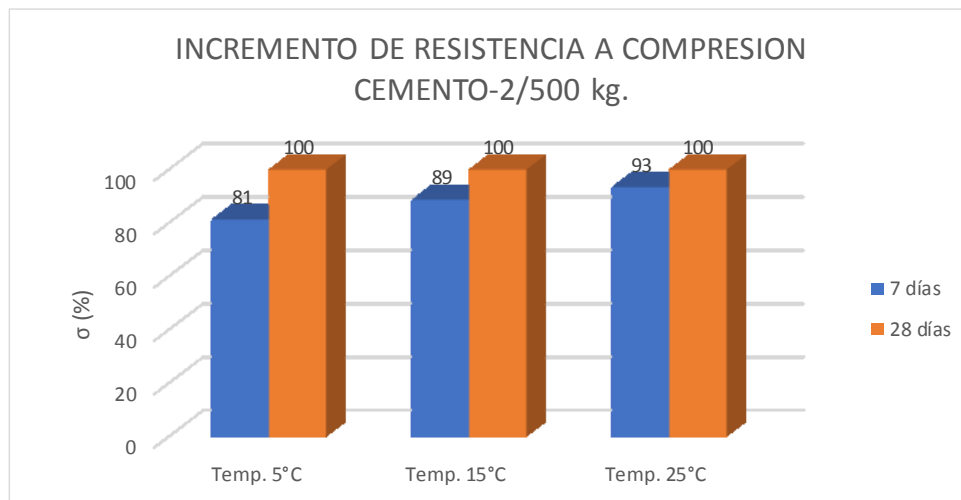
CEMENTO-2		300 kg				
Edad	Temperatura 5°C		Temperatura 15°C		Temperatura 25°C	
	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	21,10	68	23,32	80	22,45	81
28 días	30,95	100	29,07	100	27,78	100



CEMENTO-2		400 kg				
Edad	Temperatura 5°C		Temperatura 15°C		Temperatura 25°C	
	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	29,52	75	29,51	84	28,44	80
28 días	39,62	100	35,09	100	35,54	100



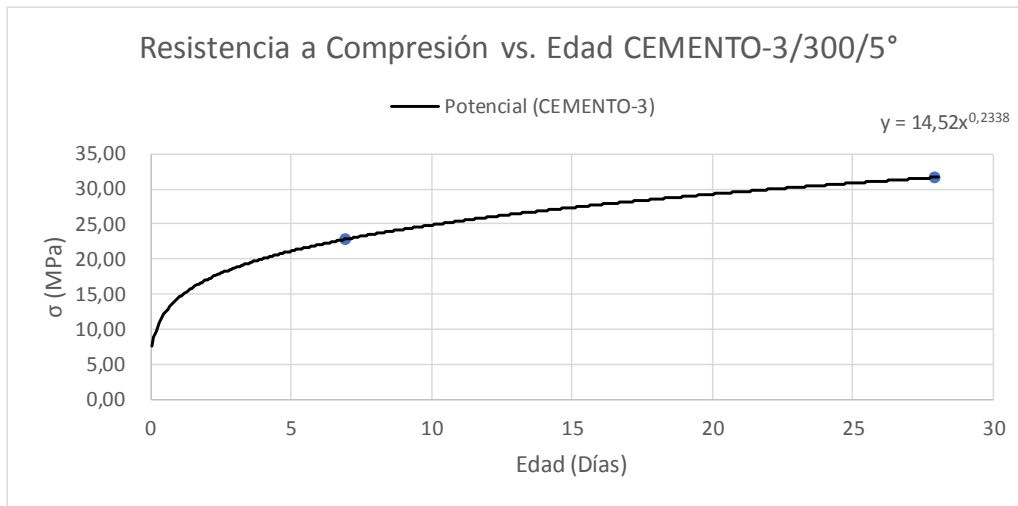
CEMENTO-2		500 kg				
Edad	Temperatura 5°C		Temperatura 15°C		Temperatura 25°C	
	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	34,43	81	34,25	89	36,57	93
28 días	42,35	100	38,61	100	39,15	100



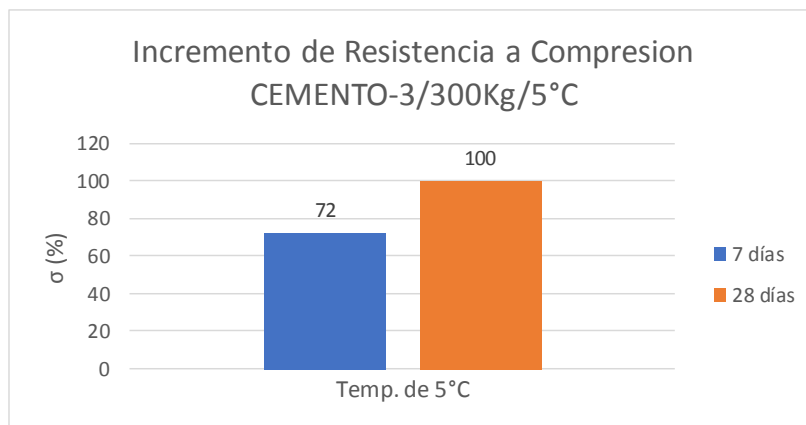
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESION CEMENTO-3.
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-3 Consumo de Cemento: 300 kg.
 ITEM: 19 Temperatura Ambiente: 5°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
19A	3	7	25,15	22,89
19B	3		25,17	
19C	3		27,53	
19A	3	28	34,78	31,65
19B	3		35,36	
19C	3		36,15	



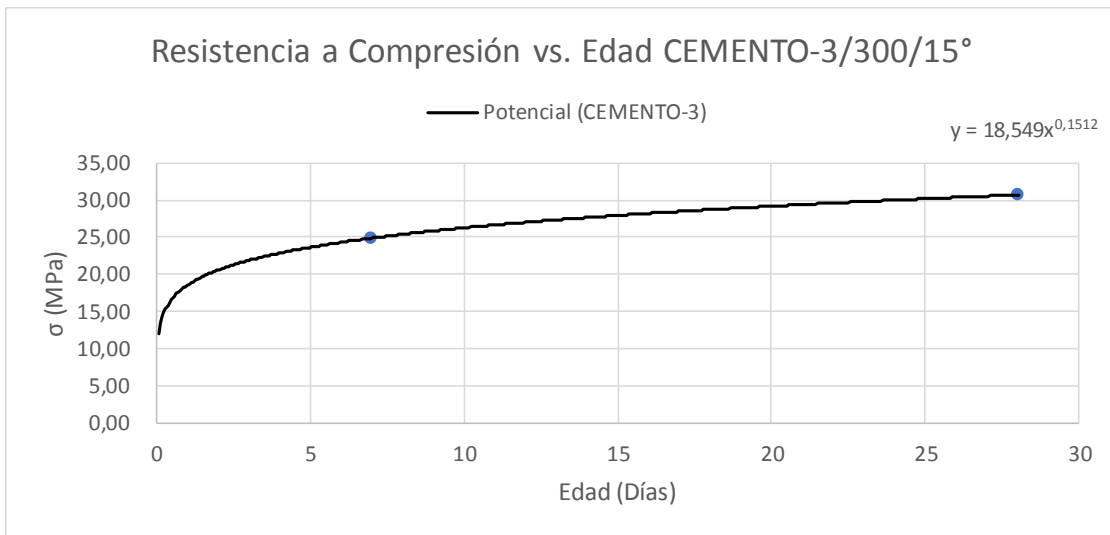
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	22,89	72
28 días	31,65	100



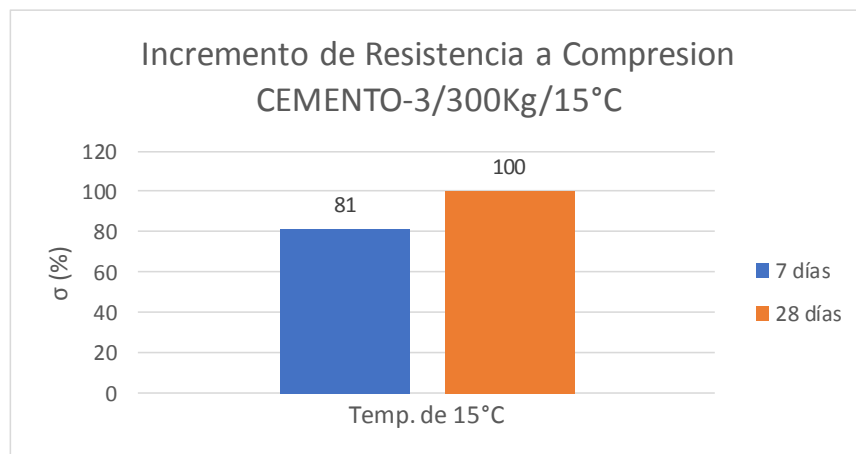
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-3 Consumo de Cemento: 300 kg.
 ITEM: 20 Temperatura Ambiente: 15°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
20A	3	7	27,52	24,89
20B	3		27,96	
20C	3		27,36	
20A	3	28	33,74	30,70
20B	3		34,66	
20C	3		35,46	



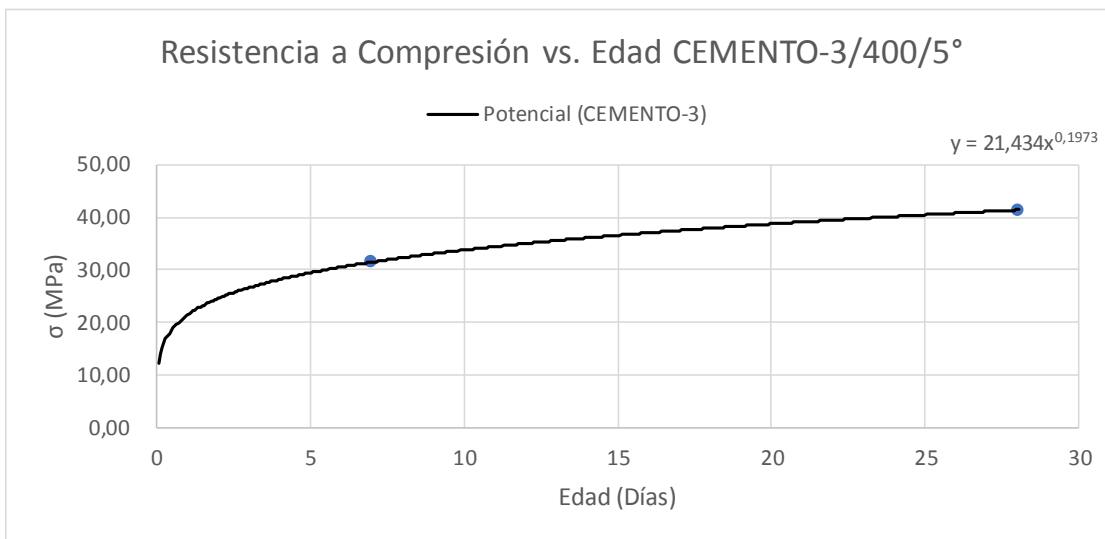
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	24,89	81
28 días	30,70	100



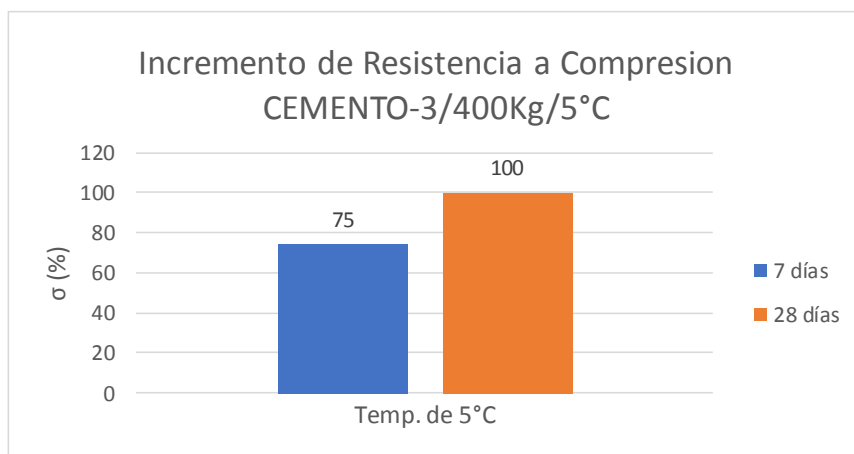
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-3 Consumo de Cemento: 400 kg.
 ITEM: 22 Temperatura Ambiente: 5°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
22A	3	7	34,94	31,47
22B	3		34,58	
22C	3		35,25	
22A	3	28	46,71	41,37
22B	3		45,46	
22C	3		47,56	



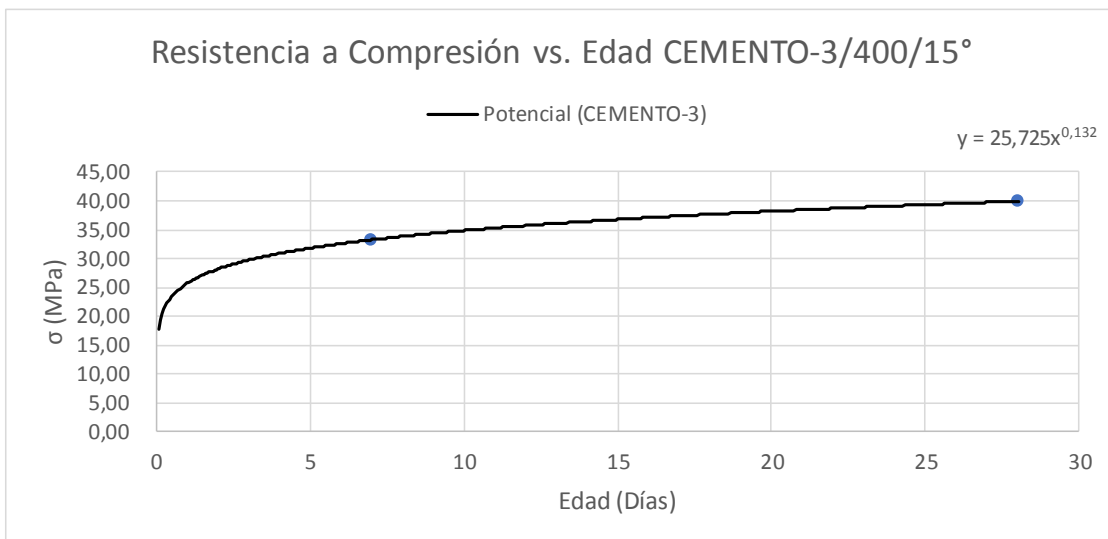
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	31,47	76
28 días	41,37	100



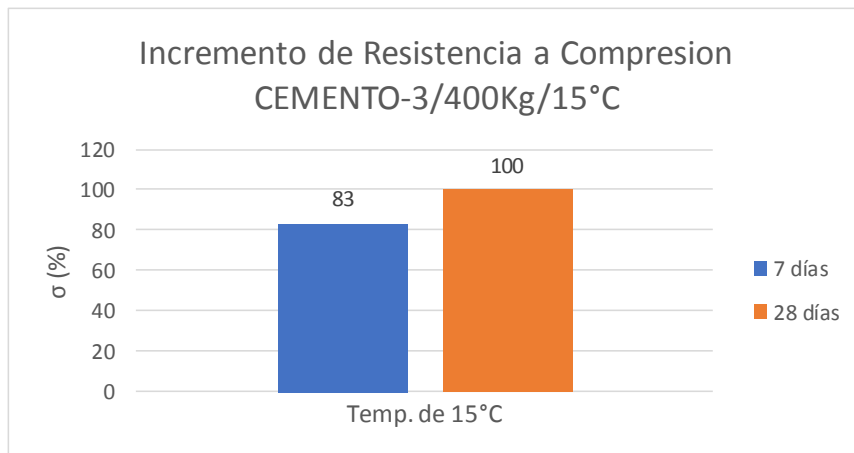
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-3 Consumo de Cemento: 400 kg.
 ITEM: 23 Temperatura Ambiente: 15°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
23A	3	7	37,25	33,26
23B	3		38,01	
23C	3		36,54	
23A	3	28	43,88	39,93
23B	3		45,25	
23C	3		44,01	



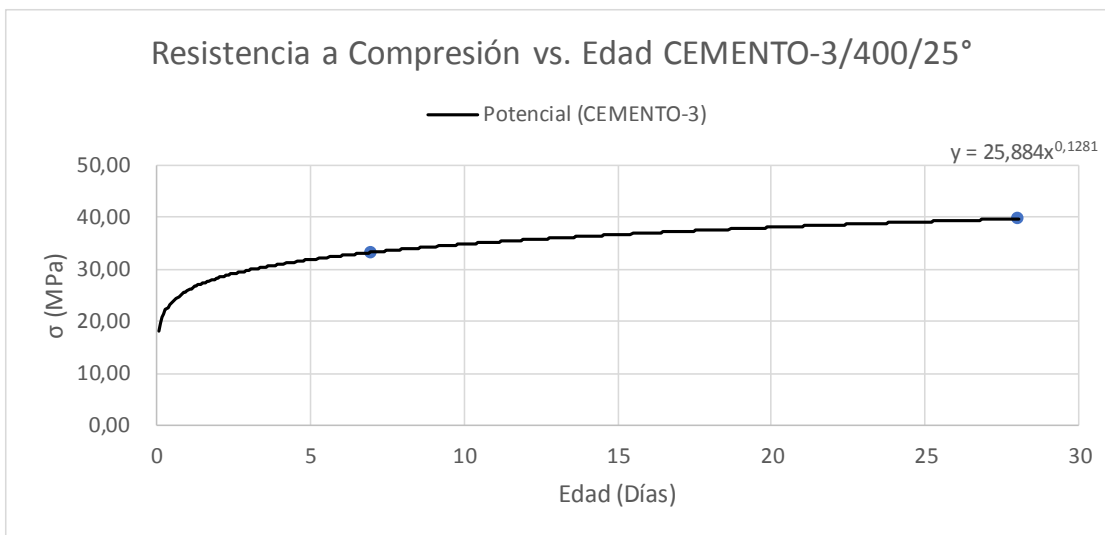
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	33,26	83
28 días	39,93	100



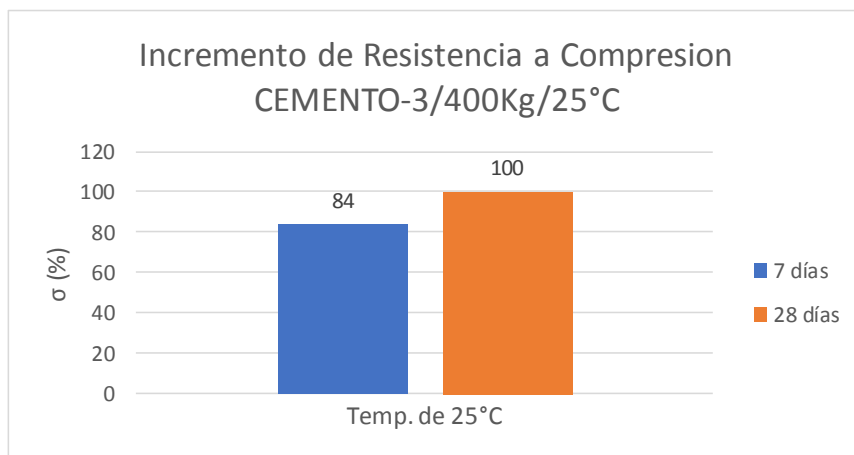
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-3 Consumo de Cemento: 400 kg.
 ITEM: 24 Temperatura Ambiente: 25°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
24A	3	7	36,50	33,21
24B	3		38,06	
24C	3		37,84	
24A	3	28	47,16	39,67
24B	3		46,16	
24C	3		43,59	



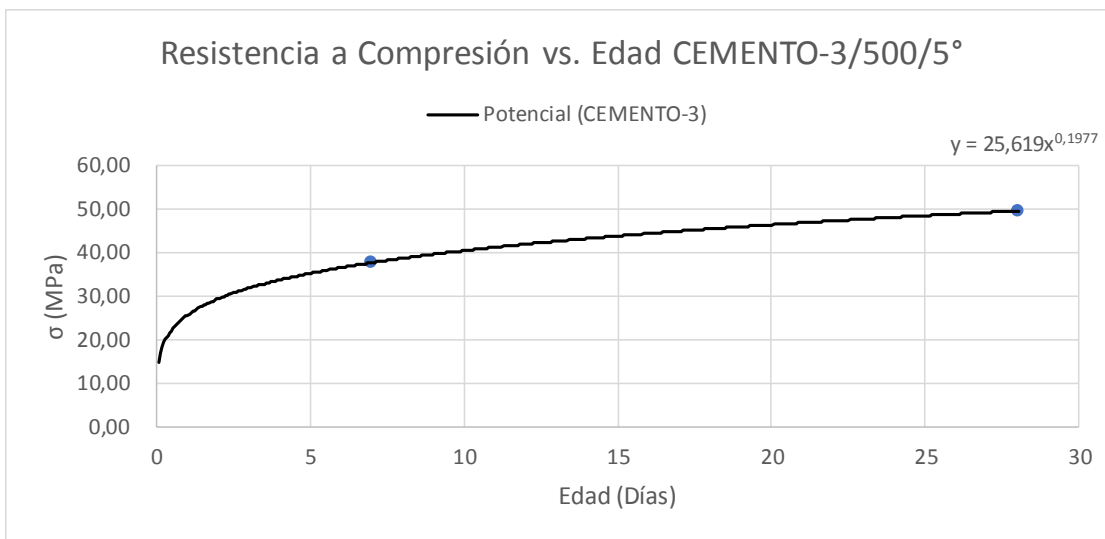
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	33,21	84
28 días	39,67	100



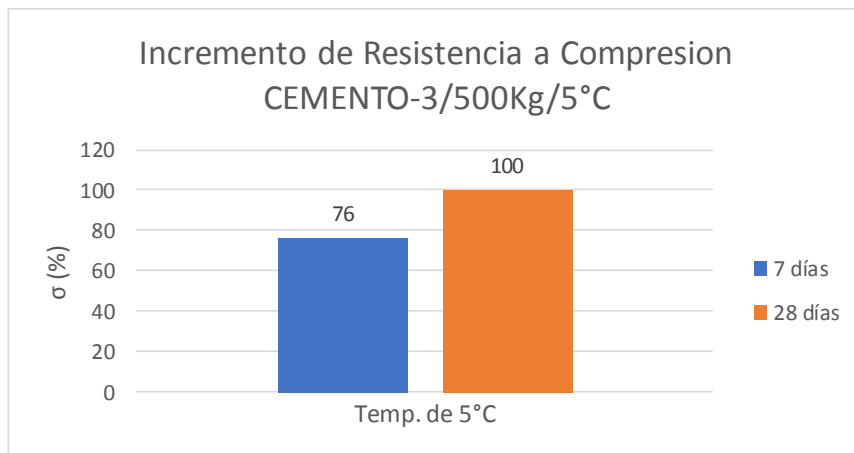
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-3 Consumo de Cemento: 500 kg.
 ITEM: 25 Temperatura Ambiente: 5°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
25A	3	7	41,99	37,64
25B	3		41,36	
25C	3		43,05	
25A	3	28	54,62	49,50
25B	3		54,40	
25C	3		55,58	



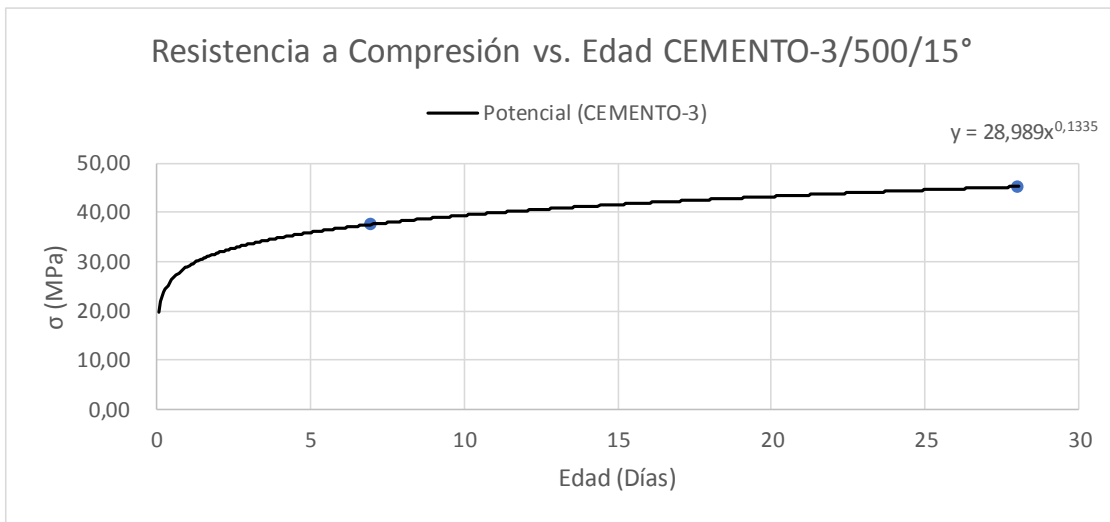
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	37,64	76
28 días	49,50	100



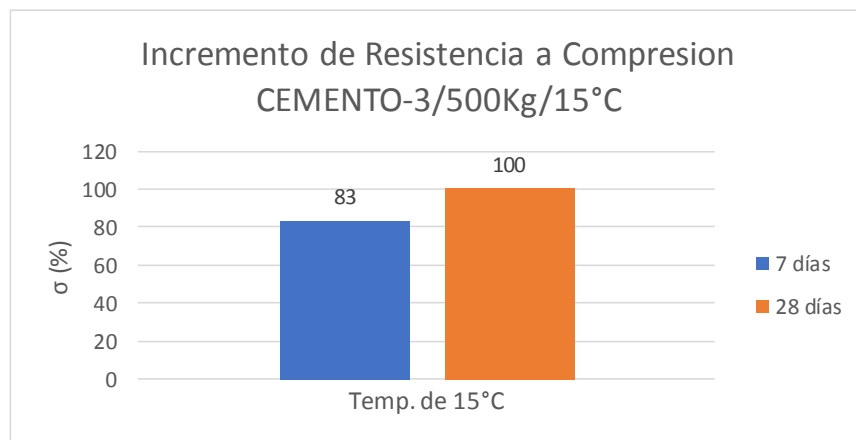
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-3 Consumo de Cemento: 500 kg.
 ITEM: 26 Temperatura Ambiente: 15°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
26A	3	7	41,30	37,59
26B	3		42,59	
26C	3		43,05	
26A	3	28	49,70	45,23
26B	3		51,25	
26C	3		50,02	



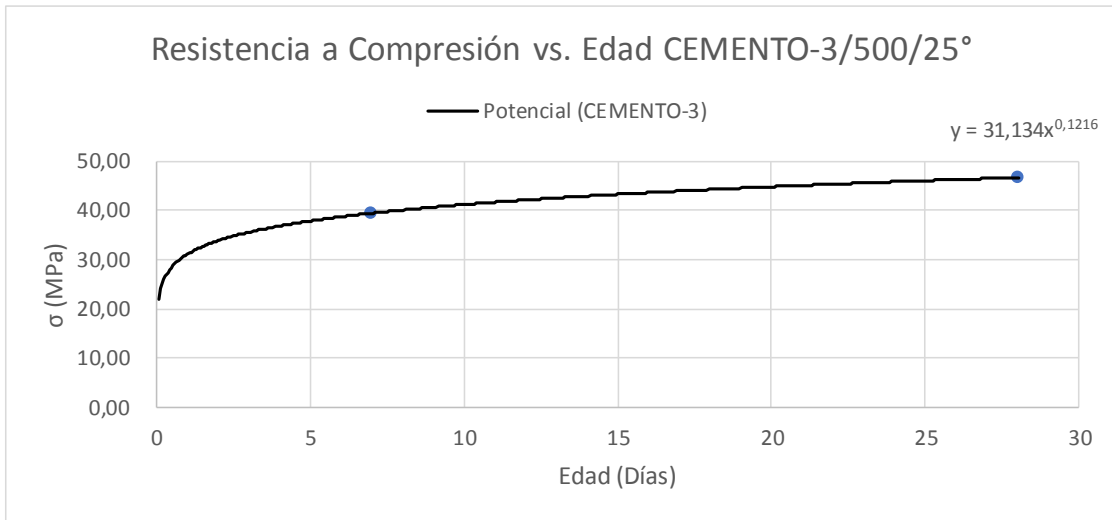
INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	37,59	83
28 días	45,23	100



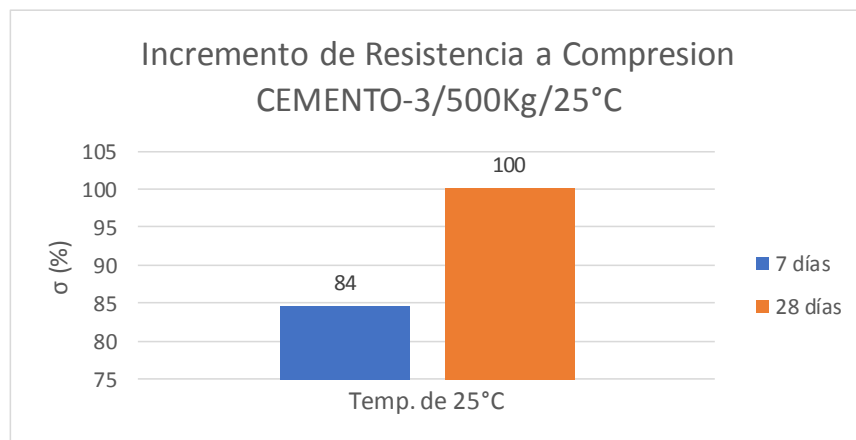
RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN

Cemento: CEMENTO-3 Consumo de Cemento: 500 kg.
 ITEM: 27 Temperatura Ambiente: 25°C

Nro. de Item	N° Cilindro	Edad días	σ Prom (MPa)	σ Caract (MPa)
27A	3	7	43,34	39,44
27B	3		44,33	
27C	3		44,91	
27A	3	28	51,30	46,68
27B	3		51,67	
27C	3		52,85	

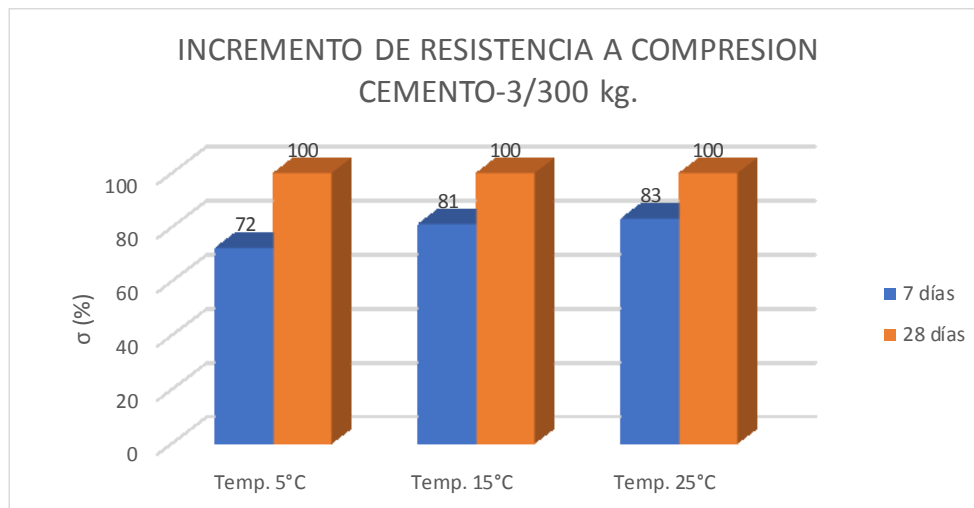


INCREMENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)
7 días	39,44	84
28 días	46,68	100

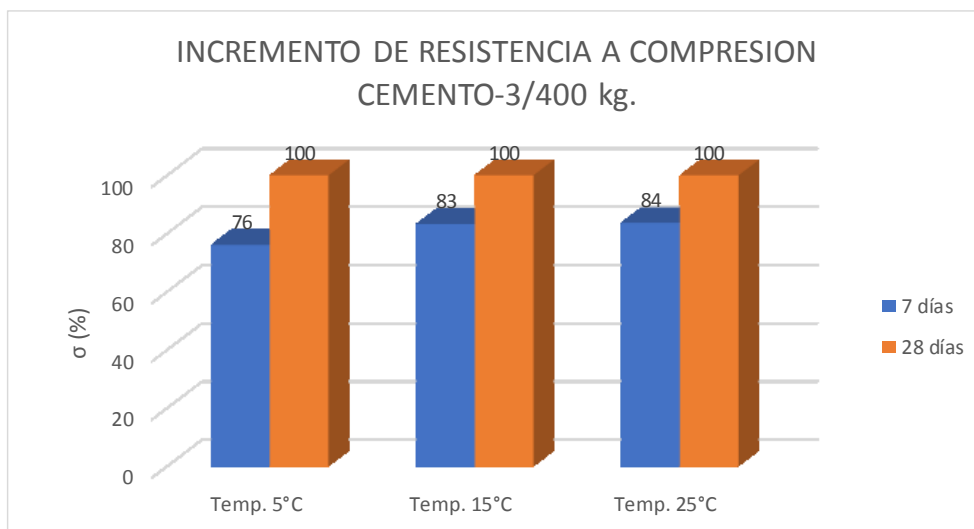


RESUMEN RESISTENCIA MEDIA A COMPRESION CEMENTO-3 PARA CADA TEMPERATURA DE FRAGUADO.

CEMENTO-3		300 kg		Temperatura 5°C		Temperatura 15°C		Temperatura 25°C	
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	
7 días	22,89	72	24,89	81	23,16	83			
28 días	31,65	100	30,70	100	27,85	100			



CEMENTO-3		400 kg		Temperatura 5°C		Temperatura 15°C		Temperatura 25°C	
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	
7 días	31,47	76	33,26	83	33,21	84			
28 días	41,37	100	39,93	100	39,67	100			



CEMENTO-3		500 kg		Temperatura 5°C		Temperatura 15°C		Temperatura 25°C	
Edad	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	σ Carac. (MPa)	Incremento de resis (%)	
7 días	37,64	76	37,59	83	39,44	84			
28 días	49,50	100	45,23	100	46,68	100			

