



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GERENCIA EN
CONSTRUCCIONES**

**Control de los resultados de las pruebas de resistencias del
hormigón hidráulico en la planta Hormiazuay en el Cantón
Cuenca mediante métodos estadísticos**

Trabajo de Grado previo a la obtención de título de:

INGENIERA CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES

Autora:

JUDITH CARLOTA CABRERA PIÑA

Director:

JUAN PABLO RIQUETTI MORALES

CUENCA, ECUADOR

2016

DEDICATORIA

- Este trabajo es dedicado a mis pilares de vida, a mis padres Mario y Sara que han sido mi fortaleza para salir adelante, mi apoyo que han estado conmigo siempre brindándome sus sabios consejos con amor y cariño; a mi hermano Paúl que con su ejemplo de lucha y perseverancia me ha enseñado el cómo seguir adelante ante las adversidades.

AGRADECIMIENTO

- Agradezco a Dios por haberme permitido culminar una de mis metas, a mi familia que siempre ha permanecido unida siendo mi ejemplo de seguir adelante, a mis amigos que han formado parte de mi vida.
- Un agradecimiento especial a la Planta Productora de Hormigón Hormiazuary por ayudarme con la toma de datos y brindarme las facilidades para poder llevar a cabo este trabajo de grado.
- A mi Director de Tesis Ing. Juan Pablo Riquetti por haber dirigido el presente trabajo de graduación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE ECUACIONES	xii
INDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: GENERALIDADES	3
1.1 Antecedentes	3
1.1.1 Control en la Resistencia.....	3
1.2 Justificativos	4

1.3 Metodología.....	5
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos	6
CAPITULO II: ANALISIS DE LAS FUENTES DE VARIACION DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO.....	7
2.1 Causa Básica.....	7
2.1.1 Revisión de diseño y características de cada uno de los stocks de materiales en la Planta Hormiazuary.....	7
2.1.2 Revisión y dosificación de mezclado en la Planta Productora de hormigón Hormiazuary.....	10
2.1.3 Toma de muestras en la Planta Hormiazuary.....	11
2.1.4 Curado de la muestra de hormigón hasta la edad de rotura en la Planta Hormiazuary.....	12
2.2 Causa de la Variación.....	13
2.2.1 Procedimiento y maquinaria utilizados para Rotura de cilindros, ensayo de Resistencia a la compresión en la Planta Hormiazuary	14
2.3 Posibilidad de ocurrencia	16
2.4 Efecto de la resistencia	16

CAPITULO III: ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS DE RESISTENCIAS DE HORMIGON DE UNA OBRA	18
3.1 Notación:	19
3.2 Número de pruebas.....	47
3.3 Promedio Aritmético	49
3.4 Desviación Estándar	51
3.5 Coeficiente de Variación	55
3.6 Intervalo o Rango (R).....	56
3.7 Variaciones Inherentes o dentro de la Prueba	57
3.7.1 Intervalo Promedio	57
3.7.2 Desviación estándar dentro de la prueba S1	58
3.7.3 Coeficiente de variación dentro de la prueba.....	59
CAPITULO IV: ANALISIS DE CALIFICACION DE CONTROL DENTRO DE UNA OBRA.....	62
4.1 Calificación del control de obra de acuerdo a norma ACI 214	62

CAPITULO V: ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	66
5.1 Criterios de Aceptación.....	66
5.2 Promedio de Resistencia Requerida (f^{cr}).....	69
5.3 Rediseño de la mezcla.....	70
5.4 Calificación del concreto.....	71
5.5 Cartas de Control.....	72
5.6 Ejemplo con Datos fallidos.....	81
5.6.1 Distribución de Frecuencia de Resultados de resistencia y la correspondiente distribución normal ejemplo con datos fallidos.....	92
5.6.2 Análisis de la calificación del concreto dentro de la obra ejemplo con datos fallidos.....	93
5.6.3 Criterios de Aceptación ejemplo con datos fallidos.....	94
5.6.4 Promedio de Resistencia Requerida f^{cr} ejemplo con datos fallidos.....	96
5.6.5 Calificación de la mezcla ejemplo con datos fallidos.....	97
5.6.6 Cartas de Control ejemplo con datos fallidos.....	100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
BIBLIOGRAFÍA.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Resumen de las variables que influyen en el ensayo de compresión del concreto	17
Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión	22
Tabla 3.2 Número de Ensayos y Resistencias a los 28 días en la Planta Hormiazuay	47
Tabla 3.3: Resultado el número de pruebas de hormigón dentro de los rangos de desviación estándar S	54
Tabla 3.4: Distribución porcentual del área bajo la curva de una distribución normal de frecuencias, con relación al promedio aritmético en múltiplos de la desviación estándar	54
Tabla 3.5: Factores para calcular la desviación estándar inherente a la prueba.....	59
Tabla 3.6: Resumen de Resultados obtenidos en la Planta Productora de Hormigón Hormiazuay.....	61
Tabla 4.1: Normas para el control del concreto con relación a la variación dentro de la prueba.....	62
Tabla 4.2: Normas para el control del concreto con relación a la variación total.....	63
Tabla 5.1: Porcentaje esperado de pruebas de resistencia por debajo de $f'c$	68
Tabla 5.2: Resultados de Criterios de aceptación obtenidos en la Planta Productora de Hormigón Hormiazuay.....	72
Tabla 5.3: Probabilidad de Pruebas por debajo de $f'c$	75

Tabla 5.4: Calificación de la Mezcla de Concreto de la Planta Productora de Hormigón Hormiazuay	75
Tabla 5.5: Resultado de Rediseño de la mezcla	76
Tabla 5.6: Datos de ensayos y Resistencia a los 28 días en el Ejemplo con Datos Fallidos	81
Tabla 5.7: Resumen de Resultados Estadísticos obtenidos con ejemplo con datos fallidos	84
Tabla 5.8: Distribución de Frecuencia de Resultados de resistencia y la correspondiente distribución normal	92
Tabla 5.9: Análisis de la Calificación del concreto dentro de la obra.....	93
Tabla 5.10: Resultado de los Criterios de Aceptación obtenidos en el ejemplo con datos fallidos.....	94
Tabla 5.11: Probabilidad de Pruebas por debajo de $f'c$ ejemplo con datos fallidos	97
Tabla 5.12: Calificación de la Mezcla ejemplo con datos fallidos	97
Tabla 5.13: Rediseño de la Mezcla ejemplo con datos fallidos	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Probetas cilíndricas.....	3
Figura 2 Ubicación de Planta Hormigonera Hormiazuay, Cuenca, Ecuador.....	4
Figura 3: Almacenamiento de Áridos	8
Figura 4: Almacenamiento de Agregado Grueso.....	8
Figura 5: Silo de almacenamiento de Cemento	9
Figura 6: Colocación del material árido en la mezcladora.....	11
Figura 7: Toma de muestras (cilindros)	12
Figura 8: Piscina para curado de las muestras	13
Figura 9: Prensa	14
Figura 10: Resultados de la Prensa	15
Figura 11: Cilindros, luego de soportar la carga de Rotura	15
Figura 12: Diagrama de flujo para la selección y documentación de la dosificación del concreto.....	18
Figura 13: Distribución de Frecuencias de ensayos de resistencia del concreto con su correspondiente distribución normal.....	50
Figura 14: Distribución de Frecuencias de ensayos de resistencia del concreto con su correspondiente distribución normal en la Planta Hormiazuay	51
Figura 15: Curvas normales de frecuencia para diferentes desviaciones estándar	53
Figura 16: Comparación entre dos distribuciones de frecuencia normal.....	53
Figura 17: Distribución de frecuencia de ensayos de Resistencia de con su correspondiente distribución normal en la Planta Hormiazuay	55

Figura 18: Distribución porcentual del área bajo la curva de una distribución normal de frecuencias, con relación al promedio aritmético, en múltiplos de la desviación estándar	66
Figura 19: Distribución porcentual del área bajo la curva de una distribución normal de frecuencias con relación de f'_{cr} , en función de txS	67
Figura 20 Carta de Control Promedio Diario Planta Productora de Hormigón Hormiazuay	78
Figura 21: Carta de Control Promedio Móvil Planta Productora de Hormigón Hormiazuay	79
Figura 22: Carta de Control Resistencia Individual f'_{c-35} de la Planta Productora de Hormigón Hormiazuay.....	80
Figura 23: Distribución de Frecuencia de Resultados de resistencia y la correspondiente distribución normal	93
Figura 24: Carta de Control Promedio Diario Ejemplo con datos Fallidos	100
Figura 25: Carta de Control Promedio Móvil Ejemplo con datos Fallidos.....	101
Figura 26: Carta de Control Resistencia Individual $f'_c - 35$ ejemplo de datos fallidos..	102

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Promedio Aritmético (x).....	49
Ecuación 2: Desviación Estándar (S).....	51
Ecuación 3: Coeficiente de Variación (V)	55
Ecuación 4: Intervalo o Rango (R).....	56
Ecuación 5: Intervalo Promedio (R)	57
Ecuación 6: Desviación estándar dentro de la prueba (S_1).....	58
Ecuación 7: Coeficiente de Variación dentro de la prueba	59
Ecuación 8: Resistencia Promedio de diseño.....	69
Ecuación 9: Resistencia Promedio de diseño (Rediseño de la mezcla 1)	70
Ecuación 10: Resistencia Promedio de diseño (Rediseño de la mezcla 2)	70
Ecuación 11: Resistencia específica de diseño (Calificación del concreto)	71
Ecuación 12: Resistencia Específica del Concreto (Calificación del concreto)	71

INDICE DE ANEXOS

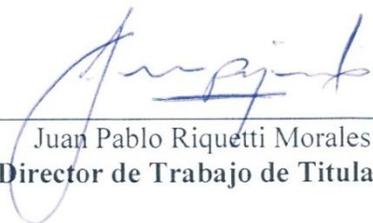
Anexo 1: Programa Control de los resultados de las pruebas de resistencias de hormigón hidráulico de la Planta Hormiazuay en el cantón Cuenca mediante métodos estadísticos.

**CONTROL DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE RESISTENCIAS DE
HORMIGÓN HIDRÁULICO DE LA PLANTA HORMIAZUAY EN EL CANTÓN
CUENCA MEDIANTE MÉTODOS ESTADÍSTICOS**

RESUMEN

En este trabajo utilizando la toma de muestras, se realizó un análisis de las fuentes de variación, estudio estadístico de las pruebas de resistencia del concreto y una evaluación de los resultados de control de calidad del concreto; también mediante los mismos se dará un valor para reafirmar los criterios de aceptación de acuerdo a las normas ACI 214, ACI 318, normas ecuatorianas y con las especificaciones del diseño.

Palabras Clave: pruebas de compresión; resistencia a la compresión; coeficiente de variación; desviación estándar; análisis estadístico; resistencia promedio; intervalo promedio; criterios de aceptación; control de calidad; control de mezclas.


Juan Pablo Riquetti Morales
Director de Trabajo de Titulación


Paúl Cornelio Cordero Díaz
Director de Escuela

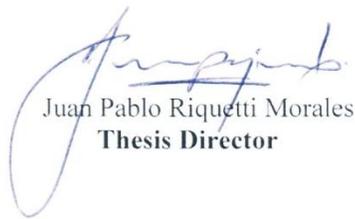

Judith Carlota Cabrera Piña
Autora

**CONTROL BY STATISTICAL METHODS OF THE RESULTS OF HYDRAULIC
CONCRETE RESISTANCE TEST AT *HORMIAZUAY* PLANT IN THE CANTON
OF CUENCA**

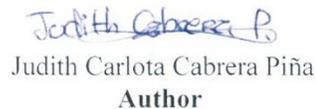
ABSTRACT

This research paper deals with the analysis of the sources of variation, statistical study of concrete strength tests, and an assessment of the results of concrete quality control carried out through sampling. Also by the same procedure, a value will be given to reaffirm the acceptance criteria that comply with the ACI 214, ACI 318 norms, the Ecuadorian standards, as well as with the design specifications.

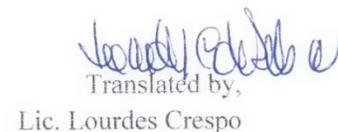
Keywords: Compressive Tests; Compressive Strength; Coefficient of Variation; Standard Deviation; Statistical Analysis; Average Strength; Average Interval; Criteria of Acceptance; Quality Control; Mixtures Control.


Juan Pablo Riquetti Morales
Thesis Director


Paúl Cornelio Cordero Díaz
School Director


Judith Carlota Cabrera Piña
Author


UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas


Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Cabrera Piña Judith Carlota

Trabajo de Titulación

Ing. Juan Pablo Riquetti Morales

Julio, 2016

CONTROL DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE RESISTENCIAS DE HORMIGÓN HIDRÁULICO DE LA PLANTA HORMIAZUAY EN EL CANTÓN CUENCA MEDIANTE MÉTODOS ESTADÍSTICOS

INTRODUCCIÓN

Al realizar el control de calidad en los hormigones producidos se busca obtener la dosificación correcta y evitar sobrediseños, asegurando así la resistencia y calidad de las estructuras de hormigón, mediante el control de la resistencia a compresión que es una característica mecánica y a la vez tiene correlación con otras propiedades; también es necesario realizar el análisis de los resultados de la resistencia del concreto mediante métodos estadísticos.

Para llevar a cabo un control apropiado se necesita la utilización de materiales satisfactorios, la dosificación y el mezclado correcto de dichos materiales, obteniendo así un concreto de calidad. La finalidad de llevar a cabo los procedimientos estadísticos es obtener medios para la evaluación de las pruebas de resistencia y mediante los mismos reafirmar los criterios y las especificaciones de diseño.

En el presente documento se realiza el Control de los resultados de las pruebas de resistencias de hormigón hidráulico de la planta Hormiazuay en el Cantón Cuenca mediante métodos estadísticos.

El presente estudio se realizó con las muestras confeccionadas y ensayadas en la Planta productora de Hormigón Hormiazuay, luego se ejecutó un análisis estadístico de los datos, mediante las normas (ACI214, 2011) (ACI318, 2014), obteniendo así el nivel de control de producción dentro de la planta.

La misión del estudio estadístico de los resultados de la pruebas de hormigón dentro de la ingeniería es buscar economía, ahorro de dinero, con un diseño de hormigón resistente y con buenas características, de acuerdo a las necesidades en las que va a ser utilizada.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

En vista de que en la provincia del Azuay y en el Ecuador cada vez se van implementando más plantas de hormigones por las necesidades del mercado y avance tecnológico, se requiere hacer cumplir las normas Ecuatorianas e internacionales, las mismas que con anterioridad no eran consideradas por la ausencia de fábricas de este tipo.

1.1.1 Control en la Resistencia.

Al realizar el control de la calidad por resistencia a compresión en el hormigón, se utilizan probetas cilíndricas con una altura igual a dos veces su diámetro, cubicas de 150mm por lado. Existen dos tipos de recipientes cilíndricos las primeras son las de 150mm de diámetro por 300mm de altura y las segundas que son con diámetro de 100mm por altura de 200mm, las mismas que requieren menos espacio para su almacenamiento y menos esfuerzos en las prensas para su rotura. Un ensayo de la resistencia a la compresión es el promedio de dos pruebas de una misma muestra de hormigón y ensayadas a los 28 días. (INECYC I. , Control de Calidad en el Hormigón Parte I, 2009).



Figura 1 Probetas cilíndricas

Es necesario hacer mínimo un ensayo por cada día de hormigonado, pero no menos de una prueba por cada 110m³ de hormigón colocado y no inferior a un muestra por cada 460m² de losas o muros colados. (ACI318, 2014).

También se ha visto una imperiosa necesidad de dotar de normas y reglamentos, además de las que ya se tienen en nuestro país, con la finalidad de calificar al hormigón producido para las diferentes obras de infraestructura. Estas normas y reglamentos podrían ser tomados o recopilados de experiencias con nuestros materiales y hormigones producidos.

1.2 Justificativos

Se ve la importancia de la aplicación de las normas, cumpliendo así con mejorar la calidad del hormigón y su durabilidad, motivo por el cual se desarrolla este tema, deseando que el contenido este a disposición de estudiantes y profesionales de la rama de la ingeniería civil.

El estudio a realizarse se llevara a cabo en la Planta Hormigonera Hormiazuay del Cantón Cuenca ubicado en la Av. Panamericana Norte y Av. González Suarez.

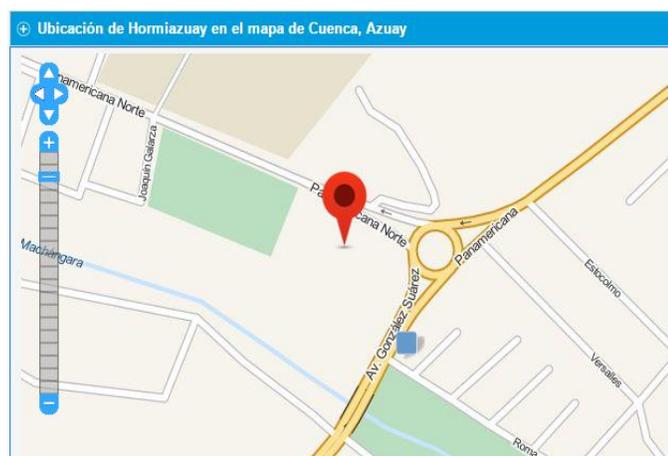


Figura 2 Ubicación de Planta Hormigonera Hormiazuay, Cuenca, Ecuador

Fuente: (Google maps, 2016)

1.3 Metodología

El procedimiento que se llevó a cabo es el siguiente: primero se analizaron las fuentes de variación de los materiales, aquí se investigó las características físicas y mecánicas de los agregados como son cemento, grava, arena, agua, su mezclado y dosificación. Luego se tomaron cuatro muestras diarias en un tiempo mínimo de 30 días, las mismas que reposaron por 28 días hasta que alcanzaron su resistencia requerida, durante este tiempo se estaba pendiente de la compactación del hormigón, el curado de las muestras, y el refrenado sea el óptimo, para que así el análisis con las especímenes no represente una resistencia variante; también se consideró que la máquina de ensayo este calibrada. (INECYC, 2007).

A los 7 y 28 días se procedió a la rotura de 2 muestras del hormigón producido de cada día, estos datos son agrupados y para luego ser analizados mediante la aplicación de los métodos estadísticos y la distribución de frecuencias de la resistencia de cilindros rotos a los 28 días; realizando los siguientes cálculos:

- Promedio Aritmético
- Desviación Estándar
- Coeficiente de Variación
- Intervalo Promedio

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Determinar la dosificación del concreto para asegurar la resistencia característica promedio ($f^{\circ}cr$) a la compresión, lo suficientemente alta para minimizar la frecuencia de resultados de pruebas de resistencia por debajo de la resistencia especificada ($f^{\circ}c$), y al mismo tiempo satisfaga los criterios de durabilidad exigidos.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar las fuentes de variación del concreto
- Realizar un análisis estadístico de las muestras para evaluar los defectos en la resistencia del concreto a los 28 días de edad.
- Conocer el grado de control que tiene la producción en función de: el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

CAPITULO II

ANALISIS DE LAS FUENTES DE VARIACION DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

Las mezclas de mortero y de concreto son masas endurecidas de materiales heterogéneos, sus propiedades están sujetas a numerosas variables, para ello es necesario realizar el control de las mismas mediante las normas ACI 214 y ACI 318 (Sanchez de Guzman, Concretos y Morteros, 2006).

2.1 Causa Básica

La homogeneidad del hormigón depende de las características de variabilidad de los materiales componentes, del cemento y de los aditivos empleados; la dosificación, mezclado de los mismos, y de las pruebas o ensayos realizados a la muestras, ya que los mismos influirán en la variación de la resistencia del concreto. (IMCYC, 2007).

2.1.1 Revisión de diseño y características de cada uno de los stocks de materiales en la Planta Hormiazuary.

En la planta de hormigones Hormiazuary, de acuerdo a la información dada por el Ing. Alejandro Romero al dar una entrevista personal a cerca de los materiales indico que se dispone de los siguientes stocks: agregado fino, grava, cemento.

- Agregado Fino, puede ser arena natural, triturada o una combinación de ambos; en la Planta de Hormiazuary se utiliza arena natural (no triturada) cuya procedencia es de Santa Isabel su origen de las playas del Rio Jubones. En cuanto a las características mecánicas de este material como son análisis granulométrico, sanidad del material, libre de arcilla, impurezas orgánicas, densidad, se realizan semanalmente al stock. (Ing. Romero, 2016).



Figura 3: Almacenamiento de Áridos

- Agregado Grueso puede ser grava natural o triturada, o una combinación de ellas en esta Planta se utiliza grava triturada con stock de diámetro máximo $3/4$ y $3/8$. Las características mecánicas como granulometría, sanidad, Abrasión e impurezas se realiza de igual forma cada semana en el stock, de acuerdo a la información otorgada por el Ing. Alejandro Romero encargado del control de Calidad de la Planta Productora de Hormigón Hormiazuary.



Figura 4: Almacenamiento de Agregado Grueso

- Los tipos de cemento son: portland I que sirve para construcciones ordinarias, portland II es el cemento modificado para todo tipo de construcción, el tipo portland III que tiene elevada resistencia inicial, tipo IV bajo calor de hidratación en la que no deben producirse dilataciones durante el fraguado utilizadas para fundiciones de grandes volúmenes, tipo V usado en donde se requiera una elevada resistencia a la acción concentrada de los sulfatos. (Blanco Alvarez, 2016)
- El tipo de cemento utilizado en la Planta es Portland I (común) el mismo que es transportado hacia la fábrica mediante un mamut y luego es depositado en dos silos que disponen, los mismos que tienen capacidad de 120 toneladas cada uno. El agua aplicada para producir el hormigón es de la red pública; dicha información es brindada mediante entrevista personal con el Ing. Alejandro Romero.



Figura 5: Silo de almacenamiento de Cemento

Los aditivos son materiales distintos del agua, cemento y agregados que se adicionan intencionalmente a la mezcla de concreto pueden ser retardantes, acelerantes, reductores de agua, inclusores de aire, estabilizadores de volumen, expansores de volumen, plastificantes, y superplastificantes (Sanchez de Guzman, Tecnologia del Concreto y del Mortero, 2001).

En la planta Hormiazuay de acuerdo a la información dada por el Ing. Alejandro Romero utilizan aditivos de tipo plastificantes y superplastificantes cuya misión es mejorar el comportamiento del hormigón en cuanto a trabajabilidad, bombeabilidad y también optimizar las propiedades del concreto como son la resistencia y durabilidad final.

2.1.2 Revisión y dosificación de mezclado en la Planta Productora de hormigón Hormiazuay

La fábrica tiene una planta de mezclado de Hormigón de sistema automatizado en la misma se combinan grava, arena, cemento más agua, y además facilitan el transporte y el depósito del hormigón en su destino a través de bombas si es necesario, el hormigón es utilizado para obras de infraestructuras comerciales, de vivienda y tránsito.

Los tipos de hormigón que produce la Planta son: autonivelantes, pigmentados, bombeable y a gravedad. Los hormigones son producidos para resistencias de 140, 180, 210, 250, 280, 300, 350 y 400 kg/cm² La capacidad de producción es de 170 a 180 m³ por día, cada carro o mixer tiene capacidad de transportar 7m³ para los cuales el tiempo de mezclado automatizado en la planta es de 12 minutos; periodo de control que realiza la fábrica en el transporte del hormigón es de 1h incluido su depósito en la obra; de acuerdo a la información dada por el Ing. Alejandro Romero encargado del control de calidad de la Fábrica.



Figura 6: Colocación del material árido en la mezcladora

2.1.3 Toma de muestras en la Planta Hormiazuy

Los Cilindros utilizados son de diámetro 10 cm y altura 20 cm, la toma de muestras se realiza en 3 capas con 25 golpes cada una, con una varilla con punta de bala de 40 cm de largo y 0.9 cm de diámetro.

El ensayo de cono de Abrams para medir el asentamiento del hormigón se llena el molde con tres capas con 25 golpes cada una, con una varilla con punta de bala de diámetro 1.5cm y largo 60 cm.



Figura 7: Toma de muestras (cilindros)

2.1.4 Curado de la muestra de hormigón hasta la edad de rotura en la Planta Hormiazuay

A las 24h, la muestra es sacada de los moldes y llevados a la piscina para su curado; el mismo que consiste en meterle a los especímenes en agua hasta que se cumpla el periodo de rotura, ensayo a la compresión a los 7 y 28 días.



Figura 8: Piscina para curado de las muestras

2.2 Causa de la Variación

Para identificar la causa de variación se toma en cuenta los procedimientos y técnicas de dosificación, mezclado y manejo.

Debe existir una estrecha relación entre los materiales y sus características con la finalidad de obtener homogeneidad en la producción del hormigón para una estructura determinada. Ya que los daños en una estructura de concreto también pueden relacionarse con los materiales, sus características mecánicas, físicas y químicas. (ACI214, 2011).

El uso inadecuado de los materiales y prácticas no recomendadas en la mezcla y fundición pueden ser causas para una resistencia menor a la especificada de los hormigones o la aparición de fisuras lo cual puede llevar al fracaso de una estructura. Otro factor importante es la toma de muestras, sus procedimientos y maquinaria para ensayos de los mismos que así mismo debe manejar personal calificado, esta práctica y sus resultados dan seguridad a la producción de hormigón y su utilización en los elementos de una obra estructural.

2.2.1 Procedimiento y maquinaria utilizados para Rotura de cilindros, ensayo de Resistencia a la compresión en la Planta Hormiazuay

La Planta productora de hormigón cuenta con una Prensa en la que se configura su carga de rotura, dependiendo del tipo de cilindro a utilizarse o ensayarse siendo estos grandes de 15 cm de diámetro por 30 cm de alto o pequeños de dimensiones de 10cm de diámetro por 20cm de alto.



Figura 9: Prensa

La Prensa da los resultados de la carga de rotura (sample peak load) aplicada al cilindro en kg, de igual forma que la Resistencia a la compresión del cilindro (sample stress) en kg/cm^2 .



Figura 10: Resultados de la Prensa



Figura 11: Cilindros, luego de soportar la carga de Rotura

Estas causas de variación pueden ser múltiples por lo que siempre es recomendable que al frente de una planta de producción de hormigón este una persona con experiencia, lo cual se refleja también en la parte económica. Por estas razones se considera necesario utilizar buenas prácticas y cumplir las normas para la producción de un tipo de hormigón. (Sanchez de Guzman, Concretos y Morteros, 2006).

2.3 Posibilidad de ocurrencia

Para un análisis de la posibilidad de ocurrencia debe tenerse muy en cuenta la experiencia en las prácticas de las pruebas, la disponibilidad y exactitud de los registros de calidad de los materiales, acompañado con una buena interpretación de los resultados. (IMCYC, 2007).

Para evitar la probabilidad de ocurrencia de resistencias bajas se debe manejar con un estricto apego a las normas, y buenas prácticas, los ensayos periódicos de los materiales, para obtener las deseadas propiedades físicas y mecánicas, hasta conseguir un diseño adecuado del concreto, que sea capaz de soportar las cargas previstas, además el concreto debe tener un mínimo tiempo de transporte, estar ya colocado en la obra antes que se inicie el fraguado del hormigón, por ejemplo debe evitarse una sobrevibración (segrega los materiales), mezclas secas (hormigones porosos, baja resistencia), correcta altura de caída del hormigón (altura menor 1.20 m), y un adecuado curado. Estas se clasifican de acuerdo a la frecuencia con la que se pueden dar, o dependiente de la fuente primaria de los materiales. (ACI318, 2014)

2.4 Efecto de la resistencia

Como conclusión para que un concreto sea durable, resistente a acciones destructivas de efectos mecánicos, químicos y mantenga su calidad, forma especificada durante su vida útil; además de los requisitos de resistencia debe tener en cuenta los aspectos de selección y calidad de los componentes, diseño y clasificación de mezclas de concreto, condiciones de colocación y compactación del concreto, curado efectivo del concreto en la estructura, recubrimiento del acero de refuerzo para cubrir armaduras.

De acuerdo a tablas se puede ver que existe una variación en la resistencia, por ejemplo en un porcentaje de $\pm 20\%$ en cambios y abultamiento del agregado fino, la variación puede exceder el 30% por el tiempo de mezclado.

Tabla 2.1: Resumen de las variables que influyen en el ensayo de compresión del concreto

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

Fuente: (INECYCI. , Control de Calidad en el Hormigón Parte II, 2009)

Una adecuada practica en el control de materiales y concreto hidráulico da como resultado una buena durabilidad del concreto que puede definirse como su capacidad para resistir la acción del medio ambiente de los ataques químicos y de cualquier proceso de deterioro.

CAPITULO III:

ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS DE RESISTENCIAS DE HORMIGON DE UNA OBRA

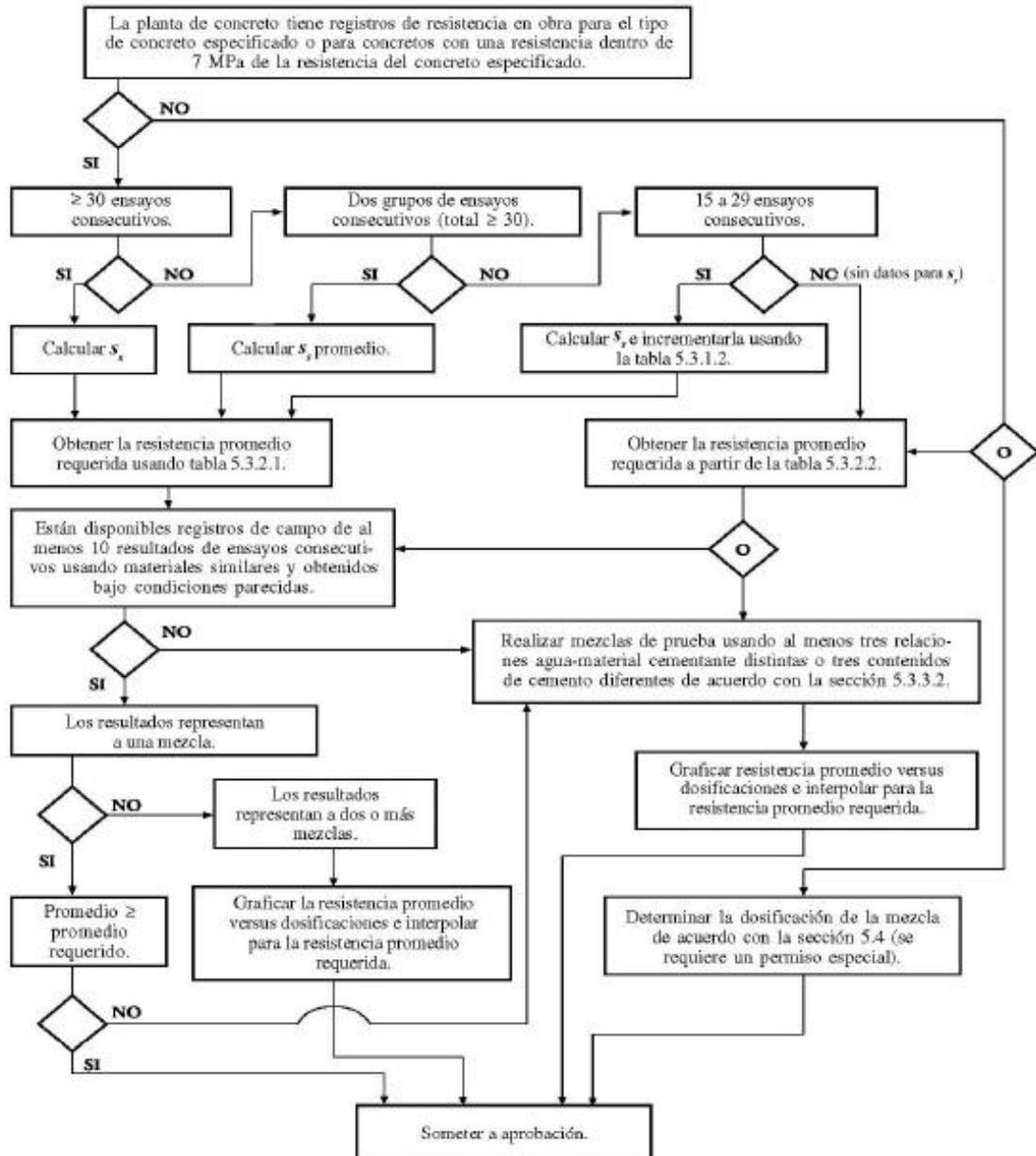


Figura 12: Diagrama de flujo para la selección y documentación de la dosificación del concreto

Fuente: (ACI318, 2014)

Se observó que los ensayos de resistencia a la compresión de hormigones agrupados en un gráfico de frecuencias, se encuentra su parecido a una curva o polígono de frecuencias; entonces este comportamiento en estadística se conoce como distribución normal de frecuencias y su polígono de frecuencias como Campana de Gauss, de todo esto sus propiedades pueden definirse matemáticamente como son:

- Número de Pruebas
- Promedio Aritmético
- Desviación Estándar
- Coeficiente de Variación
- Intervalo Promedio

Aceptando que los resultados de las pruebas de resistencia de una misma clase de concreto se agrupan de acuerdo a la distribución normal. A continuación se definirá las características más importantes de dicha distribución.

3.1 Notación:

De acuerdo a las normas (ACI214, 2011), (ACI318, 2014) e (INECYC I. E., 2007) la notación a utilizarse es la siguiente:

\bar{x} = Promedio Aritmético

x_i = Resultados de Resistencia de las Pruebas

n = número de datos

S = Desviación Estándar o desviación típica

V = Coeficiente de Variación

R = Intervalo o Rango

X_{max} = medida de dispersion mas alta de las pruebas de resistencia

X_{min} = medida de dispersion mas baja de las pruebas de resistencia

\bar{R} = Intervalo Promedio

R_i = Intervalos dentro de la prueba

S_1 = Desviación Estándar dentro de la prueba

d_2 = factor que depende del numero de cilindros

V_1 = Coeficiente de variación dentro de la prueba

f'_{cr} = Resistencia Promedio de diseño

$f'c$ = Resistencia Especificada a los 28 dias de edad

$t \times S$ = Factor de sobrediseño

t = Constante que depende de la proporción de pruebas de baja resistencia que pueden caer por debajo de $f'c$

N = numero de pruebas a utilizar para promedio movil

La siguiente tabla de datos fue proporcionada y elaborada conjuntamente con personal de la Planta Productora de Hormigón Hormiazuary, en la misma se presenta los siguientes datos:

- Código de Probeta
- Tipo de resistencia Colocación
- Nombre
- N° Mixer
- Fecha de Confección
- Fecha de Rotura
- Días
- Asentamiento Salida (cm)
- Tipo de Estructura
- Altura (cm)
- Diámetro (cm)
- Peso (kg)
- Densidad (kg/m³)
- Área (cm²)
- Carga de Rotura
- Resistencia requerida

- Resistencia de Rotura
- Resistencia Promedio (kg/cm²)
- Porcentaje Resistencia

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión

Código Probeta	Tipo resistencia Colocación	Nombre	No Mixer	Fecha Confección	Fecha Rotura	Días	Asentamiento Salida (cm)	Tipo Estructura	Altura (cm)
1	Bomba	xxx	14	23/11/2015	30/11/2015	7	13	Vía	20.0
2	Bomba	xxx	14	23/11/2015	30/11/2015	7	13	Vía	20.0
03	Bomba	xxx	14	23/11/2015	21/12/2015	28	13	Vía	20.0
04	Bomba	xxx	14	23/11/2015	21/12/2015	28	13	Vía	20.0
01	Bomba	xxx	17	23/11/2015	30/11/2015	7	13	Vía	20.0
02	Bomba	xxx	17	23/11/2015	30/11/2015	7	13	Vía	20.0
03	Bomba	xxx	17	23/11/2015	21/12/2015	28	13	Vía	20.0
04	Bomba	xxx	17	23/11/2015	21/12/2015	28	13	Vía	20.0
01	Bomba	xxx	16	24/11/2015	01/12/2015	7	13	Vía	20.0
02	Bomba	xxx	16	24/11/2015	01/12/2015	7	13	Vía	20.0
03	Bomba	xxx	16	24/11/2015	22/12/2015	28	13	Vía	20.0
04	Bomba	xxx	16	24/11/2015	22/12/2015	28	13	Vía	20.0
01	Bomba	xxx	15	24/11/2015	01/12/2015	7	13	Vía	20.0
02	Bomba	xxx	15	24/11/2015	01/12/2015	7	13	Vía	20.0
03	Bomba	xxx	15	24/11/2015	22/12/2015	28	13	Vía	20.0
04	Bomba	xxx	15	24/11/2015	22/12/2015	28	13	Vía	20.0
01	Bomba	xxx	8	25/11/2015	02/12/2015	7	13	Vía	20.0
02	Bomba	xxx	8	25/11/2015	02/12/2015	7	13	Vía	20.0

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1.: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Área (cm2)	Carga de Rotura	Resistencia requerida	Resistencia Rotura	Resistencia Promedio (Kg / cm2)	Porcentaje Resistencia
10.0	3.84	2444.614	78.54	16250	300	207	210	70%
10.0	3.69	2349.121	78.54	16710	300	213		
10.0	3.68	2342.755	78.54	25330	300	323	329	110%
10.0	3.82	2431.882	78.54	26280	300	335		
10.0	3.76	2393.685	78.54	16530	300	210	209	70%
10.0	3.79	2412.783	78.54	16230	300	207		
10.0	3.75	2387.319	78.54	25170	300	320	325	108%
10.0	3.68	2342.755	78.54	25820	300	329		
10.0	3.84	2444.614	78.54	16890	300	215	214	71%
10.0	3.70	2355.488	78.54	16700	300	213		
10.0	3.84	2444.614	78.54	25810	300	329	333	111%
10.0	3.73	2374.586	78.54	26425	300	336		
10.0	3.82	2431.882	78.54	16899	300	215	220	73%
10.0	3.78	2406.417	78.54	17630	300	224		
10.0	3.80	2419.149	78.54	25550	300	325	328	109%
10.0	3.81	2425.516	78.54	26035	300	331		
10.0	3.77	2400.051	78.54	17090	300	218	224	75%
10.0	3.79	2412.783	78.54	18070	300	230		

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1.: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Código Probeta	Tipo resistencia Colocación	Nombre	No Mixer	Fecha Confección	Fecha Rotura	Días	Asentamiento Salida (cm)	Tipo Estructura	Altura (cm)
03	Bomba	xxx	8	25/11/2015	23/12/2015	28	13	Vía	20.0
04	Bomba	xxx	8	25/11/2015	23/12/2015	28	13	Vía	20.0
01	Bomba	xxx	2	25/11/2015	02/12/2015	7	13	Vía	20.0
02	Bomba	xxx	2	25/11/2015	02/12/2015	7	13	Vía	20.0
03	Bomba	xxx	2	25/11/2015	23/12/2015	28	13	Vía	20.0
04	Bomba	xxx	2	25/11/2015	23/12/2015	28	13	Vía	20.0
01	Bomba	xxx	17	26/11/2015	03/12/2015	7	13	Vía	20.0
02	Bomba	xxx	17	26/11/2015	03/12/2015	7	13	Vía	20.0
03	Bomba	xxx	17	26/11/2015	24/12/2015	28	13	Vía	20.0
04	Bomba	xxx	17	26/11/2015	24/12/2015	28	13	Vía	20.0
01	Bomba	xxx	2	26/11/2015	03/12/2015	7	13	Piso	20.0
02	Bomba	xxx	2	26/11/2015	03/12/2015	7	13	Piso	20.0
03	Bomba	xxx	2	26/11/2015	24/12/2015	28	13	Piso	20.0
04	Bomba	xxx	2	26/11/2015	24/12/2015	28	13	Piso	20.0
01	Bomba	xxx	3	27/11/2015	04/12/2015	7	13	Piso	20.0
02	Bomba	xxx	3	27/11/2015	04/12/2015	7	13	Piso	20.0
03	Bomba	xxx	3	27/11/2015	25/12/2015	28	13	Piso	20.0
04	Bomba	xxx	3	27/11/2015	25/12/2015	28	13	Piso	20.0
01	Bomba	xxx	17	27/11/2015	04/12/2015	7	13	Piso	20.0
02	Bomba	xxx	17	27/11/2015	04/12/2015	7	13	Piso	20.0

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Área (cm2)	Carga de Rotura	Resistencia requerida	Resistencia Rotura	Resistencia Promedio (Kg / cm2)	Porcentaje Resistencia
10.0	3.73	2374.586	78.54	26540	300	338	332	111%
10.0	3.84	2444.614	78.54	25520	300	325		
10.0	3.77	2400.051	78.54	16610	300	211	214	71%
10.0	3.69	2349.121	78.54	17000	300	216		
10.0	3.84	2444.614	78.54	24819	300	316	313	104%
10.0	3.80	2419.149	78.54	24380	300	310		
10.0	3.73	2374.586	78.54	17270	300	220	217	72%
10.0	3.84	2444.614	78.54	16789	300	214		
10.0	3.69	2349.121	78.54	25910	300	330	331	110%
10.0	3.83	2438.248	78.54	26090	300	332		
10.0	3.70	2355.488	78.54	18045	300	230	230	77%
10.0	3.84	2444.614	78.54	17989	300	229		
10.0	3.81	2425.516	78.54	26090	300	332	327	109%
10.0	3.73	2374.586	78.54	25200	300	321		
10.0	3.71	2361.854	78.54	17879	300	228	226	75%
10.0	3.75	2387.319	78.54	17620	300	224		
10.0	3.82	2431.882	78.54	24930	300	317	325	108%
10.0	3.81	2425.516	78.54	26180	300	333		
10.0	3.75	2387.319	78.54	17623	300	224	221	74%
10.0	3.69	2349.121	78.54	17152	300	218		

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Código Probeta	Tipo resistencia Colocación	Nombre	No Mixer	Fecha Confección	Fecha Rotura	Días	Asentamiento Salida (cm)	Tipo Estructura	Altura (cm)
03	Bomba	xxx	17	27/11/2015	25/12/2015	28	13	Piso	20.0
04	Bomba	xxx	17	27/11/2015	25/12/2015	28	13	Piso	20.0
01	Bomba	xxx	16	30/11/2015	07/12/2015	7	13	Vía	20.0
02	Bomba	xxx	16	30/11/2015	07/12/2015	7	13	Vía	20.0
03	Bomba	xxx	16	30/11/2015	28/12/2015	28	13	Vía	20.0
04	Bomba	xxx	16	30/11/2015	28/12/2015	28	13	Vía	20.0
01	Bomba	xxx	3	30/11/2015	07/12/2015	7	13	Vía	20.0
02	Bomba	xxx	3	30/11/2015	07/12/2015	7	13	Vía	20.0
03	Bomba	xxx	3	30/11/2015	28/12/2015	28	13	Vía	20.0
04	Bomba	xxx	3	30/11/2015	28/12/2015	28	13	Vía	20.0
01	Bomba	xxx	16	01/12/2015	08/12/2015	7	13	Vía	20.0
02	Bomba	xxx	16	01/12/2015	08/12/2015	7	13	Vía	20.0
03	Bomba	xxx	16	01/12/2015	29/12/2015	28	13	Vía	20.0
04	Bomba	xxx	16	01/12/2015	29/12/2015	28	13	Vía	20.0
01	Bomba	xxx	12	01/12/2015	08/12/2015	7	13	Vía	20.0
02	Bomba	xxx	12	01/12/2015	08/12/2015	7	13	Vía	20.0
03	Bomba	xxx	12	01/12/2015	29/12/2015	28	13	Vía	20.0
04	Bomba	xxx	12	01/12/2015	29/12/2015	28	13	Vía	20.0
01	Bomba	xxx	15	02/12/2015	09/12/2015	7	13	Piso	20.0
02	Bomba	xxx	15	02/12/2015	09/12/2015	7	13	Piso	20.0

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Área (cm2)	Carga de Rotura	Resistencia requerida	Resistencia Rotura	Resistencia Promedio (Kg / cm2)	Porcentaje Resistencia
10.0	3.70	2355.488	78.54	25145	300	320	325	108%
10.0	3.84	2444.614	78.54	25824	300	329		
10.0	3.77	2400.051	78.54	17090	300	218	222	74%
10.0	3.76	2393.685	78.54	17761	300	226		
10.0	3.74	2380.952	78.54	25457	300	324	320	107%
10.0	3.84	2444.614	78.54	24756	300	315		
10.0	3.80	2419.149	78.54	17062	300	217	221	74%
10.0	3.73	2374.586	78.54	17612	300	224		
10.0	3.81	2425.516	78.54	24894	300	317	317	106%
10.0	3.82	2431.882	78.54	24825	300	316		
10.0	3.73	2374.586	78.54	16123	300	205	214	71%
10.0	3.68	2342.755	78.54	17503	300	223		
10.0	3.74	2380.952	78.54	24895	300	317	318	106%
10.0	3.71	2361.854	78.54	25029	300	319		
10.0	3.82	2431.882	78.54	17629	300	224	222	74%
10.0	3.71	2361.854	78.54	17278	300	220		
10.0	3.83	2438.248	78.54	25578	300	326	325	108%
10.0	3.79	2412.783	78.54	25412	300	324		
10.0	3.72	2368.220	78.54	16750	300	213	211	70%
10.0	3.69	2349.121	78.54	16310	300	208		

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Código Probeta	Tipo resistencia Colocación	Nombre	No Mixer	Fecha Confección	Fecha Rotura	Días	Asentamiento Salida (cm)	Tipo Estructura	Altura (cm)
03	Bomba	xxx	15	02/12/2015	30/12/2015	28	13	Piso	20.0
04	Bomba	xxx	15	02/12/2015	30/12/2015	28	13	Piso	20.0
01	Bomba	xxx	7	02/12/2015	09/12/2015	7	13	Piso	20.0
02	Bomba	xxx	7	02/12/2015	09/12/2015	7	13	Piso	20.0
03	Bomba	xxx	7	02/12/2015	30/12/2015	28	13	Piso	20.0
04	Bomba	xxx	7	02/12/2015	30/12/2015	28	13	Piso	20.0
01	Bomba	xxx	12	03/12/2015	10/12/2015	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	12	03/12/2015	10/12/2015	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	12	03/12/2015	31/12/2015	28	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	12	03/12/2015	31/12/2015	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	9	03/12/2015	10/12/2015	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	9	03/12/2015	10/12/2015	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	9	03/12/2015	31/12/2015	28	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	9	03/12/2015	31/12/2015	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	14	04/12/2015	11/12/2015	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	14	04/12/2015	11/12/2015	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	14	04/12/2015	01/01/2016	28	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	14	04/12/2015	01/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	16	04/12/2015	11/12/2015	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	16	04/12/2015	11/12/2015	7	13	Muro	20.0

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Área (cm2)	Carga de Rotura	Resistencia requerida	Resistencia Rotura	Resistencia Promedio (Kg / cm2)	Porcentaje Resistencia
10.0	3.84	2444.614	78.54	25770	300	328	331	110%
10.0	3.75	2387.319	78.54	26150	300	333		
10.0	3.83	2438.248	78.54	16240	300	207	213	71%
10.0	3.76	2393.685	78.54	17150	300	218		
10.0	3.79	2412.783	78.54	24698	300	314	323	108%
10.0	3.84	2444.614	78.54	26058	300	332		
10.0	3.69	2349.121	78.54	17530	300	223	220	73%
10.0	3.80	2419.149	78.54	17020	300	217		
10.0	3.75	2387.319	78.54	25976	300	331	332	111%
10.0	3.73	2374.586	78.54	26060	300	332		
10.0	3.84	2444.614	78.54	17640	300	225	223	74%
10.0	3.69	2349.121	78.54	17390	300	221		
10.0	3.84	2444.614	78.54	25610	300	326	330	110%
10.0	3.75	2387.319	78.54	26140	300	333		
10.0	3.84	2444.614	78.54	17530	300	223	223	74%
10.0	3.70	2355.488	78.54	17520	300	223		
10.0	3.84	2444.614	78.54	26034	300	331	333	111%
10.0	3.69	2349.121	78.54	26253	300	334		
10.0	3.75	2387.319	78.54	17567	300	224	218	73%
10.0	3.84	2444.614	78.54	16589	300	211		

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Código Probeta	Tipo resistencia Colocación	Nombre	No Mixer	Fecha Confección	Fecha Rotura	Días	Asentamiento Salida (cm)	Tipo Estructura	Altura (cm)
03	Bomba	xxx	16	04/12/2015	01/01/2016	28	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	16	04/12/2015	01/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	12	07/12/2015	14/12/2015	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	12	07/12/2015	14/12/2015	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	12	07/12/2015	04/01/2016	28	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	12	07/12/2015	04/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	14	07/12/2015	14/12/2015	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	14	07/12/2015	14/12/2015	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	14	07/12/2015	04/01/2016	28	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	14	07/12/2015	04/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	17	08/12/2015	15/12/2015	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	17	08/12/2015	15/12/2015	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	17	08/12/2015	05/01/2016	28	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	17	08/12/2015	05/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	12	08/12/2015	15/12/2015	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	12	08/12/2015	15/12/2015	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	12	08/12/2015	05/01/2016	28	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	12	08/12/2015	05/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	8	09/12/2015	16/12/2015	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	8	09/12/2015	16/12/2015	7	13	Muro	20.0

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Área (cm2)	Carga de Rotura	Resistencia requerida	Resistencia Rotura	Resistencia Promedio (Kg / cm2)	Porcentaje Resistencia
10.0	3.69	2349.121	78.54	24567	300	313	324	108%
10.0	3.72	2368.220	78.54	26278	300	335		
10.0	3.84	2444.614	78.54	16968	300	216	220	73%
10.0	3.69	2349.121	78.54	17531	300	223		
10.0	3.70	2355.488	78.54	25456	300	324	327	109%
10.0	3.74	2380.952	78.54	25865	300	329		
10.0	3.76	2393.685	78.54	17356	300	221	221	74%
10.0	3.69	2349.121	78.54	17260	300	220		
10.0	3.71	2361.854	78.54	25950	300	330	321	107%
10.0	3.74	2380.952	78.54	24450	300	311		
10.0	3.84	2444.614	78.54	17150	300	218	214	71%
10.0	3.80	2419.149	78.54	16470	300	210		
10.0	3.83	2438.248	78.54	26045	300	332	329	110%
10.0	3.79	2412.783	78.54	25580	300	326		
10.0	3.73	2374.586	78.54	17040	300	217	221	74%
10.0	3.84	2444.614	78.54	17670	300	225		
10.0	3.80	2419.149	78.54	25211	300	321	327	109%
10.0	3.75	2387.319	78.54	26180	300	333		
10.0	3.82	2431.882	78.54	17570	300	224	215	72%
10.0	3.77	2400.051	78.54	16200	300	206		

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Código Probeta	Tipo resistencia Colocación	Nombre	No Mixer	Fecha Confección	Fecha Rotura	Días	Asentamiento Salida (cm)	Tipo Estructura	Altura (cm)
03	Bomba	xxx	8	09/12/2015	06/01/2016	28	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	8	09/12/2015	06/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	3	09/12/2015	16/12/2015	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	3	09/12/2015	16/12/2015	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	3	09/12/2015	06/01/2016	28	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	3	09/12/2015	06/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	17	10/12/2015	17/12/2015	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	17	10/12/2015	17/12/2015	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	17	10/12/2015	07/01/2016	28	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	17	10/12/2015	07/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	14	10/12/2015	17/12/2015	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	14	10/12/2015	17/12/2015	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	14	10/12/2015	07/01/2016	28	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	14	10/12/2015	07/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	12	11/12/2015	18/12/2015	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	12	11/12/2015	18/12/2015	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	12	11/12/2015	08/01/2016	28	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	12	11/12/2015	08/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	3	11/12/2015	18/12/2015	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	3	11/12/2015	18/12/2015	7	13	Muro	20.0

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Área (cm2)	Carga de Rotura	Resistencia requerida	Resistencia Rotura	Resistencia Promedio (Kg / cm2)	Porcentaje Resistencia
10.0	3.79	2412.783	78.54	26287	300	335	332	111%
10.0	3.80	2419.149	78.54	25840	300	329		
10.0	3.69	2349.121	78.54	17200	300	219	217	72%
10.0	3.70	2355.488	78.54	16870	300	215		
10.0	3.75	2387.319	78.54	25131	300	320	319	106%
10.0	3.84	2444.614	78.54	24935	300	317		
10.0	3.73	2374.586	78.54	16410	300	209	217	72%
10.0	3.79	2412.783	78.54	17620	300	224		
10.0	3.69	2349.121	78.54	25130	300	320	325	108%
10.0	3.75	2387.319	78.54	25823	300	329		
10.0	3.70	2355.488	78.54	17080	300	217	220	73%
10.0	3.84	2444.614	78.54	17550	300	223		
10.0	3.83	2438.248	78.54	25300	300	322	327	109%
10.0	3.84	2444.614	78.54	26090	300	332		
10.0	3.80	2419.149	78.54	17625	300	224	221	74%
10.0	3.75	2387.319	78.54	17064	300	217		
10.0	3.82	2431.882	78.54	24612	300	313	322	107%
10.0	3.77	2400.051	78.54	25986	300	331		
10.0	3.79	2412.783	78.54	17370	300	221	239	80%
10.0	3.80	2419.149	78.54	20110	300	256		

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Código Probeta	Tipo resistencia Colocación	Nombre	No Mixer	Fecha Confección	Fecha Rotura	Días	Asentamiento Salida (cm)	Tipo Estructura	Altura (cm)
03	Bomba	xxx	3	11/12/2015	08/01/2016	28	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	3	11/12/2015	08/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	16	14/12/2015	21/12/2015	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	16	14/12/2015	21/12/2015	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	16	14/12/2015	11/01/2016	28	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	16	14/12/2015	11/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	15	14/12/2015	21/12/2015	7	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	15	14/12/2015	21/12/2015	7	13	Zapatas	20.0
02	Bomba	xxx	15	14/12/2015	11/01/2016	28	13	Zapatas	20.0
03	Bomba	xxx	15	14/12/2015	11/01/2016	28	13	Zapatas	20.0
04	Bomba	xxx	17	15/12/2015	22/12/2015	7	13	Zapatas	20.0
01	Bomba	xxx	17	15/12/2015	22/12/2015	7	13	Zapatas	20.0
02	Bomba	xxx	17	15/12/2015	12/01/2016	28	13	Zapatas	20.0
03	Bomba	xxx	17	15/12/2015	12/01/2016	28	13	Zapatas	20.0
04	Bomba	xxx	15	15/12/2015	22/12/2015	7	13	Zapatas	20.0
01	Bomba	xxx	15	15/12/2015	22/12/2015	7	13	Zapatas	20.0
01	Bomba	xxx	15	15/12/2015	12/01/2016	28	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	15	15/12/2015	12/01/2016	28	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	14	16/12/2015	23/12/2015	7	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	14	16/12/2015	23/12/2015	7	13	Muro	20.0

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Área (cm2)	Carga de Rotura	Resistencia requerida	Resistencia Rotura	Resistencia Promedio (Kg / cm2)	Porcentaje Resistencia
10.0	3.69	2349.121	78.54	25360	300	323	327	109%
10.0	3.70	2355.488	78.54	25910	300	330		
10.0	3.75	2387.319	78.54	16680	300	212	214	71%
10.0	3.84	2444.614	78.54	16970	300	216		
10.0	3.73	2374.586	78.54	24720	300	315	317	106%
10.0	3.84	2444.614	78.54	24989	300	318		
10.0	3.69	2349.121	78.54	16960	300	216	212	71%
10.0	3.68	2342.755	78.54	16340	300	208		
10.0	3.82	2431.882	78.54	25026	300	319	326	109%
10.0	3.76	2393.685	78.54	26090	300	332		
10.0	3.79	2412.783	78.54	16910	300	215	220	73%
10.0	3.75	2387.319	78.54	17678	300	225		
10.0	3.68	2342.755	78.54	25263	300	322	327	109%
10.0	3.84	2444.614	78.54	26090	300	332		
10.0	3.70	2355.488	78.54	16860	300	215	220	73%
10.0	3.84	2444.614	78.54	17621	300	224		
10.0	3.73	2374.586	78.54	25560	300	325	319	106%
10.0	3.77	2400.051	78.54	24590	300	313		
10.0	3.79	2412.783	78.54	16520	300	210	217	72%
10.0	3.80	2419.149	78.54	17510	300	223		

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Código Probeta	Tipo resistencia Colocación	Nombre	No Mixer	Fecha Confección	Fecha Rotura	Días	Asentamiento Salida (cm)	Tipo Estructura	Altura (cm)
01	Bomba	xxx	14	16/12/2015	13/01/2016	28	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	14	16/12/2015	13/01/2016	28	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	15	16/12/2015	23/12/2015	7	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	15	16/12/2015	23/12/2015	7	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	15	16/12/2015	13/01/2016	28	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	15	16/12/2015	13/01/2016	28	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	16	17/12/2015	24/12/2015	7	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	16	17/12/2015	24/12/2015	7	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	16	17/12/2015	14/01/2016	28	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	16	17/12/2015	14/01/2016	28	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	17	17/12/2015	24/12/2015	7	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	17	17/12/2015	24/12/2015	7	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	17	17/12/2015	14/01/2016	28	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	17	17/12/2015	14/01/2016	28	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	02	18/12/2015	25/12/2015	7	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	02	18/12/2015	25/12/2015	7	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	02	18/12/2015	15/01/2016	28	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	02	18/12/2015	15/01/2016	28	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	17	18/12/2015	25/12/2015	7	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	17	18/12/2015	25/12/2015	7	13	Muro	20.0

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Área (cm2)	Carga de Rotura	Resistencia requerida	Resistencia Rotura	Resistencia Promedio (Kg / cm2)	Porcentaje Resistencia
10.0	3.69	2349.121	78.54	26080	300	332	327	109%
10.0	3.70	2355.488	78.54	25300	300	322		
10.0	3.75	2387.319	78.54	17560	300	224	221	74%
10.0	3.84	2444.614	78.54	17090	300	218		
10.0	3.73	2374.586	78.54	25870	300	329	332	111%
10.0	3.84	2444.614	78.54	26230	300	334		
10.0	3.69	2349.121	78.54	16850	300	215	217	72%
10.0	3.70	2355.488	78.54	17180	300	219		
10.0	3.80	2419.149	78.54	25750	300	328	331	110%
10.0	3.71	2361.854	78.54	26150	300	333		
10.0	3.69	2349.121	78.54	17510	300	223	219	73%
10.0	3.70	2355.488	78.54	16880	300	215		
10.0	3.75	2387.319	78.54	25310	300	322	319	106%
10.0	3.84	2444.614	78.54	24840	300	316		
10.0	3.73	2374.586	78.54	16780	300	214	219	73%
10.0	3.84	2444.614	78.54	17580	300	224		
10.0	3.69	2349.121	78.54	25260	300	322	328	109%
10.0	3.68	2342.755	78.54	26130	300	333		
10.0	3.82	2431.882	78.54	17700	300	225	218	73%
10.0	3.76	2393.685	78.54	16560	300	211		

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Código Probeta	Tipo resistencia Colocación	Nombre	No Mixer	Fecha Confección	Fecha Rotura	Días	Asentamiento Salida (cm)	Tipo Estructura	Altura (cm)
01	Bomba	xxx	17	18/12/2015	15/01/2016	28	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	17	18/12/2015	15/01/2016	28	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	4	21/12/2015	28/12/2015	7	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	4	21/12/2015	28/12/2015	7	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	4	21/12/2015	18/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	4	21/12/2015	18/01/2016	28	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	16	21/12/2015	28/12/2015	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	16	21/12/2015	28/12/2015	7	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	16	21/12/2015	18/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	16	21/12/2015	18/01/2016	28	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	14	22/12/2015	29/12/2015	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	14	22/12/2015	29/12/2015	7	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	14	22/12/2015	19/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	14	22/12/2015	19/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	15	22/12/2015	29/12/2015	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	15	22/12/2015	29/12/2015	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	15	22/12/2015	19/01/2016	28	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	15	22/12/2015	19/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	16	23/12/2015	30/12/2015	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	16	23/12/2015	30/12/2015	7	13	Muro	20.0

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Área (cm2)	Carga de Rotura	Resistencia requerida	Resistencia Rotura	Resistencia Promedio (Kg / cm2)	Porcentaje Resistencia
10.0	3.79	2412.783	78.54	26010	300	331	332	111%
10.0	3.75	2387.319	78.54	26150	300	333		
10.0	3.68	2342.755	78.54	17510	300	223	217	72%
10.0	3.84	2444.614	78.54	16540	300	211		
10.0	3.70	2355.488	78.54	24380	300	310	318	106%
10.0	3.84	2444.614	78.54	25500	300	325		
10.0	3.73	2374.586	78.54	17700	300	225	221	74%
10.0	3.77	2400.051	78.54	17020	300	217		
10.0	3.79	2412.783	78.54	25370	300	323	324	108%
10.0	3.73	2374.586	78.54	25550	300	325		
10.0	3.84	2444.614	78.54	16680	300	212	214	71%
10.0	3.69	2349.121	78.54	16950	300	216		
10.0	3.83	2438.248	78.54	26170	300	333	332	111%
10.0	3.70	2355.488	78.54	26010	300	331		
10.0	3.84	2444.614	78.54	16400	300	209	211	70%
10.0	3.81	2425.516	78.54	16690	300	213		
10.0	3.73	2374.586	78.54	25210	300	321	328	109%
10.0	3.71	2361.854	78.54	26250	300	334		
10.0	3.75	2387.319	78.54	17550	300	223	215	72%
10.0	3.82	2431.882	78.54	16250	300	207		

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Código Probeta	Tipo resistencia Colocación	Nombre	No Mixer	Fecha Confección	Fecha Rotura	Días	Asentamiento Salida (cm)	Tipo Estructura	Altura (cm)
03	Bomba	xxx	16	23/12/2015	20/01/2016	28	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	16	23/12/2015	20/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	8	23/12/2015	30/12/2015	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	8	23/12/2015	30/12/2015	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	8	23/12/2015	20/01/2016	28	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	8	23/12/2015	20/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	12	28/12/2015	04/01/2016	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	12	28/12/2015	04/01/2016	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	12	28/12/2015	25/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	12	28/12/2015	25/01/2016	28	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	07	28/12/2015	04/01/2016	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	07	28/12/2015	04/01/2016	7	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	07	28/12/2015	25/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	07	28/12/2015	25/01/2016	28	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	03	29/12/2015	05/01/2016	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	03	29/12/2015	05/01/2016	7	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	03	29/12/2015	26/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	03	29/12/2015	26/01/2016	28	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	12	29/12/2015	05/01/2016	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	12	29/12/2015	05/01/2016	7	13	Muro	20.0

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Área (cm2)	Carga de Rotura	Resistencia requerida	Resistencia Rotura	Resistencia Promedio (Kg / cm2)	Porcentaje Resistencia
10.0	3.81	2425.516	78.54	24900	300	317	320	107%
10.0	3.75	2387.319	78.54	25330	300	323		
10.0	3.69	2349.121	78.54	16550	300	211	217	72%
10.0	3.70	2355.488	78.54	17485	300	223		
10.0	3.84	2444.614	78.54	26130	300	333	326	109%
10.0	3.77	2400.051	78.54	25030	300	319		
10.0	3.76	2393.685	78.54	17070	300	217	220	73%
10.0	3.74	2380.952	78.54	17540	300	223		
10.0	3.84	2444.614	78.54	26290	300	335	332	111%
10.0	3.80	2419.149	78.54	25870	300	329		
10.0	3.73	2374.586	78.54	17070	300	217	220	73%
10.0	3.81	2425.516	78.54	17490	300	223		
10.0	3.82	2431.882	78.54	26210	300	334	328	109%
10.0	3.73	2374.586	78.54	25250	300	321		
10.0	3.68	2342.755	78.54	17510	300	223	222	74%
10.0	3.74	2380.952	78.54	17360	300	221		
10.0	3.71	2361.854	78.54	25070	300	319	322	107%
10.0	3.82	2431.882	78.54	25560	300	325		
10.0	3.71	2361.854	78.54	17570	300	224	220	73%
10.0	3.83	2438.248	78.54	16920	300	215		

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Código Probeta	Tipo resistencia Colocación	Nombre	No Mixer	Fecha Confección	Fecha Rotura	Días	Asentamiento Salida (cm)	Tipo Estructura	Altura (cm)
04	Bomba	xxx	12	29/12/2015	26/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	12	29/12/2015	26/01/2016	28	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	08	30/12/2015	06/01/2016	7	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	08	30/12/2015	06/01/2016	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	08	30/12/2015	27/01/2016	28	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	08	30/12/2015	27/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	17	30/12/2015	06/01/2016	7	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	17	30/12/2015	06/01/2016	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	17	30/12/2015	27/01/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	17	30/12/2015	27/01/2016	28	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	03	04/01/2016	11/01/2016	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	03	04/01/2016	11/01/2016	7	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	03	04/01/2016	01/02/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	03	04/01/2016	01/02/2016	28	13	Zapata	20.0
02	Bomba	xxx	15	04/01/2016	11/01/2016	7	13	Zapata	20.0
03	Bomba	xxx	15	04/01/2016	11/01/2016	7	13	Zapata	20.0
04	Bomba	xxx	15	04/01/2016	01/02/2016	28	13	Zapata	20.0
01	Bomba	xxx	15	04/01/2016	01/02/2016	28	13	Zapata	20.0
02	Bomba	xxx	08	05/01/2016	12/01/2016	7	13	Zapata	20.0
03	Bomba	xxx	08	05/01/2016	12/01/2016	7	13	Zapata	20.0

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Área (cm2)	Carga de Rotura	Resistencia requerida	Resistencia Rotura	Resistencia Promedio (Kg / cm2)	Porcentaje Resistencia
10.0	3.79	2412.783	78.54	25820	300	329	330	110%
10.0	3.72	2368.220	78.54	25915	300	330		
10.0	3.69	2349.121	78.54	16780	300	214	222	74%
10.0	3.84	2444.614	78.54	17960	300	229		
10.0	3.75	2387.319	78.54	26043	300	332	329	110%
10.0	3.74	2380.952	78.54	25510	300	325		
10.0	3.84	2444.614	78.54	17580	300	224	217	72%
10.0	3.80	2419.149	78.54	16480	300	210		
10.0	3.73	2374.586	78.54	25380	300	323	328	109%
10.0	3.81	2425.516	78.54	26080	300	332		
10.0	3.82	2431.882	78.54	16880	300	215	211	70%
10.0	3.73	2374.586	78.54	16140	300	206		
10.0	3.68	2342.755	78.54	25936	300	330	329	110%
10.0	3.74	2380.952	78.54	25680	300	327		
10.0	3.71	2361.854	78.54	16580	300	211	217	72%
10.0	3.82	2431.882	78.54	17530	300	223		
10.0	3.71	2361.854	78.54	25050	300	319	327	109%
10.0	3.83	2438.248	78.54	26270	300	334		
10.0	3.79	2412.783	78.54	17252	300	220	218	73%
10.0	3.75	2387.319	78.54	16910	300	215		

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Código Probeta	Tipo resistencia Colocación	Nombre	No Mixer	Fecha Confección	Fecha Rotura	Días	Asentamiento Salida (cm)	Tipo Estructura	Altura (cm)
04	Bomba	xxx	08	05/01/2016	02/02/2016	28	13	Zapata	20.0
01	Bomba	xxx	08	05/01/2016	02/02/2016	28	13	Zapata	20.0
02	Bomba	xxx	14	05/01/2016	12/01/2016	7	13	Zapata	20.0
03	Bomba	xxx	14	05/01/2016	12/01/2016	7	13	Zapata	20.0
04	Bomba	xxx	14	05/01/2016	02/02/2016	28	13	Zapata	20.0
01	Bomba	xxx	14	05/01/2016	02/02/2016	28	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	6	06/01/2016	13/01/2016	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	6	06/01/2016	13/01/2016	7	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	6	06/01/2016	03/02/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	6	06/01/2016	03/02/2016	28	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	14	06/01/2016	13/01/2016	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	14	06/01/2016	13/01/2016	7	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	14	06/01/2016	03/02/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	14	06/01/2016	03/02/2016	28	13	Muro	20.0
02	Bomba	xxx	12	07/01/2016	14/01/2016	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	12	07/01/2016	14/01/2016	7	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	12	07/01/2016	04/02/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	12	07/01/2016	04/02/2016	28	13	Muro	20.0

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Área (cm2)	Carga de Rotura	Resistencia requerida	Resistencia Rotura	Resistencia Promedio (Kg / cm2)	Porcentaje Resistencia
10.0	3.81	2425.516	78.54	26250	300	334	333	111%
10.0	3.68	2342.755	78.54	26090	300	332		
10.0	3.75	2387.319	78.54	17560	300	224	219	73%
10.0	3.71	2361.854	78.54	16760	300	213		
10.0	3.84	2444.614	78.54	25550	300	325	318	106%
10.0	3.80	2419.149	78.54	24440	300	311		
10.0	3.81	2425.516	78.54	16430	300	209	216	72%
10.0	3.82	2431.882	78.54	17550	300	223		
10.0	3.71	2361.854	78.54	26270	300	334	328	109%
10.0	3.83	2438.248	78.54	25220	300	321		
10.0	3.79	2412.783	78.54	17420	300	222	223	74%
10.0	3.75	2387.319	78.54	17510	300	223		
10.0	3.81	2425.516	78.54	24835	300	316	323	108%
10.0	3.68	2342.755	78.54	25870	300	329		
10.0	3.75	2387.319	78.54	17252	300	220	218	73%
10.0	3.71	2361.854	78.54	16910	300	215		
10.0	3.84	2444.614	78.54	26250	300	334	330	110%
10.0	3.80	2419.149	78.54	25590	300	326		

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Código Probeta	Tipo resistencia Colocación	Nombre	No Mixer	Fecha Confección	Fecha Rotura	Días	Asentamiento Salida (cm)	Tipo Estructura	Altura (cm)
02	Bomba	xxx	15	07/01/2016	14/01/2016	7	13	Muro	20.0
03	Bomba	xxx	15	07/01/2016	14/01/2016	7	13	Muro	20.0
04	Bomba	xxx	15	07/01/2016	04/02/2016	28	13	Muro	20.0
01	Bomba	xxx	15	07/01/2016	04/02/2016	28	13	Muro	20.0

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.1: Datos de las pruebas de Resistencia a la Compresión (Continuación)

Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Área (cm2)	Carga de Rotura	Resistencia requerida	Resistencia Rotura	Resistencia Promedio (Kg / cm2)	Porcentaje Resistencia
10.0	3.81	2425.516	78.54	17310	300	220	217	72%
10.0	3.82	2431.882	78.54	16790	300	214		
10.0	3.69	2349.121	78.54	24970	300	318	319	106%
10.0	3.70	2355.488	78.54	25060	300	319		

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

3.2 Número de pruebas

Para obtener el máximo de información, debe efectuarse una cantidad suficiente de pruebas, el número de pruebas efectuadas debe ser el correspondiente a un mismo tipo de mezcla, siendo este producido de manera consecutiva y en condiciones similares durante un periodo de tiempo definido.

Para que el análisis estadístico sea representativo el número mínimo de pruebas debe ser de 30 datos, siendo estos el resultado promedio de cilindros tomados de una misma mezcla y ensayados a los 28 días, o a la edad especificada en el caso de que sea diferente de 28 días. (ACI214, 2011)

En el análisis que se ejecutó en la Fábrica de Hormiazuay se realizó un número de pruebas de 30 datos, para un hormigón de diseño de 300 kg/cm² empezando la toma de datos el día 23 de noviembre del 2015 hasta el día 07 de enero del 2016 y la rotura de las muestras a la edad de 28 días empezando el día 21 de diciembre del 2015 hasta el día 04 de febrero del 2016. La toma de especímenes, curado y ensayo a la compresión se efectuaron en forma conjunta con el personal técnico de la empresa, y la supervisión del Ingeniero encargado de la misma.

Tabla 3.2: Número de Ensayos y Resistencias a los 28 días en la Planta Hormiazuay

NUMERO DE ENSAYOS	FECHA DE CONFECCION	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA A 28 DIAS (kg/cm ²)
1	23/11/2015	21/12/2015	323
	23/11/2015	21/12/2015	335
2	24/11/2015	22/12/2015	329
	24/11/2015	22/12/2015	336
3	25/11/2015	23/12/2015	338
	25/11/2015	23/12/2015	325
4	26/11/2015	24/12/2015	330
	26/11/2015	24/12/2015	332
5	27/11/2015	25/12/2015	317
	27/11/2015	25/12/2015	333

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.2: Número de Ensayos y Resistencias a los 28 días en la Planta Hormiazúay (Continuación)

NUMERO DE ENSAYOS	FECHA DE CONFECCION	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA A 28 DIAS (kg/cm²)
6	30/11/2015	28/12/2015	324
	30/11/2015	28/12/2015	315
7	01/12/2015	29/12/2015	317
	01/12/2015	29/12/2015	319
8	02/12/2015	30/12/2015	328
	02/12/2015	30/12/2015	333
9	03/12/2015	31/12/2015	331
	03/12/2015	31/12/2015	332
10	04/12/2015	01/01/2016	331
	04/12/2015	01/01/2016	334
11	07/12/2015	04/01/2016	324
	07/12/2015	04/01/2016	329
12	08/12/2015	05/01/2016	332
	08/12/2015	05/01/2016	326
13	09/12/2015	06/01/2016	335
	09/12/2015	06/01/2016	329
14	10/12/2015	07/01/2016	320
	10/12/2015	07/01/2016	329
15	11/12/2015	08/01/2016	313
	11/12/2015	08/01/2016	331
16	14/12/2015	11/01/2016	315
	14/12/2015	11/01/2016	318
17	15/12/2015	12/01/2016	322
	15/12/2015	12/01/2016	332
18	16/12/2015	13/01/2016	332
	16/12/2015	13/01/2016	322
19	17/12/2015	14/01/2016	328
	17/12/2015	14/01/2016	333
20	18/12/2015	15/01/2016	322
	18/12/2015	15/01/2016	333
21	21/12/2015	18/01/2016	310
	21/12/2015	18/01/2016	325

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

Tabla 3.2: Número de Ensayos y Resistencias a los 28 días en la Planta Hormiazuaay (Continuación)

NUMERO DE ENSAYOS	FECHA DE CONFECCION	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA A 28 DIAS (kg/cm ²)
22	22/12/2015	19/01/2016	333
	22/12/2015	19/01/2016	331
23	23/12/2015	20/01/2016	317
	23/12/2015	20/01/2016	323
24	28/12/2015	25/01/2016	335
	28/12/2015	25/01/2016	329
25	29/12/2015	26/01/2016	319
	29/12/2015	26/01/2016	325
26	30/12/2015	27/01/2016	332
	30/12/2015	27/01/2016	325
27	04/01/2016	01/02/2016	330
	04/01/2016	01/02/2016	327
28	05/01/2016	02/02/2016	334
	05/01/2016	02/02/2016	332
29	06/01/2016	03/02/2016	334
	06/01/2016	03/02/2016	321
30	07/01/2016	04/02/2016	334
	07/01/2016	04/02/2016	326

Fuente: (HORMIAZUAY, 2015-2016)

3.3 Promedio Aritmético

En matemáticas y estadística, la media o promedio aritmético de un conjunto de datos, se define como la suma de todos los valores divididos entre el número de sumando.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum xi}{n}$$

Ecuación 1: Promedio Aritmético (\bar{x})

En donde:

\bar{x} = Promedio Aritmético

x_i = Resultados de Resistencia de las Pruebas promedio de dos cilindros compañeros

De una misma mezcla

n = número de datos

Para el presente caso el promedio aritmético se define como la suma aritmética de los resultados de resistencia de todas las pruebas individuales (X_i), dividida por el número total de pruebas efectuadas (número de datos n). (ACI214, 2011)

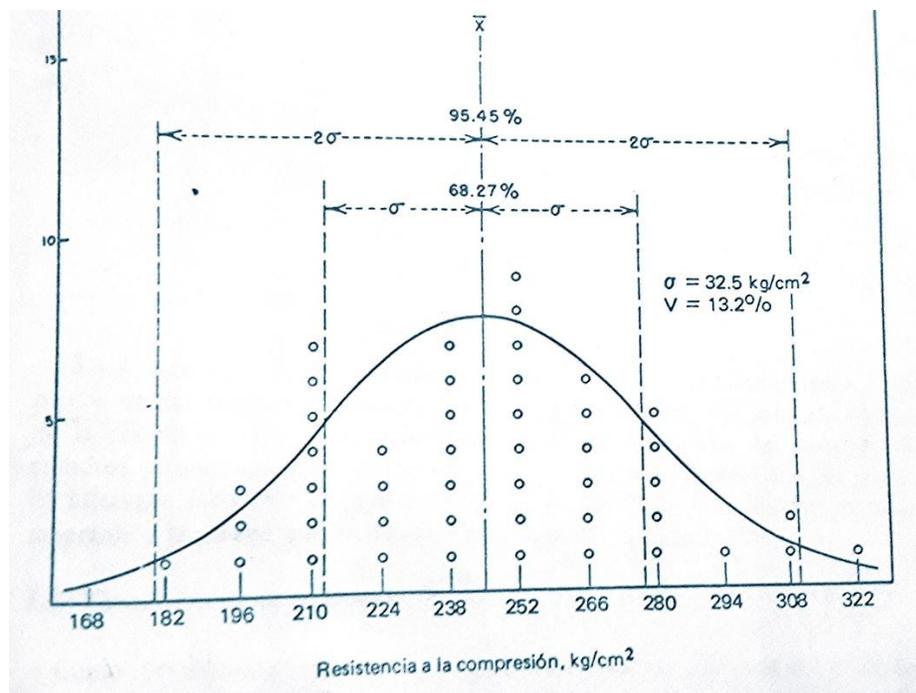


Figura 13: Distribución de Frecuencias de ensayos de resistencia del concreto con su correspondiente distribución normal

Fuente: (Sanchez de Guzman, Concretos y Morteros, 2006)

El promedio aritmético es una medida de tendencia central que caracteriza a un conjunto de pruebas. Si observamos la Figura 13 se ve que una característica principal de la curva de distribución normal es que representa simetría con relación al valor promedio \bar{X} lo cual significa que la mitad de los valores son menores y la otra mitad mayores que dicho promedio, por lo tanto el valor del promedio aritmético corresponde al valor central en la Campana de Gauss.

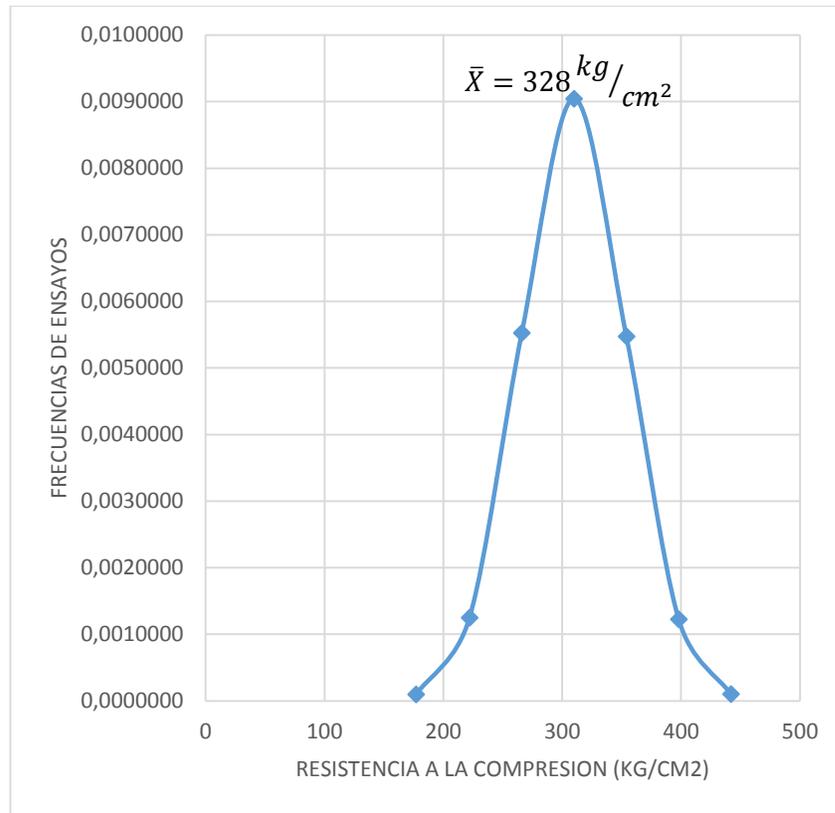


Figura 14: Distribución de Frecuencias de ensayos de resistencia del concreto con su correspondiente distribución normal en la Planta Hormiazuary

El Promedio Aritmético de la Fábrica Hormiazuary para 30 datos de un hormigón de diseño igual a $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$ es de $\bar{X}= 328 \text{ kg/cm}^2$

3.4 Desviación Estándar

Definido en estadística como el promedio o variación de cada uno de los datos con respecto a la media aritmética.

Desviación Estándar (S):

$$S = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum \bar{x}_i)^2}{n}}{n - 1}}$$

Ecuación 2: Desviación Estándar (S)

En donde:

S = Desviación Estándar o desviación típica

\bar{x} = Promedio Aritmético

x_i = Resultados de Resistencia de las Pruebas

n = número de datos

Para este caso la desviación estándar o desviación típica se define como la raíz cuadrada del promedio de la suma de los cuadrados de las desviaciones de la resistencia, respecto a la resistencia promedio, dividido entre el número de pruebas n menos 1. (ACI214, 2011)

La desviación estándar es una medida de dispersión, que nos indica cuanto están distanciadas las pruebas con relación al promedio aritmético.

Mientras mayor sea la diferencia de cada prueba con relación al promedio, mayor será la dispersión de las pruebas y por lo tanto mayor la desviación estándar (S), conforme aumentan las variaciones en la resistencia, los valores se apartan y la curva se vuelve baja o alargada, esto se muestra en la Figura 15.

Lo cual indica que la desviación típica es una medida de dispersión de los resultados como se observa en la figura A además de ser simétrica el 68,27% de los datos están comprendidos en un radio de $\bar{X} \pm S$ que el 95,45% de los datos están comprendidos en un radio de acción de $\bar{X} \pm 2S$ y el 99.73% de los datos están comprendidos en un radio de acción de $\bar{X} \pm 3S$. (ACI318, 2014)

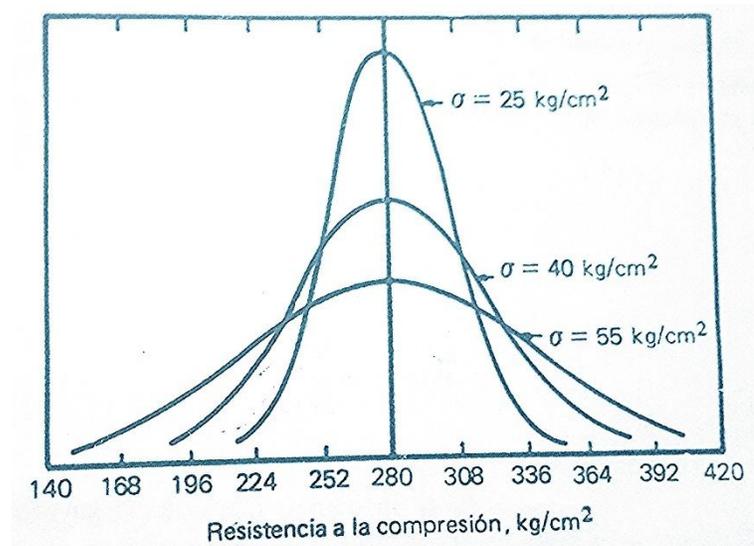


Figura 15: Curvas normales de frecuencia para diferentes desviaciones estándar

Fuente: (IMCYC, 2007)

De lo indicado se puede decir que para realizar una evaluación de un conjunto de pruebas de una misma clase de concreto no es suficiente conocer el promedio aritmético ya que al compararlo con otro conjunto de pruebas podrían tener idénticos valores de promedio aritmético pero diferentes dispersiones como se puede ver en la Figura 16 o igual promedios aritméticos con igual dispersión.

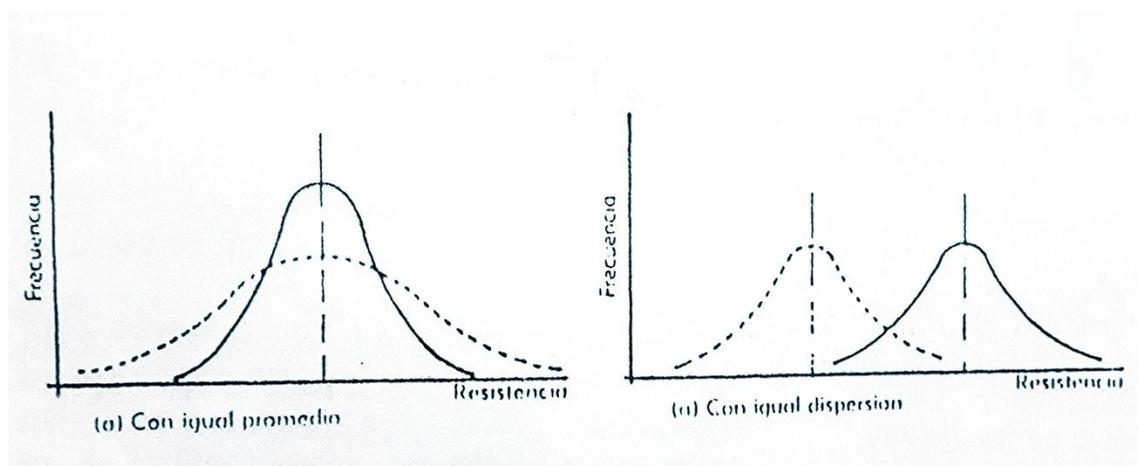


Figura 16: Comparación entre dos distribuciones de frecuencia normal

Fuente: (Sanchez de Guzman, Concretos y Morteros, 2006)

Al realizar el análisis de los datos o resultados en la planta Hormiazuary se encontró una desviación estándar $S = 5$

$$S = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum \bar{x}_i)^2}{n}}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(328)^2}{30}}{30 - 1}}$$

$$S = 5$$

Tabla 3.3: Resultado el número de pruebas de hormigón dentro de los rangos de desviación estándar S

RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm²)	N° de pruebas
X-3S	0
X-2S	1
X-S	4
X	
X+S	23
X+2S	2
X+3S	0
TOTAL DE PRUEBAS	30

Tabla 3.4: Distribución porcentual del área bajo la curva de una distribución normal de frecuencias, con relación al promedio aritmético en múltiplos de la desviación estándar

Rango	NORMA	HORMIAZUAY	
S	68.27%	90.00%	CUMPLE
2S	95.45%	100.00%	CUMPLE
3S	99.73%	100.00%	CUMPLE

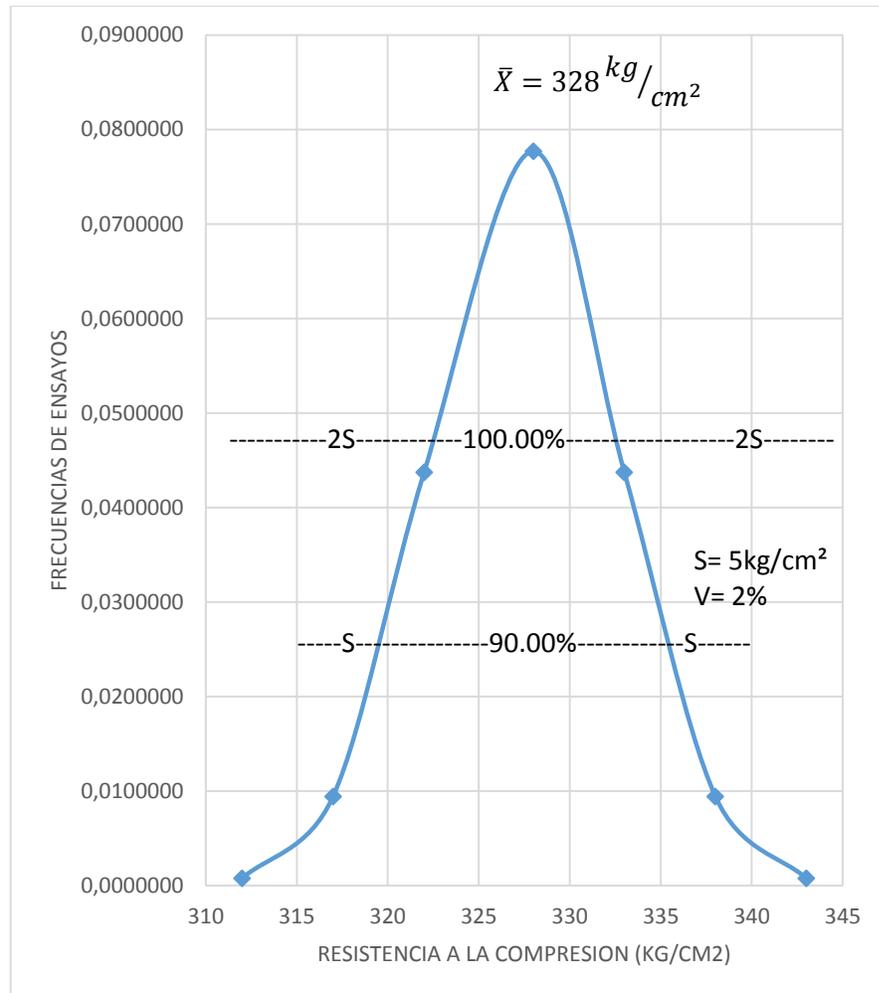


Figura 17: Distribución de frecuencia de ensayos de Resistencia de con su correspondiente distribución normal en la Planta Hormiazuay

3.5 Coeficiente de Variación

Definida en estadística como la cantidad de variabilidad en relación con la media.

Coeficiente de Variación (V):

$$V = \frac{S \times 100}{\bar{x}}$$

Ecuación 3: Coeficiente de Variación (V)

En donde:

V = Coeficiente de Variación

S = Desviación Estándar o desviación típica

\bar{x} = Promedio Aritmético

Es decir el coeficiente de variación está definido en términos de la desviación estándar S , expresada como un porcentaje del promedio aritmético \bar{X} .

Con los resultados de los datos de los ensayos realizados en Empresa Hormiazuay se obtiene:

$$V = \frac{S \times 100}{\bar{x}}$$

$$V = \frac{5 \times 100}{328}$$

$$V = 2\%$$

3.6 Intervalo o Rango (R)

Definida en estadística como el intervalo entre el valor máximo y el valor mínimo.

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

Ecuación 4: Intervalo o Rango (R)

En donde:

R = Intervalo o Rango

X_{\max} = medida de dispersion mas alta de las pruebas de resistencia

X_{\min} = medida de dispersion mas baja de las pruebas de resistencia

Para el presente estudio el intervalo o rango es una medida de dispersión que se obtiene de restar el menor de la prueba, del mayor valor de la prueba.

El intervalo en el caso de la Planta Hormiazuary es:

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

$$R = 327 - 317$$

$$R = 20$$

3.7 Variaciones Inherentes o dentro de la Prueba

Es importante que además del promedio aritmético, la desviación estándar, la variación del conjunto de pruebas (30 pruebas), se tenga en cuenta los resultados de uniformidad de cada prueba, ya que las variaciones de resultados de resistencia del concreto pueden corresponder a la prueba misma por la confección y tratamiento de los especímenes y métodos de ensayo.

3.7.1 Intervalo Promedio

Intervalo Promedio (\bar{R}):

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n} = \frac{\sum R_i}{n}$$

Ecuación 5: Intervalo Promedio (\bar{R})

En donde:

\bar{R} = Intervalo Promedio

R_i = Intervalos dentro de la prueba

n = número de datos

Es decir el intervalo Promedio \bar{R} se determina por la suma aritmética de los intervalos dentro de la prueba (R) de todas las pruebas individuales, dividida por el número total de pruebas efectuadas (número de datos n)

Este valor de intervalo promedio dentro de la prueba (\bar{R}) es útil para el cálculo de la desviación estándar dentro de la prueba.

Dentro de los cálculos realizados en la Planta Hormiazuay se dio:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n} = \frac{242}{30}$$

$$\bar{R} = 8$$

3.7.2 Desviación estándar dentro de la prueba S_1

$$s_1 = \frac{1}{d_2} \bar{R}$$

Ecuación 6: Desviación estándar dentro de la prueba (S_1)

En donde:

S_1 = Desviación Estándar dentro de la prueba

d_2 = factor que depende del numero de cilindros

\bar{R} = Intervalo Promedio

Es decir se divide 1 para factor d_2 es un factor que depende del número de cilindros dentro de la prueba como consta en la siguiente tabla; multiplicado por el resultado de intervalo promedio \bar{R} .

Tabla 3.5: Factores para calcular la desviación estándar inherente a la prueba

NUMERO DE CILINDROS	d2	1/d2
2	1.128	0.8865
3	1.693	0.5907
4	2.059	0.4857
5	2.326	0.4299
6	2.534	0.3946
7	2.704	0.3698
8	2.847	0.3512
9	2.97	0.3367
10	3.078	0.3249

Fuente: Tabla B2 del Manual on Quality Control of Materiales (Manual sobre el control de calidad de los materiales) de la ASTM. Referencia 4

Dentro de la Planta Hormiazuy con los datos proporcionados se tiene:

$$s_1 = \frac{1}{d_2} \bar{R}$$

$$S_1 = \frac{1}{1.1288} \times 8$$

$$S_1 = 7$$

3.7.3 Coeficiente de variación dentro de la prueba

$$V_1 = \frac{S_1}{\bar{X}} 100$$

Ecuación 7: Coeficiente de Variación dentro de la prueba

En donde:

V_1 = Coeficiente de variación dentro de la prueba

S_1 = Desviación Estándar dentro de la prueba

\bar{x} = Promedio Aritmético

Es decir la variación dentro de la prueba es igual a la desviación dentro de la prueba dividido para el promedio aritmético por cien. Suponemos que la mezcla de prueba de concreto es homogénea que cualquier variación entre dos cilindros compañeros es ocasionada por las variaciones en la fabricación y curado de los especímenes y el ensayo de los mismos cilindros.

Datos obtenidos en el estudio de aplicación en la Planta Hormiazuay

$$V_1 = \frac{S_1}{\bar{X}} 100$$

$$V_1 = \frac{7}{328} \times 100$$

$$V_1 = 2\%$$

Tabla 3.6: Resumen de Resultados obtenidos en la Planta Productora de Hormigón Hormiazuay

<u>PROMEDIO</u>	\bar{x}	328 (kg/cm ²)	$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x_i}{n}$
<u>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</u>	S =	5	$S = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum \bar{x}_i)^2}{n}}{n - 1}}$
<u>COEFICIENTE DE VARIACION</u>	V =	2 %	$V = \frac{S \times 100}{\bar{x}}$
<u>INTERVALO O RANGO</u>	R =	20	R = Xmax - Xmin
<u>INTERVALO PROMEDIO</u>	\bar{R} =	8	$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n} = \frac{\sum R_i}{n}$
<u>VARIACION DENTRO DE LA PRUEBA</u>			
<u>DESVIACION ESTÁNDAR DENTRO DE LA PRUEBA</u>	S1 =	7	$s_1 = \frac{1}{d_2} \bar{R}$
<u>COEFICIENTE DE VARIACIÓN DENTRO DE LA PRUEBA</u>	V1 =	2	$V_1 = \frac{S_1}{\bar{X}} 100$

CAPITULO IV:

ANALISIS DE CALIFICACION DE CONTROL DENTRO DE UNA OBRA

4.1 Calificación del control de obra de acuerdo a norma ACI 214

De acuerdo a las normas ACI 214 se puede expresar que las pruebas de la resistencia a la compresión, en resultados de una misma mezcla, califican el grado de control existente en términos de la desviación estándar del coeficiente de variación.

En general se ha comprobado que la medida de dispersión: desviación estándar permanece como una constante más aproximada para resistencia superiores a 200 kg/cm² por otra parte la medida de dispersión: el coeficiente de variación para la calificación de variaciones dentro de la prueba.

A través del coeficiente de variación dentro de la prueba se puede ver el nivel de control en la elaboración y tratamiento de los especímenes y la calidad de los métodos de ensayo, pudiendo ser los mismos para trabajos en el campo y para especímenes tomados en el laboratorio. Como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 4.1: Normas para el control del concreto con relación a la variación dentro de la prueba

Coeficiente de variación para diferentes grados de control kg/cm ²				
EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	ACEPTABLE	POBRE
Pruebas de control de campo (Obra o Planta)				
por debajo de 3	de 3 a 4	de 4 a 5	de 5 a 6	sobre 6
Mezclas de Prueba en el Laboratorio				
Por debajo de 2	de 2 a 3	de 3 a 4	de 4 a 5	sobre 5

Fuente: (ACI214, 2011)

De lo que podemos apreciar en la tabla, las pruebas evaluadas como “ACEPTABLE” o “POBRE” demuestran desconfianza sobre el sistema de aseguramiento de la calidad del concreto por lo que se debe tomar en forma inmediata las medidas para mejorar la elaboración y tratamiento de los especímenes, y los métodos de ensayo. En caso contrario los resultados obtenidos de los análisis estadísticos podrían ser cuestionables. (Sanchez de Guzman, Concretos y Morteros, 2006)

Por otra parte la Desviación estándar del total de pruebas nos da las variaciones entre las diferentes batchadas de concreto. Estas variaciones contemplan la variabilidad de cada uno de los materiales, la variabilidad de los procedimientos y técnicas de producción y manejo y las variaciones propias de la elaboración y tratamiento de los especímenes, y de los métodos de ensayo, es decir en esta desviación total se encuentra incluido la Desviación Estándar dentro de la prueba. Como consecuencia esta situación conduce a la siguiente tabla:

Tabla 4.2: Normas para el control del concreto con relación a la variación total

Desviación estándar para diferentes grados de control en kg/cm ²				
EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	ACEPTABLE	POBRE
Pruebas de control de campo (Obra o Planta)				
por debajo de 25	de 25 a 35	de 35 a 40	de 40 a 50	sobre 50
Mezclas de Prueba en el Laboratorio				
Por debajo de 15	de 15 a 17	de 17 a 20	de 20 a 25	sobre 25

Fuente: (ACI214, 2011)

Analizando la tabla se puede dar cuenta de las siguientes situaciones para el control en el campo:

- Un grado de control calificado como “EXCELENTE” caracteriza la producción de concreto certificado en plantas automatizadas con mezclado central.
- Un grado de control calificado como “MUY BUENO” caracteriza a la producción de concreto certificado en plantas con sistema de dosificación manual con mezclado central.
- Un grado de control calificado como “BUENO” caracteriza la producción de concreto certificado en plantas dosificadoras automatizadas sin mezclado central.
- Un grado de control calificado como “ACEPTABLE” caracteriza la producción de concreto en plantas dosificadoras manuales sin mezclado central.
- Un grado de control calificado como “POBRE” caracteriza la producción de concreto con sistemas de dosificación volumétrico.
- Para las pruebas evaluadas como “ACEPTABLES” o “POBRES” denotan desconfianza sobre el sistema de aseguramiento de la calidad del concreto y por lo tanto se debe tomar medidas inmediatas para mejorar la uniformidad de los resultados, ya que continuar con el análisis estadístico con una dispersión alta indica baja confiabilidad en el valor de las pruebas. (Sanchez de Guzman, Concretos y Morteros, 2006).

Interpretando los resultados de las pruebas obtenidas en la Planta Hormiazuay de acuerdo a al coeficiente de variación dentro de la prueba (V_1), se obtiene $V_1 = 2\%$, dicho valor de acuerdo a la Tabla 8: Normas para el control del concreto con relación a la variación dentro de la prueba; se encuentra como “EXCELENTE” lo cual nos indica que la dispersión dentro de los datos obtenidos en las pruebas, son satisfactorios demostrando que el control de la elaboración de especímenes, su curado, y métodos de ensayos está llevándose correctamente.

Con respecto a la Desviación Estándar total dentro de la prueba(S), los resultados obtenidos en la Planta Hormiazuy son: $S = 5$; lo cual de acuerdo a la tabla 9: Normas para el control del concreto con relación a la variación total, nos dice que la planta tiene un grado de control “EXCELENTE” lo cual concuerda con la explicación de la tabla 9, ya que la Fabrica Hormiazuy cuenta con una Planta automatizada para su dosificación y con mezclador central dentro del Silo.

Como conclusión la empresa tiene un control “Excelente” tanto en la toma de muestras, curado y ensayo; así como en la producción del hormigón.

CAPITULO V

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

La resistencia de los especímenes de control generalmente es la única evidencia de la calidad del concreto utilizado en la construcción de una estructura cuando existe disparidad entre la resistencia de cilindros compañeros de una prueba y la capacidad de carga de una estructura no es de confiar en datos de resistencia incorrectos.

5.1 Criterios de Aceptación

De acuerdo a las normas (ACI318, 2014) establecen que un concreto debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia característica f'_{cr} a la compresión lo suficientemente alta para minimizar la frecuencia de resultados de pruebas de resistencia por debajo del valor especificado f'_c y al mismo tiempo satisfagan los criterios de durabilidad exigidos.

Lo arriba indicado acepta que existe una probabilidad de ocurrencia de un cierto y determinado porcentaje de pruebas que puedan estar por debajo del f'_c especificado.

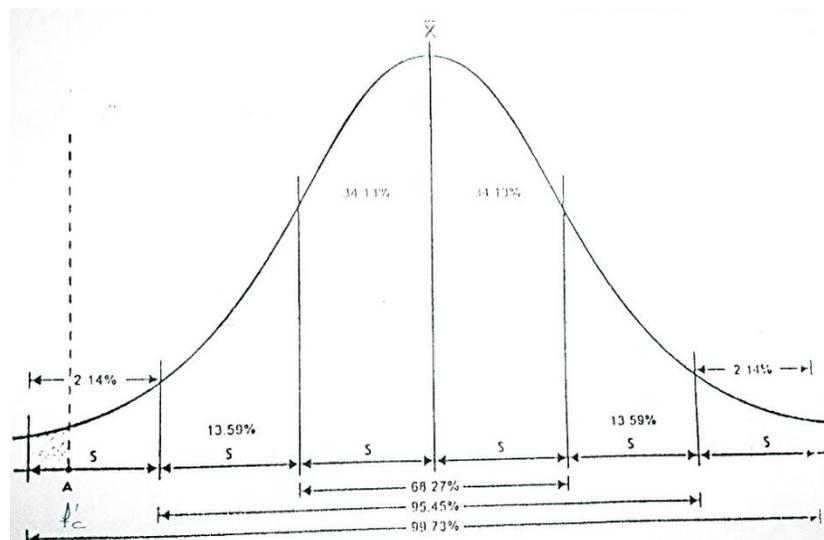


Figura 18: Distribución porcentual del área bajo la curva de una distribución normal de frecuencias, con relación al promedio aritmético, en múltiplos de la desviación estándar

Fuente: (Sanchez de Guzman, Concretos y Morteros, 2006)

De acuerdo a la figura 18 se nota nuevamente que entre las características de una curva de distribución normal, el 68,27% de los datos están comprendidos en un radio de acción $\bar{X} \pm S$, el 95.45% de los datos están comprendidos en un radio de acción $\bar{X} \pm 2S$ y que el 99.73% de los datos están comprendidos en un radio de acción de $\bar{X} \pm 3S$.

Además esto muestra que el área bajo la curva hacia la derecha de un punto A, indica la probabilidad de ocurrencia de que un determinado porcentaje de los datos se encuentre por encima de un cierto valor o resistencia especificada equivalente al valor de A y que el área bajo la curva hacia la izquierda de A indica la probabilidad de ocurrencia de que un determinado porcentaje de los datos se encuentre por debajo de la misma resistencia especificada, equivalente al valor de A.

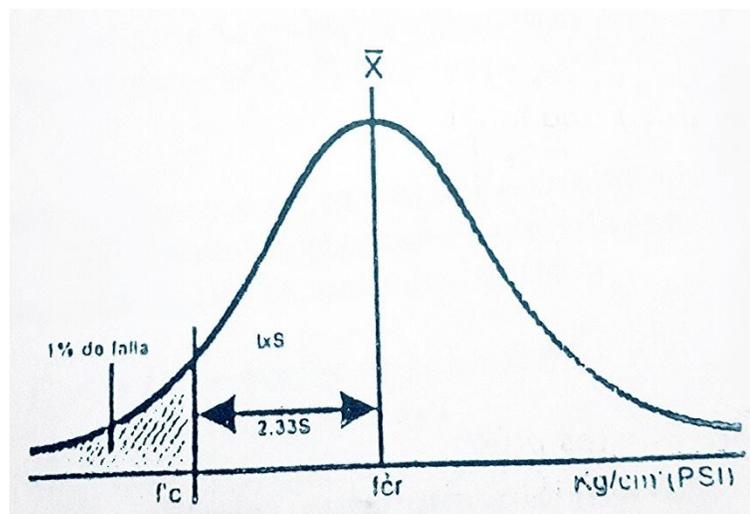


Figura 19: Distribución porcentual del área bajo la curva de una distribución normal de frecuencias con relación de f'_{cr} , en función de $t \times S$

Fuente: (Sanchez de Guzman, Concretos y Morteros, 2006)

Al observar la figura 19 se ve que la resistencia característica requerida (f'_{cr}) ósea el promedio aritmético de las pruebas debe encontrarse a una cierta distancia denotada por (t) veces la desviación estándar (S), a la derecha de la resistencia especificada (f'_{c}); esto se puede demostrar en la siguiente tabla, en donde se indica diferentes porcentajes de

pruebas de resistencia que quedan por debajo de distintas desviaciones estándar, respecto del valor promedio.

Tabla 5.12: Porcentaje esperado de pruebas de resistencia por debajo de $f'c$.

Resistencia Promedio X	Porcentaje de Resultados bajos	Resistencia Promedio X	Porcentaje de Resultados bajos
$f'c + 0.1\sigma$	46.0	$f'c + 1.6\sigma$	5.5
$f'c + 0.2\sigma$	42.1	$f'c + 1.7\sigma$	4.5
$f'c + 0.3\sigma$	38.2	$f'c + 1.8\sigma$	3.6
$f'c + 0.4\sigma$	34.5	$f'c + 1.9\sigma$	2.9
$f'c + 0.5\sigma$	30.9	$f'c + 2.0\sigma$	2.3
$f'c + 0.6\sigma$	27.4	$f'c + 2.1\sigma$	1.8
$f'c + 0.7\sigma$	24.2	$f'c + 2.2\sigma$	1.4
$f'c + 0.8\sigma$	21.2	$f'c + 2.3\sigma$	1.1
$f'c + 0.9\sigma$	18.4	$f'c + 2.4\sigma$	0.8
$f'c + 1.0\sigma$	15.9	$f'c + 2.5\sigma$	0.6
$f'c + 1.1\sigma$	13.6	$f'c + 2.6\sigma$	0.45
$f'c + 1.2\sigma$	11.5	$f'c + 2.7\sigma$	0.35
$f'c + 1.3\sigma$	9.7	$f'c + 2.8\sigma$	0.25
$f'c + 1.4\sigma$	8.1	$f'c + 2.9\sigma$	0.19
$f'c + 1.5\sigma$	6.7	$f'c + 3.0\sigma$	0.13

Fuente: (Sanchez de Guzman, Concretos y Morteros, 2006)

Para una evaluación de los defectos en la resistencia final del concreto a los 28 días de edad y considerar satisfactorio el cumplimiento de un determinado nivel de resistencia para un mismo tipo de concreto debe cumplir simultáneamente los siguientes requisitos.

1. Que ningún resultado individual del promedio de dos cilindros compañeros de las pruebas de resistencia sea inferior a $f'c - 35 \text{ kg/cm}^2$
2. Que los promedios móviles de los conjuntos de tres pruebas consecutivas iguale o exceda al valor especificado $f'c$.

De acuerdo a las normas definen como porcentaje razonable de resultados de ensayos a la compresión que pueden estar por debajo de la resistencia de diseño $f'c$, la probabilidad de

1 en 100, para dar cumplimiento con estas condiciones en la figura 19: Distribución porcentual del área bajo la curva de una distribución normal de frecuencias con relación de f'_{cr} , en función de $t \times S$ y la Tabla 5.1 : Porcentaje esperado de pruebas de resistencia por debajo de f'_c , se observa que el valor de t es 2.33 veces la desviación estándar S . (Sanchez de Guzman, Concretos y Morteros, 2006)

5.2 Promedio de Resistencia Requerida (f'_{cr})

Como se sabe no es posible producir un concreto completamente homogéneo dadas las diferentes causas de variación en sus propiedades como materiales, y sus características mecánicas, dosificación formas y toma de muestras, curado, ensayos y maquinaria para los mismos.

Como se puede observar para diseñar una mezcla de concreto se requiere de una resistencia promedio de diseño f'_{cr} superior a la resistencia especificada f'_c . La cantidad en la cual la resistencia promedio de diseño o requerida f'_{cr} debe exceder a la resistencia especificada f'_c dependiendo de los conceptos y criterios que se utilicen en las especificaciones y del grado de control que se tenga en la producción

Observando la tabla x se obtiene la siguiente ecuación:

$$f'_{cr} = f'_c + \text{factor de sobre diseño}$$

$$f'_{cr} = f'_c + t \times S$$

Ecuación 8: Resistencia Promedio de diseño

En donde:

f'_{cr} = Resistencia Promedio de diseño

f'_c = Resistencia Especificada

$t \times S$ = Factor de sobrediseño

t = Constante que depende de la proporción de pruebas que pueden caer por debajo de f'_c (Tabla 10)

S = Desviación Estándar

5.3 Rediseño de la mezcla

Según los criterios anteriormente mencionados, donde se indica que la probabilidad de un resultado aleatoria sea inferior a $f'c - 35 \text{ kg/cm}^2$ debe ser de 1 en 100 se tiene:

$$f'_{cr} = f'c + 2.33xS - 35$$

Ecuación 9: Resistencia Promedio de diseño (Rediseño de la mezcla 1)

En donde:

f'_{cr} = Resistencia Promedio de diseño

$f'c$ = Resistencia Especificada

S = Desviación Estándar

Para la segunda condición, que los promedios móviles de los conjuntos de tres pruebas consecutivas iguale o exceda al valor especificado $f'c$, en términos de la desviación estándar la formula se expresa de la siguiente manera:

$$f'_{cr} = f'c + \frac{2.33 \times S}{\sqrt{N}}$$

$$f'_{cr} = f'c + \frac{2.33 \times S}{\sqrt{3}}$$

$$f'_{cr} = f'c + 1.34xS$$

Ecuación 10: Resistencia Promedio de diseño (Rediseño de la mezcla 2)

En donde:

f'_{cr} = Resistencia Promedio de diseño

f'_c = Resistencia Especificada

S = Desviación Estándar

N = numero de pruebas a utilizar para promedio movil

5.4 Calificación del concreto

Como operación inversa para determinar cuál fue la resistencia especificada f'_c que se obtuvo con el promedio de resistencia real a los 28 días de edad, se tiene el concepto de calificación del concreto.

La manera de obtener la calificación es tomando las ecuaciones y despejando f'_c de donde:

$$f'_c = f'_{cr} + 35 - 2.33 \times S$$

Ecuación 11: Resistencia especifica de diseño (Calificación del concreto)

En donde:

f'_{cr} = Resistencia Promedio de diseño

f'_c = Resistencia Especificada

S = Desviación Estándar

$$f'_c = f'_{cr} - (1.34 \times S)$$

Ecuación 12: Resistencia Especifica del Concreto (Calificación del concreto)

En donde:

f'_{cr} = Resistencia Promedio de diseño

f'_c = Resistencia Especificada

S = Desviación Estándar

5.5 Cartas de Control

Las cartas de control son necesarias para reducir la variabilidad e incrementar la eficiencia en la producción.

De acuerdo a los puntos que sobrepasan los límites calculados indican que algo a afectado al control del proceso. Estas Cartas de control son recomendadas donde quiera que exista una producción continua de concreto a lo largo de periodos considerables de tiempo. (ACI214, 2011) (IMCYC, 2007)

Aplicando estos conceptos y criterios a la producción de la Planta Hormiazuay se da los siguientes cálculos

Tabla 5.23: Resultados de Criterios de aceptación obtenidos en la Planta Productora de Hormigón Hormiazuay

NUMERO DE ENSAYOS	RESISTENCIA A 28 DIAS	PROMEDIO DIARIO	PROMEDIO MOVIL	INTERVALO	CRITERIOS DE ACEPTACION			
	(kg/cm ²)				(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	Nº1
1	323 335	329		12	✓	.	.	.
2	329 336	333		7	✓	.	.	.
3	338 325	332	331	13	✓	.	✓	.
4	330 332	331	332	2	✓	.	✓	.
5	317 333	325	329	16	✓	.	✓	.
6	324 315	320	325	9	✓	.	✓	.
7	317 319	318	321	2	✓	.	✓	.

Tabla 5.2: Resultados de Criterios de aceptación Obtenidos en La Planta Productora de Hormigón Hormiazuary
(Continuación)

NUMERO DE ENSAYOS	RESISTENCIA A 28 DIAS	PROMEDIO DIARIO	PROMEDIO MOVIL	INTERVALO	CRITERIOS DE ACEPTACION			
	(kg/cm ²)				(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	N°1
8	328 333	331	323	5	✓	.	✓	.
9	331 332	332	327	1	✓	.	✓	.
10	331 334	333	332	8	✓	.	✓	.
11	324 329	337	334	21	✓	.	✓	.
12	332 326	329	333	6	✓	.	✓	.
13	335 329	332	333	6	✓	.	✓	.
14	320 329	325	329	9	✓	.	✓	.
15	313 331	322	326	18	✓	.	✓	.
16	315 318	317	321	3	✓	.	✓	.
17	322 332	327	322	10	✓	.	✓	.
18	332 322	327	324	10	✓	.	✓	.
19	328 333	331	328	5	✓	.	✓	.
20	322 333	328	328	11	✓	.	✓	.
21	310 325	318	325	15	✓	.	✓	.
22	333 331	332	326	2	✓	.	✓	.

Tabla 5.2: Resultados Obtenidos en La Planta Productora de Hormigón Hormiazuay (Continuación)

NUMERO DE ENSAYOS	RESISTENCIA A 28 DIAS	PROMEDIO DIARIO	PROMEDIO MOVIL	INTERVALO	CRITERIOS DE ACEPTACION			
	(kg/cm ²)				(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	N°1
23	317	320	323	6	✓	.	✓	.
	323							
24	335	332	328	6	✓	.	✓	.
	329							
25	319	322	325	6	✓	.	✓	.
	325							
26	332	329	328	7	✓	.	✓	.
	325							
27	330	329	326	3	✓	.	✓	.
	327							
28	334	333	330	2	✓	.	✓	.
	332							
29	334	328	330	13	✓	.	✓	.
	321							
30	334	330	330	8	✓	.	✓	.
	326							

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante los criterios de aceptación promedio de dos cilindros compañeros sea menor a $f'c - 35$ y media móvil promedio de tres pruebas consecutivas igual o sea mayor a $f'c$, las pruebas de la Planta productora de Hormigón Hormiazuay cumple con estos requisitos de aceptación dados por las normas (ACI214, 2011) y (ACI318, 2014); como se puede observar en la tabla 5.2 de resultados obtenidos en la Planta Productora de Hormigón Hormiazuay.

Tabla 5.3: Probabilidad de Pruebas por debajo de f_c

PROBABILIDAD DE PRUEBAS POR DEBAJO DE f_c		
$f'_{cr} = f'_c + txS$		
$f'_{cr} =$	328	kg/cm^2
$f'_c =$	300	kg/cm^2
$S =$	5	
$t =$	5.5	

El valor de t calculado con los datos reales es igual a 5.5, visto en la Tabla 5.1: Porcentaje esperado de pruebas de resistencia por debajo de f'_c , la probabilidad de tener resultados de baja resistencia es prácticamente cero.

Tabla 5.4: Calificación de la Mezcla de Concreto de la Planta Productora de Hormigón Hormiazuay

CALIFICACION DE LA MEZCLA		
$f'_c = f'_{cr} + 35 - 2.33 x S$		
f'_c	351	kg/cm^2 CUMPLE
$f'_c = f'_{cr} - (1.34 x S)$		
$f'_c =$	321	kg/cm^2 CUMPLE

Al analizar los resultados de la calificación de la mezcla se puede observar que el conjunto de datos está calificado para diseñar una mezcla de concreto $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$.

Además se puede observar que el valor de $f'c$ calculado con los valores reales es

$$f'c = 321 \text{ kg/cm}^2.$$

Estos valores o resultados calculados en base a los datos reales indican que con una resistencia media de $\bar{X} = 328 \text{ kg/cm}^2$ y un $f'c$ calculado de $f'c = 321 \text{ kg/cm}^2$ mayor al resistencia de diseño $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ el conjunto de datos califica para una resistencia de diseño, lo cual indica que no es necesario realizar un rediseño de la mezcla.

Tabla 5.54: Resultado de Rediseño de la mezcla

RESULTADO	
NO ES NECESARIO CALCULAR EL REDISEÑO DE LA MEZCLA	
$f'c$	<u>321 kg/cm^2</u> <u>CUMPLE</u>

Con ello se denota que la producción de la mezcla del concreto en la Planta productora de hormigón Hormiazua y satisface y cumple con las normas y criterios de aceptación de (ACI214, 2011), (ACI318, 2014), (INECYC I. E., 2007).

Cartas de Control dentro de la Planta Productora de Hormigón Hormiazuay.

NUMERO DE ENSAYOS	PROMEDIO DIARIO	RESISTENCIA REQUERIDA	PROMEDIO
1	329	300	328
2	333	300	328
3	332	300	328
4	331	300	328
5	325	300	328
6	320	300	328
7	318	300	328
8	331	300	328
9	332	300	328
10	333	300	328
11	337	300	328
12	329	300	328
13	332	300	328
14	325	300	328
15	322	300	328
16	317	300	328
17	327	300	328
18	327	300	328
19	331	300	328
20	328	300	328
21	318	300	328
22	332	300	328
23	320	300	328
24	332	300	328
25	322	300	328
26	329	300	328
27	329	300	328
28	333	300	328
29	328	300	328
30	330	300	328

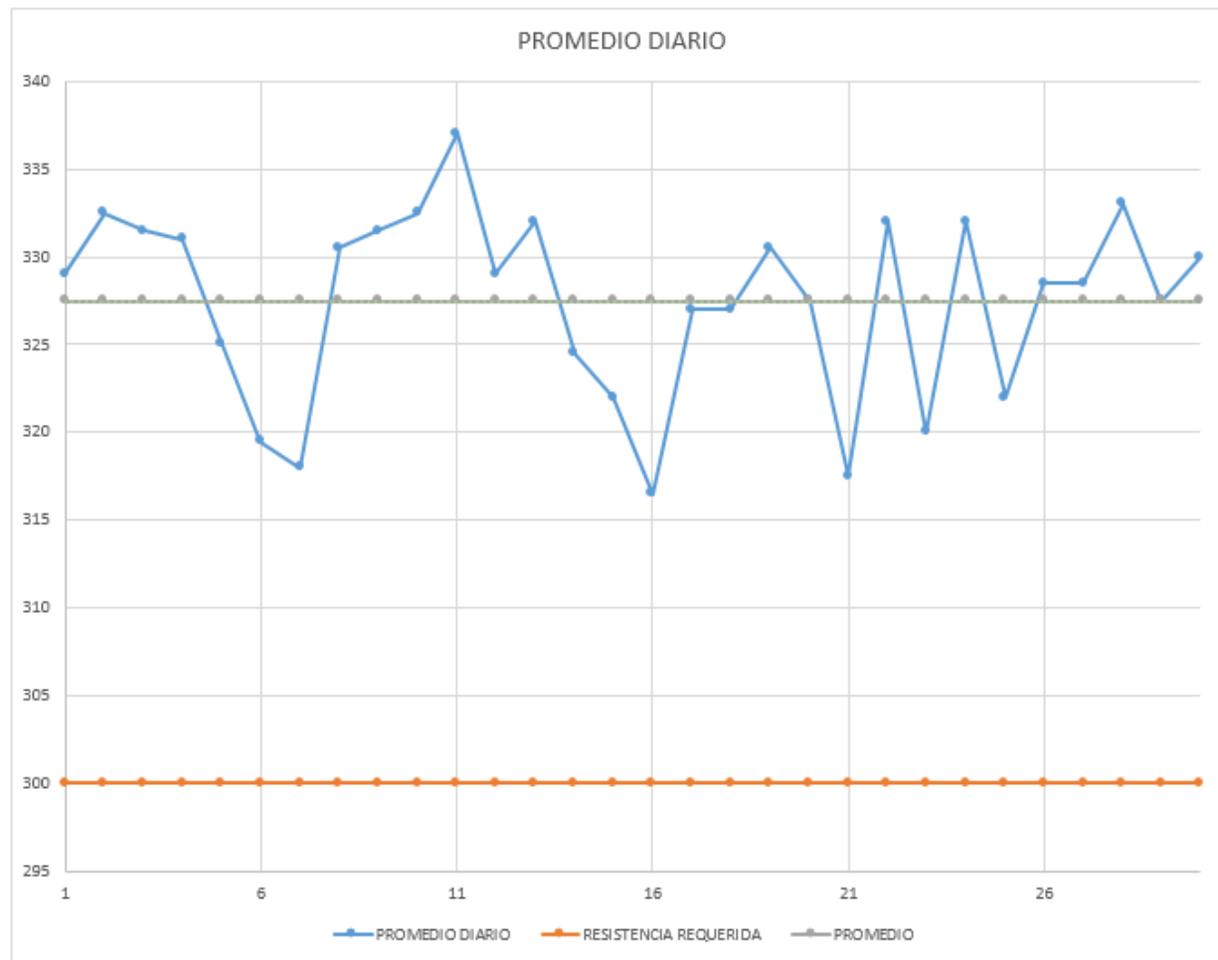


Figura 20 Carta de Control Promedio Diario Planta Productora de Hormigón Hormiazuay

NUMERO DE ENSAYOS	PROMEDIO MOVIL	RESISTENCIA REQUERIDA
3	331	300
4	332	300
5	329	300
6	325	300
7	321	300
8	323	300
9	327	300
10	332	300
11	334	300
12	333	300
13	333	300
14	329	300
15	326	300
16	321	300
17	322	300
18	324	300
19	328	300
20	328	300
21	325	300
22	326	300
23	323	300
24	328	300
25	325	300
26	328	300
27	326	300
28	330	300
29	330	300
30	330	300

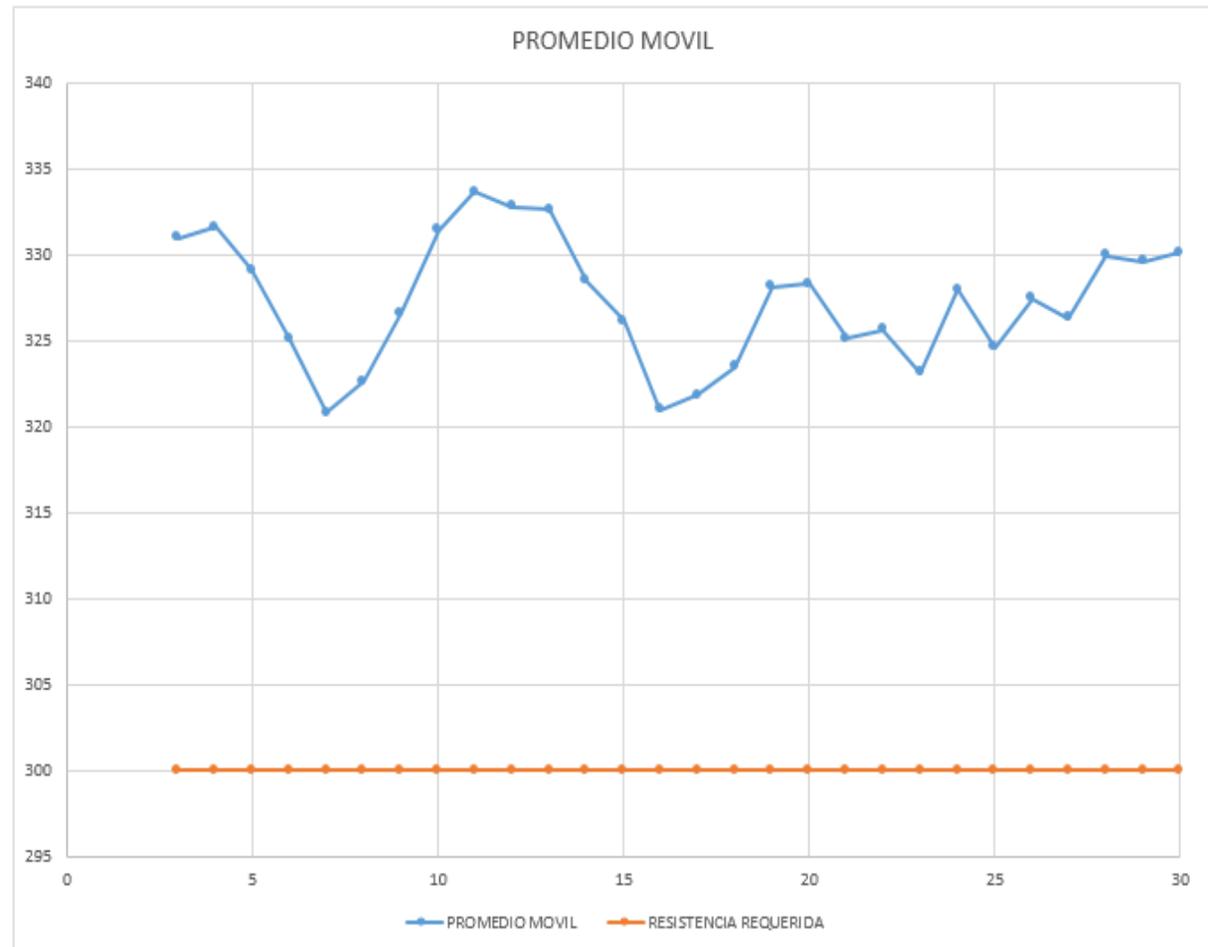


Figura 21: Carta de Control Promedio Móvil Planta Productora de Hormigón Hormiazuay

NUMERO DE ENSAYOS	PROMEDIO DIARIO	RESISTENCIA REQUERIDA	f'c -35
1	329	300	265
2	333	300	265
3	332	300	265
4	331	300	265
5	325	300	265
6	320	300	265
7	318	300	265
8	331	300	265
9	332	300	265
10	333	300	265
11	337	300	265
12	329	300	265
13	332	300	265
14	325	300	265
15	322	300	265
16	317	300	265
17	327	300	265
18	327	300	265
19	331	300	265
20	328	300	265
21	318	300	265
22	332	300	265
23	320	300	265
24	332	300	265
25	322	300	265
26	329	300	265
27	329	300	265
28	333	300	265
29	328	300	265
30	330	300	265

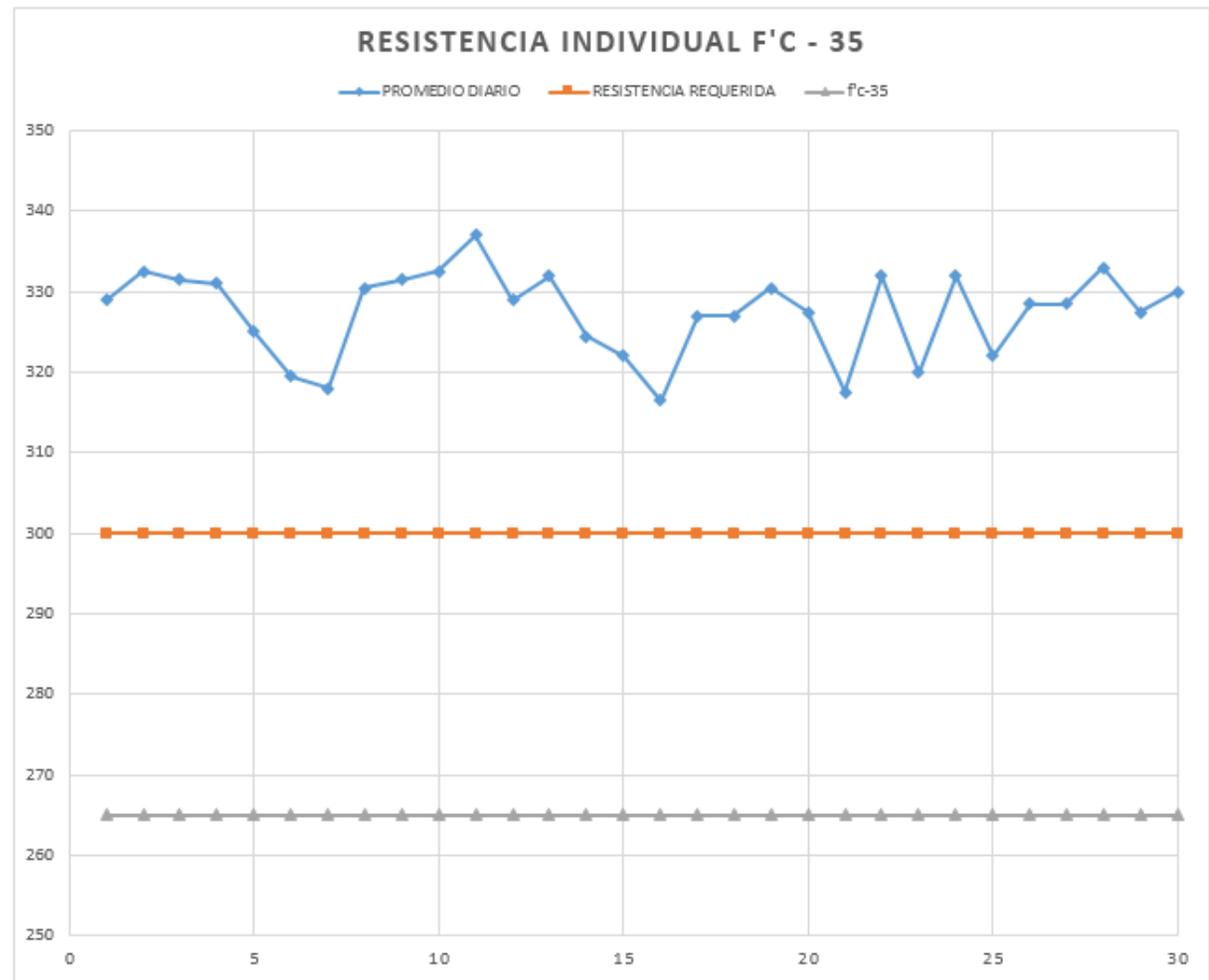


Figura 22: Carta de Control Resistencia Individual f'c-35 de la Planta Productora de Hormigón Hormiazuy

5.6 Ejemplo con Datos fallidos

Se realizará un ejemplo en el cual los datos son dispersos, algunos de los datos son inferiores a la resistencia requerida $f_{cr} = 245 \text{ kg/cm}^2$ obteniendo así los siguientes datos:

NUMERO DE ENSAYOS	30
NUMERO DE CILINDROS	2
RESISTENCIA REQUERIDA	245 (kg/cm ²)

Tabla 5.65: Datos de ensayos y Resistencia a los 28 días en el Ejemplo con Datos Fallidos

NUMERO DE ENSAYOS	FECHA DE CONFECCION	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA A 28 DIAS (kg/cm²)
1	23/11/2015	21/12/2015	319
	23/11/2015	21/12/2015	339
2	24/11/2015	22/12/2015	269
	24/11/2015	22/12/2015	275
3	25/11/2015	23/12/2015	329
	25/11/2015	23/12/2015	325
4	26/11/2015	24/12/2015	273
	26/11/2015	24/12/2015	288
5	27/11/2015	25/12/2015	252
	27/11/2015	25/12/2015	242
6	30/11/2015	28/12/2015	264
	30/11/2015	28/12/2015	255
7	01/12/2015	29/12/2015	351
	01/12/2015	29/12/2015	342
8	02/12/2015	30/12/2015	242
	02/12/2015	30/12/2015	248
9	03/12/2015	31/12/2015	254
	03/12/2015	31/12/2015	264
10	04/12/2015	01/01/2016	254
	04/12/2015	01/01/2016	254

Tabla 5.6: Datos de ensayos y Resistencia a los 28 días en el Ejemplo con Datos Fallidos (continuación)

NUMERO DE ENSAYOS	FECHA DE CONFECCION	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA A 28 DIAS (kg/cm²)
11	07/12/2015	04/01/2016	327
	07/12/2015	04/01/2016	347
12	08/12/2015	05/01/2016	371
	08/12/2015	05/01/2016	348
13	09/12/2015	06/01/2016	341
	09/12/2015	06/01/2016	347
14	10/12/2015	07/01/2016	348
	10/12/2015	07/01/2016	328
15	11/12/2015	08/01/2016	323
	11/12/2015	08/01/2016	304
16	14/12/2015	11/01/2016	340
	14/12/2015	11/01/2016	326
17	15/12/2015	12/01/2016	347
	15/12/2015	12/01/2016	355
18	16/12/2015	13/01/2016	304
	16/12/2015	13/01/2016	314
19	17/12/2015	14/01/2016	340
	17/12/2015	14/01/2016	319
20	18/12/2015	15/01/2016	285
	18/12/2015	15/01/2016	290
21	21/12/2015	18/01/2016	329
	21/12/2015	18/01/2016	327
22	22/12/2015	19/01/2016	422
	22/12/2015	19/01/2016	445
23	23/12/2015	20/01/2016	375
	23/12/2015	20/01/2016	356
24	28/12/2015	25/01/2016	338
	28/12/2015	25/01/2016	323
25	29/12/2015	26/01/2016	268
	29/12/2015	26/01/2016	263
26	30/12/2015	27/01/2016	310
	30/12/2015	27/01/2016	302

Tabla 5.6: Datos de ensayos y Resistencia a los 28 días en el Ejemplo con Datos Fallidos (Continuación)

NUMERO DE ENSAYOS	FECHA DE CONFECCION	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA A 28 DIAS (kg/cm²)
27	04/01/2016	01/02/2016	341
	04/01/2016	01/02/2016	352
28	05/01/2016	02/02/2016	246
	05/01/2016	02/02/2016	244
29	06/01/2016	03/02/2016	267
	06/01/2016	03/02/2016	256
30	07/01/2016	04/02/2016	286
	07/01/2016	04/02/2016	294

Tabla 6: Resumen de Resultados Estadísticos obtenidos con ejemplo con datos fallidos

<u>PROMEDIO</u>	\bar{x}	310 (kg/cm ²)	$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum xi}{n}$
<u>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</u>	S =	44.11	$S = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum \bar{x}_i)^2}{n}}{n - 1}}$
<u>COEFICIENTE DE VARIACION</u>	V =	14 %	$V = \frac{S \times 100}{\bar{x}}$
<u>INTERVALO O RANGO</u>	R =	189	$R = X_{max} - X_{min}$
<u>INTERVALO PROMEDIO</u>	\bar{R} =	12	$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n} = \frac{\sum Ri}{n}$
<u>VARIACION DENTRO DE LA PRUEBA</u>			
<u>DESVIACION ESTÁNDAR DENTRO DE LA PRUEBA</u>	S1 =	11	$s_1 = \frac{1}{d_2} \bar{R}$
<u>COEFICIENTE DE VARIACIÓN DENTRO DE LA PRUEBA</u>	V1 =	4	$V_1 = \frac{S_1}{\bar{X}} 100$

Según los resultados obtenidos se tiene un promedio de los datos es $\bar{X} = 310 \text{ kg/cm}^2$ mayor que el $f'_{cr} = 245 \text{ kg/cm}^2$, por lo tanto cumple, sin embargo la desviación Estándar del total de muestras es $S = 44$ la misma que es relativamente alta y el coeficiente de variación es $V = 14\%$ lo cual nos indica dispersión en los datos.

5.6.1 Distribución de Frecuencia de Resultados de resistencia y la correspondiente distribución normal ejemplo con datos fallidos

Tabla 7: Distribución de Frecuencia de Resultados de resistencia y la correspondiente distribución normal

RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²)		N° de pruebas
X-3S	177	0
X-2S	222	0
X-S	266	8
X	310	
X+S	354	19
X+2S	398	2
X+3S	442	1
TOTAL DE PRUEBAS		30

Rango	NORMA	EJEMPLO
S	68.27%	90.00% CUMPLE
2S	95.45%	96.67% CUMPLE
3S	99.73%	100.00% CUMPLE

En el caso del ejemplo el total de las pruebas cumple con los rangos aceptados dentro de la desviación Estándar.

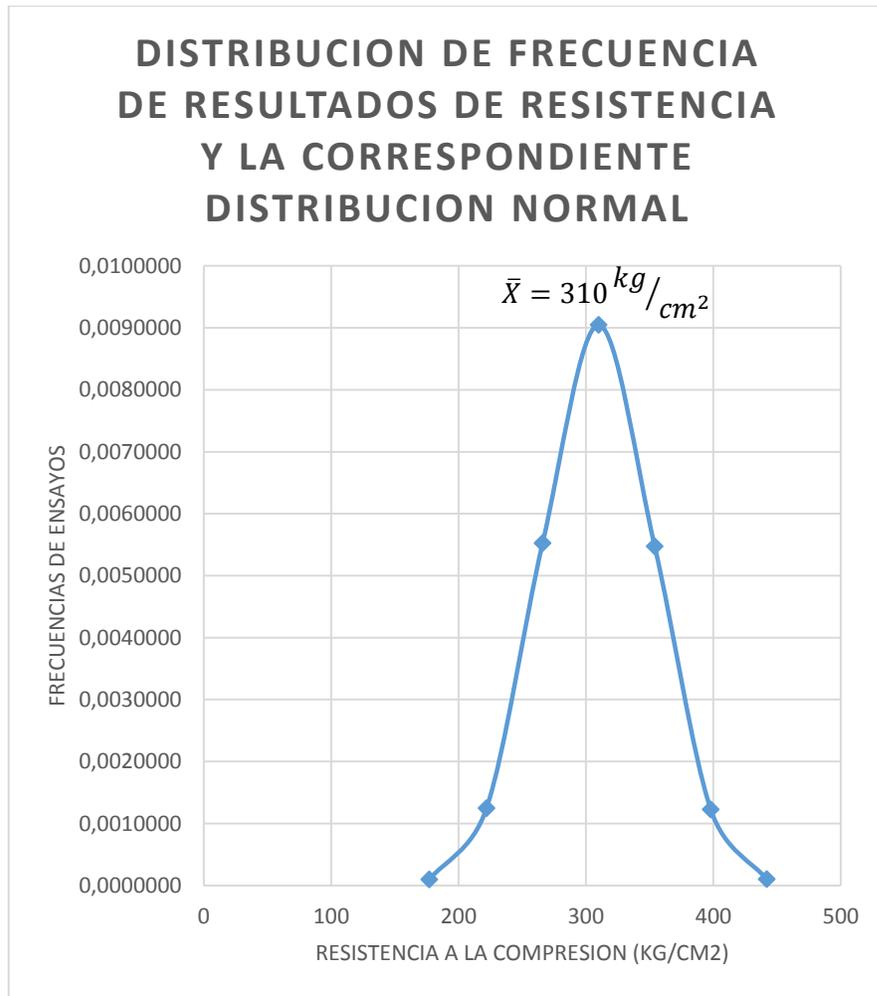


Figura 23: Distribución de Frecuencia de Resultados de resistencia y la correspondiente distribución normal

5.6.2 Análisis de la calificación del concreto dentro de la obra ejemplo con datos fallidos

Tabla 8: Análisis de la Calificación del concreto dentro de la obra

NORMAS DE CONTROL DEL CONCRETO	
Desviación Estándar dentro de la prueba	ACEPTABLE
Variación dentro de la prueba	BUENO

De los datos obtenidos de la variación dentro de la prueba de acuerdo a la tabla 4.1 denota un grado de control “Bueno”, por lo tanto se puede continuar con el análisis de la totalidad de las muestras.

De acuerdo a la tabla 4.2 la desviación Estándar total de los datos indica un grado de control “Aceptable” por lo que se debe tomar medidas inmediatas para mejorar la uniformidad de los resultados.

5.6.3 Criterios de Aceptación ejemplo con datos fallidos

Tabla 5.109: Resultado de los Criterios de Aceptación obtenidos en el ejemplo con datos fallidos

NUMERO DE ENSAYOS	RESISTENCIA A 28 DIAS	PROMEDIO DIARIO	PROMEDIO MOVIL	INTERVALO	CRITERIOS DE ACEPTACION			
	(kg/cm ²)				(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	N°1
1	319 339	329		20	✓	.	.	.
2	269 275	272		6	✓	.	.	.
3	329 325	327	309	4	✓	.	✓	.
4	273 288	281	293	15	✓	.	✓	.
5	252 242	247	285	10	✓	.	✓	.
6	264 255	260	262	9	✓	.	✓	.
7	351 342	347	284	9	✓	.	✓	.
8	242 248	245	284	6	✓	.	✓	.
9	254 264	259	284	10	✓	.	✓	.
10	254 254	254	253	8	✓	.	✓	.

Tabla 5.10: Resultado de los Criterios de Aceptación obtenidos en el ejemplo con datos fallidos (continuación)

NUMERO DE ENSAYOS	RESISTENCIA A 28 DIAS	PROMEDIO DIARIO	PROMEDIO MOVIL	INTERVALO	CRITERIOS DE ACEPTACION			
	(kg/cm ²)				(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	Nº1
11	327 347	337	283	21	✓	•	✓	•
12	371 348	360	317	23	✓	•	✓	•
13	341 347	344	347	6	✓	•	✓	•
14	348 328	338	347	20	✓	•	✓	•
15	323 304	314	332	19	✓	•	✓	•
16	340 326	333	328	14	✓	•	✓	•
17	347 355	351	333	8	✓	•	✓	•
18	304 314	309	331	10	✓	•	✓	•
19	340 319	330	330	21	✓	•	✓	•
20	285 290	288	309	5	✓	•	✓	•
21	329 327	328	315	2	✓	•	✓	•
22	422 445	434	350	23	✓	•	✓	•
23	375 356	366	376	19	✓	•	✓	•
24	338 323	331	377	15	✓	•	✓	•
25	268 263	266	321	5	✓	•	✓	•
26	310 302	306	301	8	✓	•	✓	•

Tabla 5.10: Resultado de los Criterios de Aceptación obtenidos en el ejemplo con datos fallidos (continuación)

NUMERO DE ENSAYOS	RESISTENCIA A 28 DIAS	PROMEDIO DIARIO	PROMEDIO MOVIL	INTERVALO	CRITERIOS DE ACEPTACION			
	(kg/cm ²)				(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	N°1
27	341	347	306	11	✓	.	✓	.
	352							
28	246	245	299	2	✓	.	✓	.
	244							
29	267	262	284	11	✓	.	✓	.
	256							
30	286	290	266	8	✓	.	✓	.
	294							

En la siguiente tabla de Resultados de los Criterios de aceptación se denota que los datos del ejemplo cumplen

1. Que ningún resultado individual del promedio de dos cilindros compañeros de las pruebas de resistencia sea inferior a $f'c - 35 \text{ kg/cm}^2$
2. Que los promedios móviles de los conjuntos de tres pruebas consecutivas iguale o exceda al valor especificado $f'c$.

5.6.4 Promedio de Resistencia Requerida $f'c$ ejemplo con datos fallidos

De acuerdo a la siguiente tabla 5.11: Probabilidad de Pruebas por debajo de $f'c$ el valor de $t=1.47$ al consultar la tabla 5.1: Porcentaje esperado de pruebas de resistencia por debajo de $f'c$, la probabilidad de que las pruebas estén por debajo de $f'c$, si $f'c_r + 1.47 \times S$ es aproximadamente del 7.5 %.

Es decir que pueden esperarse que el 7.5% de las pruebas arrojen valores inferiores a 245 kg/cm^2 .

Tabla 5.11: Probabilidad de Pruebas por debajo de f_c ejemplo con datos fallidos

PROBABILIDAD DE PRUEBAS POR DEBAJO DE f'_c	
$f'_{cr} = f'_c + t_x S$	
$f'_{cr} =$	310 kg/cm^2
$f'_c =$	245 kg/cm^2
$S =$	44
$t =$	1.47

5.6.5 Calificación de la mezcla ejemplo con datos fallidos

Tabla 102: Calificación de la Mezcla ejemplo con datos fallidos

CALIFICACION DE LA MEZCLA		
$f'_c = f'_{cr} + 35 - 2.33 \times S$		
f'_c	242 kg/cm^2	NO CUMPLE
$f'_c = f'_{cr} - (1.34 \times S)$		
$f'_c =$	251 kg/cm^2	CUMPLE
RESULTADO		
SE DEBE CALCULAR EL REDISEÑO DE LA MEZCLA		
f'_c	242 kg/cm^2	NO CUMPLE

De acuerdo a los cálculos $f'c=242 \text{ kg/cm}^2$ indica que a pesar de haberse obtenido un promedio alto $\bar{X} = 310 \text{ kg/cm}^2$ el conjunto de datos no alcanza a calificar para un $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$. Esto indica que es necesario realizar el rediseño de la mezcla, es decir aumentar el $f'cr$ de diseño.

Tabla 5.13: Rediseño de la Mezcla ejemplo con datos fallidos

ES NECESARIO CALCULAR EL REDISEÑO DE LA MEZCLA

REDISEÑO DE LA MEZCLA 1

Para el promedio de dos cilindros, Probabilidad de que 1 en 100 falle cumpliendo el primer criterio de aceptación

$$f'cr = f'c + 2.33xS - 35$$

$$f'cr = 313 \text{ kg/cm}^2$$

REDISEÑO DE LA MEZCLA 2

Para el promedio móvil, que el conjunto de tres pruebas consecutivas, con la probabilidad de fallo de 1 en 100 cumpliendo el segundo criterio de aceptación.

$$f'cr = f'c + \frac{2.33 \times S}{\sqrt{N}}$$

$$f'cr = f'c + \frac{2.33 \times S}{\sqrt{3}}$$

$$f'cr = f'c + 1.34xS$$

$$f'cr = 304 \text{ kg/cm}^2$$

RESULTADO

Nuevo $f'c$ de diseño es:

$$f'cr = 304 \text{ kg/cm}^2$$

Al realizar los cálculos del rediseño de la mezcla se obtiene un nuevo $f'c$ de diseño igual a $f'cr = 313 \text{ kg/cm}^2$, esto quiere decir que para garantizar al menos una resistencia de $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ con una desviación estándar de $S = 44$ y una probabilidad de falla del 1% de resultados bajos deberá diseñarse la mezcla para un $f'cr = 313 \text{ kg/cm}^2$. Es decir un factor de sobrediseño de 68 kg/cm^2 .

5.6.6 Cartas de Control ejemplo con datos fallidos

NUMERO DE ENSAYOS	PROMEDIO DIARIO	RESISTENCIA REQUERIDA	PROMEDIO
1	329	245	310
2	272	245	310
3	327	245	310
4	281	245	310
5	247	245	310
6	260	245	310
7	347	245	310
8	245	245	310
9	259	245	310
10	254	245	310
11	337	245	310
12	360	245	310
13	344	245	310
14	338	245	310
15	314	245	310
16	333	245	310
17	351	245	310
18	309	245	310
19	330	245	310
20	288	245	310
21	328	245	310
22	434	245	310
23	366	245	310
24	331	245	310
25	266	245	310
26	306	245	310
27	347	245	310
28	245	245	310
29	262	245	310
30	290	245	310

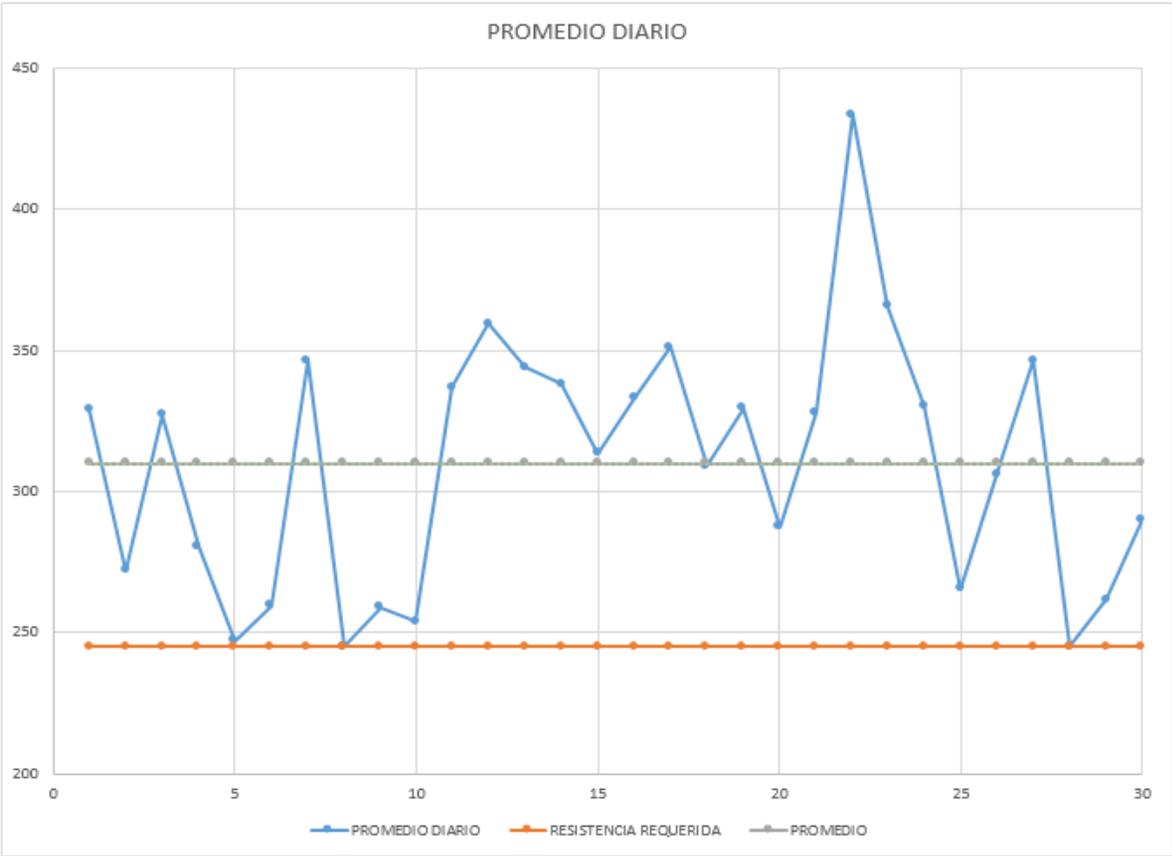


Figura 24: Carta de Control Promedio Diario Ejemplo con datos Fallidos

NUMERO DE ENSAYOS	PROMEDIO MOVIL	RESISTENCIA REQUERIDA
3	309	245
4	293	245
5	285	245
6	262	245
7	284	245
8	284	245
9	284	245
10	253	245
11	283	245
12	317	245
13	347	245
14	347	245
15	332	245
16	328	245
17	333	245
18	331	245
19	330	245
20	309	245
21	315	245
22	350	245
23	376	245
24	377	245
25	321	245
26	301	245
27	306	245
28	299	245
29	284	245
30	266	245

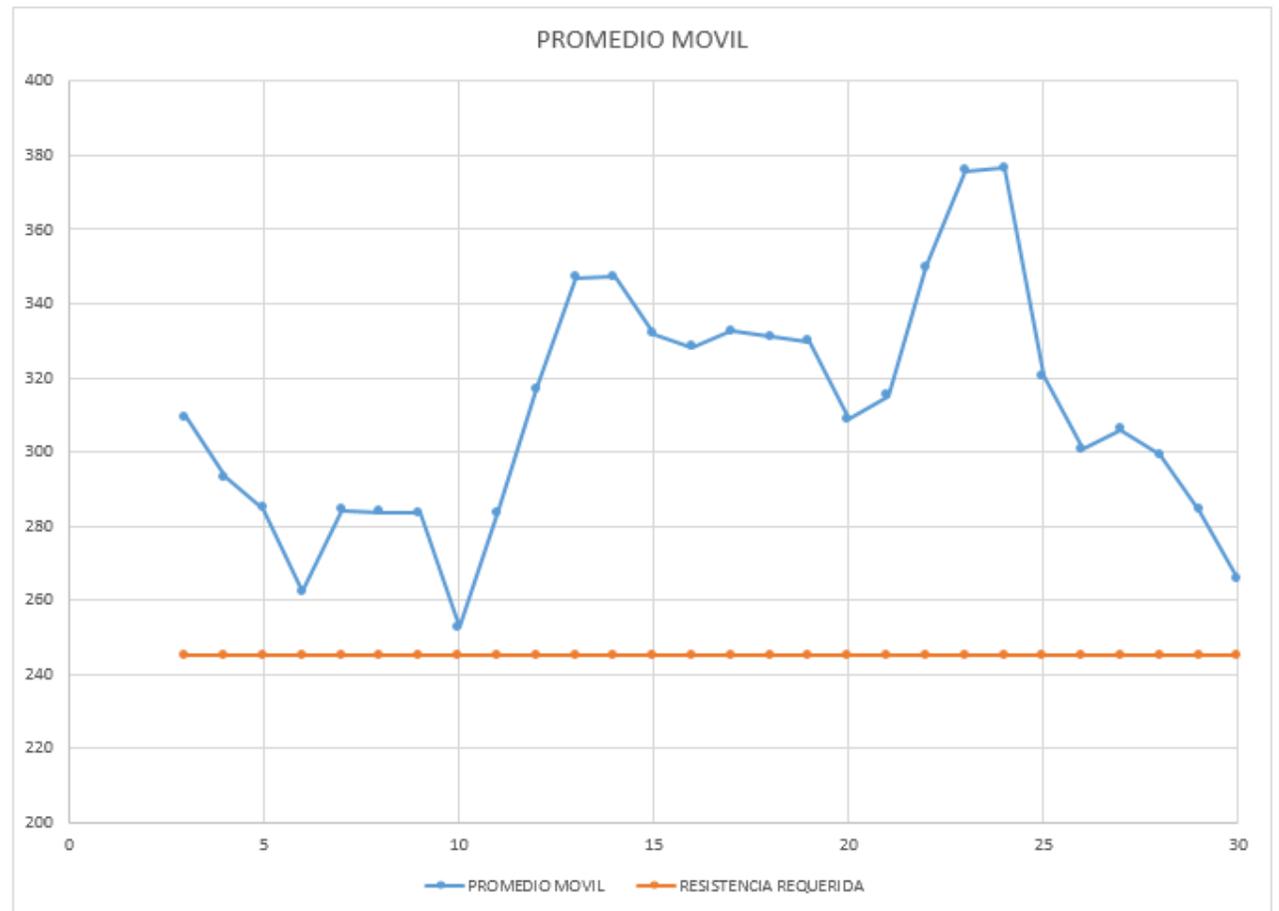


Figura 25: Carta de Control Promedio Móvil Ejemplo con datos Fallidos

NUMERO DE ENSAYOS	PROMEDIO DIARIO	RESISTENCIA REQUERIDA	f'c -35
1	329	245	210
2	272	245	210
3	327	245	210
4	281	245	210
5	247	245	210
6	260	245	210
7	347	245	210
8	245	245	210
9	259	245	210
10	254	245	210
11	337	245	210
12	360	245	210
13	344	245	210
14	338	245	210
15	314	245	210
16	333	245	210
17	351	245	210
18	309	245	210
19	330	245	210
20	288	245	210
21	328	245	210
22	434	245	210
23	366	245	210
24	331	245	210
25	266	245	210
26	306	245	210
27	347	245	210
28	245	245	210
29	262	245	210
30	290	245	210

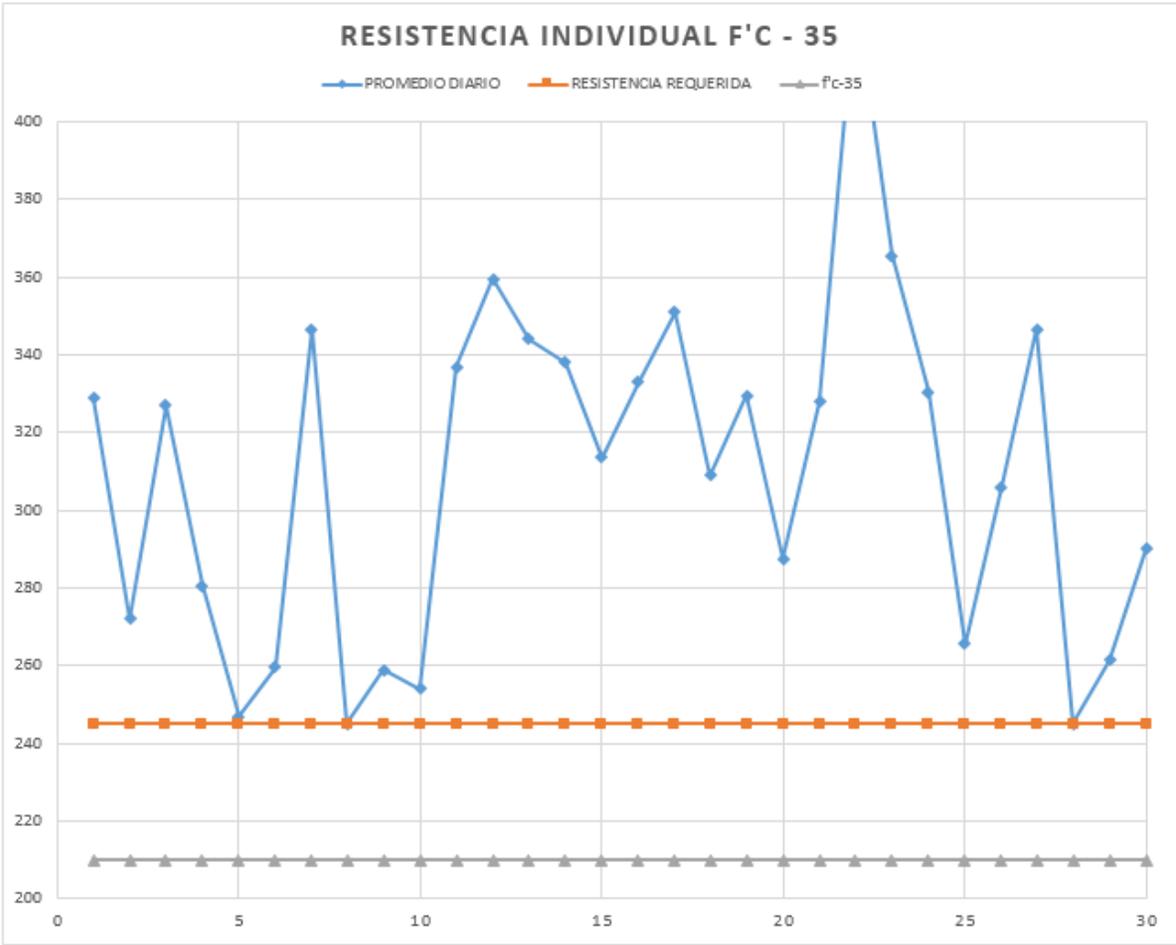


Figura 26: Carta de Control Resistencia Individual f'c - 35 ejemplo de datos fallidos

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Además de las conclusiones descritas en el transcurso del presente trabajo de tesis se puede indicar:

- Es importante que para tener un final exitoso, en el análisis de resultados a la compresión y por ende en las obras, se debe partir desde los materiales utilizados para la conformación del hormigón.
- Los conceptos que dan las normas, para los materiales componentes en la producción de hormigón y su utilización en las estructuras que así mismo cumplen con la función a la que está destinada, por ejemplo salvar un claro con los puentes, cerrar espacios como sucede con los edificios o contener un empuje con los muros de retención, tanques, etc.
- Estas estructuras deben cumplir su misión con un cierto grado de seguridad, además satisfacer otros requisitos como el costo económico, y mantener ciertas condiciones estéticas.
- Las consideraciones citadas pueden lograrse con un adecuado, uso de los materiales componentes, un buen diseño del hormigón, adecuadas prácticas de confección del mismo, y buenas disposiciones constructivas. De tal manera que a través de los resultados de ensayos de especímenes a la compresión y un análisis estadístico de los mismos; están representadas las características físicas de los componentes: grava, arena, cemento, agua, es decir que los resultados de los métodos estadísticos están relacionados con el uso de buenos materiales y de calidad.

- De acuerdo a las necesidades de las estructuras previas a su construcción es necesario hacer el diseño del hormigón, el mismo que debe primero ser ensayado en el laboratorio para luego dosificar en el hormigón de las obras.
- Para grandes volúmenes de hormigón se deben tener la maquinaria y capacidad suficiente para producir un buen hormigón de calidad, con relación a los materiales y áridos los mismos deben ser limpios y con características mecánicas satisfactorias; con respecto al agua debe ser la adecuada para el uso de hormigones, por ejemplo no se podría utilizar aguas negras.
- Una planta de hormigones y su laboratorio siempre debe tener a personas con experiencia, y así se pueda mantener buenas prácticas en el diseño, mezclado, colocación y curado del hormigón para tener una óptima resistencia y durabilidad.
- En el caso de encontrar deficiencias en la producción del hormigón por los métodos analizados, se debe proceder en forma inmediata a las correcciones.
- También puede presentarse el caso de que se incumplan los criterios de aceptación de las pruebas dados por las normas (ACI214, 2011) (ACI318, 2014), de ser así el encargado de la Fiscalización, deberá opinar por la validez o rechazo de las obras fundidas con este hormigón.

- Previa a la producción del hormigón en toda fábrica se tiene que realizar las características mecánicas y físicas de los materiales, grava, arena y cemento; en forma periódica y cada vez que exista un cambio de stock.
- Además toda empresa productora de hormigones deberá tener una buena práctica en la toma de muestras, ya que de esto depende la seguridad y resistencia de los elementos estructurales en una obra.
- Las muestras tomadas para ensayos a la compresión deberán tener un buen trato, no golpearles en su transporte, tener un curado apropiado para que luego de ser ensayadas a la compresión sus resultados sean confiables, y dar con esta seguridad al personal y calidad en la obra.
- Toda máquina para ensayar los especímenes a la compresión debe estar calibrada es decir no debe dar resultados erróneos, toda persona encargada de una planta productora de hormigones debe tener la suficiente experiencia, para poder aplicar y decidir en el caso de que la variación de los especímenes o muestras ensayadas a la compresión sean pobres, ya que de no hacerlo los resultados de los métodos estadísticos aplicados pueden ser discutibles y problemáticos.
- Cuando el grado de control que tiene la planta siendo este malo o deficiente el valor de la resistencia f'_{cr} va a ser mayor, lo cual trasciende en la parte económica puesto que se tendría que producir un hormigón para una mayor resistencia.
- Mientras más elevado sea la desviación estándar el factor de sobrediseño (α_S) será más alto, resultando una resistencia requerida mucho mayor y por lo tanto más costoso.

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante las pruebas estadísticas se concluye lo siguiente dentro de la Planta Productora de Hormigón Hormiazuay.

- Con respecto a las fuentes de variación en la dosificación de las mezclas se puede notar que se está llevando con su debido control, cumpliendo con las normas, al igual que para la toma de muestras, el curado de las mismas y los ensayos a compresión tanto a los 7 y 28 días de edad de las muestras. La empresa cuenta con su laboratorio para comprobar las condiciones mecánicas y físicas de los áridos, y poder comparar con las normas, a pesar que estas ya son realizadas en los stocks antes de traer los materiales a la fábrica.
- Al estar los agregados al intemperie, en el caso de lluvias en la zona; los agregados grava y arena adquieren humedad por lo que la fábrica dispone de personal y aditamentos para medir la humedad antes de la mezcla, lo cual es muy bueno y básico evitando un exceso de agua en la mezcla y la alteración de la resistencia del hormigón.
- Al realizar el análisis estadístico de los datos proporcionados por la Planta Hormiazuay se evaluó los defectos en la resistencia del concreto a los 28 días de edad mediante la resistencia promedio, desviación estándar, coeficiente de variación total y dentro de la prueba los mismos que dieron como resultado que la planta cumple con la resistencia requerida de diseño y los criterios de aceptación de las pruebas dados por las normas ACI 214, ACI 318 y normas Ecuatorianas.

- Por último al comparar los datos para conocer el control que tiene la producción se comprobó que la Planta Productora de Hormigón Hormiazuary cumple con los controles requeridos dentro de la obra puesto que al calificar la mezcla se obtiene valores mayores a la resistencia de diseño por lo tanto no es necesario realizar un rediseño de la mezcla. Pero también fue importante el implemento de políticas con relación al presente método de control, como son los métodos estadísticos, criterios de aceptación, calificación de la mezcla y rediseño.
- Todo lo analizado para la Planta Hormigonera Hormiazuary, indica que todas las obras que se construyeron en el periodo de la toma de datos, están fundidas con un excelente hormigón, las mismas que van a tener una satisfactoria resistencia y durabilidad; siendo estos los propósitos de la fábrica y este análisis.
- En base a la experiencia y datos almacenados, fue recomendable por parte de la empresa elaborar cursos o seminarios de obras civiles con relación a la calidad del concreto, promocionando así su buena calidad en la elaboración de hormigones.

BIBLIOGRAFÍA

- ACI. (2003). ACI COMITEE 201 Durability of Concrete in Service. Detroit, USA.
- ACI214. (2011). Recommended Practice for Evaluation of Strength Test Results of Concrete Manual Concrete Practice. Detroit USA.
- ACI318. (2014). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. Detroit.
- Blanco Alvarez, F. (25 de 04 de 2016). <http://www6.uniovi.es/>. Obtenido de <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion4.Tipos.CEMENTOS.pdf>
- COVENIN. (2003). Concreto, Evaluacion y Métodos de Ensayo. Venezuela.
- HORMIAZUAY. (2015-2016).
- IMCYC. (2007). Practica Recomendable para la evaluacion de los resultados de las pruebas de resistencia del concreto (ACI 214-77). Mexico.
- INECYC, I. (2009). Control de Calidad en el Hormigón Parte I. Quito: Imprenta NOCIÓN - Quito.
- INECYC, I. (2009). Control de Calidad en el Hormigón Parte II. Quito: Imprenta NOCIÓN - Quito.
- INECYC, I. E. (2007). Consejos Prácticos sobre el Hormigón. Ecuador.
- Ing. Romero, A. (2015-2016). Cuenca.
- Ing. Romero, A. (03 de Febrero de 2016). (J. Cabrera, Entrevistador)
- Rivera L., G. A. (2015). Resistencia del Concreto. En Concreto Simple (págs. 121-153). Colombia.
- Sanchez de Guzman, D. (2001). Tecnologia del Concreto y del Mortero. Bogota Colombia: Bhandar Editores Ltda.
- Sanchez de Guzman, D. (2006). Concretos y Morteros. Bogota, Colombia, Colombia: Asocreto.