

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

**Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión,
para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados
de la cantera Isla del Distrito de Juliaca**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Por:
Brisman Fico Machaca Herrera
Jhorby Win Vilavila Morales

Asesor:
Ing. Moises Araca Chile

Juliaca, Setiembre de 2021

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

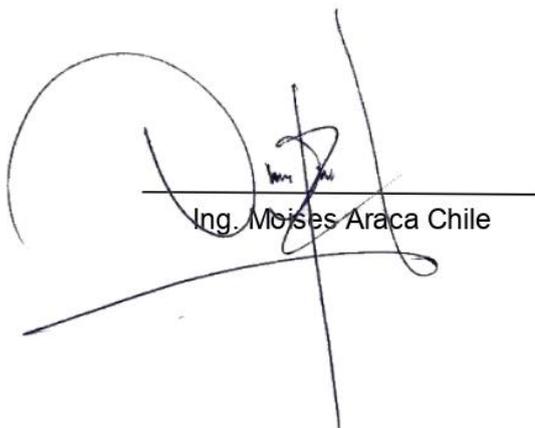
Ing. Moises Araca Chile, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“CORRELACIÓN ENTRE EL MÓDULO DE ROTURA Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS EN CONCRETOS FAST TRACK CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA DEL DISTRITO DE JULIACA”** constituye la memoria que presentan los Bachilleres **Brisman Fico Machaca Herrera** y **Jhorby Win Vilavila Morales** para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad de los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 03 días del mes de diciembre del año 2021



Ing. Moises Araca Chile



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a... 28 ... día(s) del mes de... octubre ... del año 2021... siendo las... 17:00... horas,
 se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor
 Presidente del jurado: Ing. Herson Duberly Pari Guesi
 secretario: Mg. Ephain Velasquez Mamani
 miembros: Ing. Percy Amando Gota Mayorga - Mg. Edwin Eloy Vargas Uchurico y los demás
 y el asesor: Ing. Maisis Araca Chile

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada:
"Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, para
 diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados
 de la cantera Isla del Distrito de Juliaca"

de el(los)/a(la)(las) bachiller/es: a) Brisman Fico Machaca Herrera
 b) Jhorby Win Vilavila Morales

conducente a la obtención del título profesional de
Ingeniero Civil
 (Nombre del Título Profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/a(la)(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): Brisman Fico Machaca Herrera

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy bueno</u>

Candidato (b): Jhorby Win Vilavila Morales

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy bueno</u>

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

 Presidente

[Firma]
 Secretario

 Asesor

 Miembro

 Miembro

 Candidato/a (a)

 Candidato/a (b)

Dedicatoria

El siguiente proyecto de tesis lo dedicamos:

En primer lugar a Dios, por ayudarnos durante el proceso de ejecución de tesis y brindarnos sabiduría e inteligencia.

A nuestros padres, Albino Machaca Pinto, Uldarina Herrera Flores y Julio Juan Vilavila Tito y Agustina Morales Lipa, por siempre apoyarnos y brindarnos su comprensión y amor incondicional, por todo el aliento que nos brindaron en momentos difíciles duros durante nuestra etapa universitaria.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios, por la fuerza de voluntad que siempre nos brindó durante el largo camino de desarrollo de nuestra tesis.

Agradecemos a nuestros Padres, quienes nos apoyaron incondicionalmente, tanto emocional y económicamente, por siempre mostrarnos el camino correcto y así llegar a ser buenos profesionales.

Finalmente agradecer a nuestro asesor de tesis Ingeniero Moises Araca Chile, por su ayuda indispensable, su comprensión y los aportes que nos brindó para el desarrollo del proyecto de tesis.

Índice

Capítulo I. El Problema	16
1.1 Situación Problemática.....	16
1.2 Formulación del Problema	17
1.3 Objetivos de la Investigación	18
1.4 Justificación de la Investigación.....	19
Capitulo II. Marco Teórico	21
2.1 Introducción.....	21
2.2 Antecedentes de la Investigación.....	22
2.3 Concreto	30
2.4 Componentes del concreto	31
2.5 Aditivos	36
2.6 Diseño de mezcla.....	39
2.7 Propiedades del concreto	45
2.8 Concreto Fast Track	50
Capitulo III Materiales Y Métodos.....	52
3.1 Tipo y nivel de investigación	52
3.2 Hipótesis	52
3.3 Diseño de Investigación	53
3.4 Población y muestra	53
3.5 Diseño estadístico para validar hipótesis.....	54
3.6 Matriz de consistencia	57

3.7	Procedimiento de recolección de datos	58
Capitulo IV Resultados Y Discusión		60
4.1	Características físicas de los materiales y diseño de mezcla.....	60
4.1.1	Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos.....	60
4.1.2	Determinación del peso unitario de agregados gruesos y finos.....	61
4.1.3	Contenido de humedad de agregados gruesos y finos.	62
4.1.4	Absorción de agregados gruesos y finos.	63
4.1.5	Gravedad especifica de agregados gruesos y finos.....	65
4.2	Diseño de mezcla de concreto fast track.	66
4.2.1	Diseño de mezcla concreto fast track $f'c=210$ kg/cm ²	66
4.2.2	Diseño de mezcla concreto fast track $f'c=240$ kg/cm ²	68
4.2.3	Diseño de mezcla concreto fast track $f'c=280$ kg/cm ²	70
4.3	Prueba de Hipótesis	72
4.3.1	Prueba de Hipótesis Concreto $f'c=210$ kg/cm ²	72
4.3.2	Prueba de Hipótesis Concreto $f'c=240$ kg/cm ²	73
4.3.3	Prueba de Hipótesis Concreto $f'c=280$ kg/cm ²	74
4.4	Correlación Módulo de Rotura y Resistencia a la Compresión.	75
4.4.1	Ecuación de regresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm ²	75
4.4.2	Ecuación de regresión del concreto $f'c = 240$ kg/cm ²	77
4.4.3	Ecuación de regresión del concreto $f'c = 280$ kg/cm ²	78
4.5	Discusión:	80

Capítulo V Conclusiones Y Recomendaciones	82
Referencias	84
Anexos	86

Índice de Tablas

Tabla 1 Consumo de cemento en el Perú.....	21
Tabla 2 Consumo de cemento per cápita en Latinoamérica	22
Tabla 3 Requisitos químicos del cemento portland	32
Tabla 4 Requisitos físicos de cemento portland IP comparado a norma 334.090	32
Tabla 5 Resistencia a la compresión de cemento portland IP y cemento tipo I	32
Tabla 6 Resistencia a los sulfatos entre el cemento portland tipo I y tipo IP	33
Tabla 7 Límites permisibles para la calidad de agua	35
Tabla 8 Características y tiempo de fraguado.....	37
Tabla 9 Tiempo de fraguado	37
Tabla 10 Volumen unitario de agua.....	40
Tabla 11 Contenido de aire atrapado	41
Tabla 12 Contenido de aire incorporado y total	41
Tabla 13 Relación de agua/cemento por resistencia.....	42
Tabla 14 Relación de agua/cemento por durabilidad.....	43
Tabla 15 Selección del agregado grueso método del Comité 211 ACI.....	44
Tabla 16 Método walker para determinar la cantidad de agregado fino	44
Tabla 17 Valores recomendados de MR para pavimentos rígidos	49
Tabla 18 Cantidad de muestra para estudio	54
Tabla 19 Matriz de consistencia	57

Índice de Figuras

Figura 1 Comparación de resistencia entre el cemento tipo I y tipo IP	33
Figura 2: Curva Granulométrica de agregado fino (Elaboración Propia)	60
Figura 3: Curva granulométrica de agregado grueso (Elaboración Propia)	61
Figura 4: Peso Unitario Agregado Fino (Elaboración Propia)	61
Figura 5: Peso Unitario Agregado Grueso (Elaboración Propia)	62
Figura 6: Contenido de Humedad Agregado Fino y Grueso (Elaboración Propia)	63
Figura 7: Peso Específico y Absorción Agregado Fino (Elaboración Propia)	64
Figura 8 Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso (Elaboración Propia)	65
Figura 9: Peso específico y Absorción Agregado Fino (Elaboración Propia)	66
Figura 10: Datos Para Diseño de Mezcla 210 kg/cm ² (Elaboración Propia)	66
Figura 11: Dosificación de agua aire y cemento (Elaboración Propia)	67
Figura 12: Dosificación final de materiales f'c=210 kg/cm ² (Elaboración Propia)	67
Figura 13: Datos Para diseño de mezcla f'c=240 kg/cm ² (Elaboración Propia)	68
Figura 14: Dosificación final f'c=240 kg/cm ² (Elaboración Propia)	69
Figura 15: Datos para diseño de mezcla f'c=280kg/cm ² (Elaboración Propia)	70
Figura 16: Dosificación de materiales f'c=280 kg/cm ² (Elaboración Propia)	70
Figura 17: Dosificación final de materiales f'c=280 kg/cm ² (Elaboración Propia)	71
Figura 18: Distribución t de student f'c=210 kg/cm ²	72
Figura 19: Distribución t de student f'c= 240 kg/cm ² (Elaboración Propia)	73
Figura 20: Distribución t de student f'c=280 kg/cm ² (Elaboración Propia)	74
Figura 21: Resultados de laboratorio MR y F'c (Elaboración Propia)	76
Figura 22: Ecuación de regresión f'c=210 kg/cm ² (Elaboración Propia)	77
Figura 23: Resultados de laboratorio MR y F'c (Elaboración Propia)	78
Figura 24: Ecuación de regresión f'c=240 kg/cm ² (Elaboración Propia)	78

Figura 25: Resultados de laboratorio MR y F'c (Elaboración Propia)	79
Figura 26: Ecuación de regresión f'c=280 kg/cm2 (Elaboración Propia)	79

Índice de Anexos

Anexo 1 Agregados	86
Anexo 2 Diseño de Mezcla.....	92
Anexo 3 Panel Fotográfico	98
Anexo 4 Ficha Técnica De Los Aditivos Usados	112
Anexo 5 Valores críticos de t.....	119

Resumen

El objetivo de la presente investigación es evaluar la correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión. El procedimiento realizado fue de la siguiente manera: se extrajo material de la cantera Isla, para luego ser llevado al laboratorio y determinar sus características físicas y mecánicas para realizar los diseños de mezclas respectivos. Las calidades estudiadas del concreto corresponden a las resistencias a compresión de 210 kg/cm², 240 kg/cm² y 280 kg/cm². Para diseño de concreto fast track se utilizó dos tipos de aditivos: acelerante de fragua y superplastificante, dichos insumos reemplazaron al agua en un 25% según ficha técnica, luego se realizó el diseño de mezcla para molde de vigas de 15x15x51cm y briqueteras de 10 cm de diámetro y 15cm de altura para una cantidad de 31 briquetas y 31 moldes de vigas para cada calidad de concreto; con los resultados obtenidos a la edad de 24 horas, se realizó el grafico respectivo entre la resistencia a la compresión y el módulo de rotura, una vez obtenido el grafico se procedió a determinar el coeficiente de correlación lineal de las calidades de concreto estudiadas de 210 kg/cm², 240 kg/cm² y 280 kg/cm² obteniéndose los siguientes valores de correlación lineal: 0.7941, 0.7769 y 0.6525 respectivamente. Seguido a ello se prosiguió con la prueba de hipótesis correspondiente a cada resistencia utilizando la distribución t de student teniendo valores crítico “t” de 7.04, 6.65 y 4.64 de los diseños ya mencionados; la hipótesis nula para cada diseño fue Ho: p=0 (No existe una correlación lineal) rechazando dicha hipótesis en cada diseño estudiado, con ello se concluye que existe evidencia suficiente para poder afirmar que existe una correlación lineal en las dos variables de cada diseño, finalmente se prosiguió a determinar la ecuación de regresión: $M_r=0.069f_c+12.691$, $M_r=0.1341f_c-2.8989$ y $M_r=0.116f_c+2.0158$ para concreto 210 kg/cm², 240 kg/cm² y 280 kg/cm² respectivamente.

Palabras clave:

fast track, resistencia a la compresión, módulo de rotura, pruebas de hipótesis, correlación lineal, ecuación de regresión.

Abstract

The objective of the present investigation is to evaluate the correlation between the modulus of rupture and the compressive strength. The procedure carried out was as follows: material was extracted from the Isla quarry, to then be taken to the laboratory and determine its physical and mechanical characteristics to carry out the respective mixture designs. The studied qualities of the concrete correspond to the compressive strengths of 210 kg / cm², 240 kg / cm² and 280 kg / cm². For fast track concrete design, two types of additives were used: forge accelerator and superplasticizer, these inputs replaced water by 25% according to the technical data sheet, then the mixture design was made for the 15x15x51cm beam mold and 10 cm briquetting machines. in diameter and 15cm in height for a quantity of 31 briquettes and 31 beam molds for each quality of concrete; With the results obtained at the age of 24 hours, the respective graph was made between the compressive strength and the modulus of rupture, once the graph was obtained, the linear correlation coefficient of the studied concrete qualities of 210 was determined. kg / cm², 240 kg / cm² and 280 kg / cm² obtaining the following linear correlation values: 0.7941, 0.7769 and 0.6525 respectively. Following this, the hypothesis test corresponding to each resistance was continued using the student's t distribution, having critical values "t" of 7.04, 6.65 and 4.64 of the aforementioned designs; the null hypothesis for each design was $H_0: \rho = 0$ (There is no linear correlation) rejecting said hypothesis in each design studied, with this it is concluded that there is sufficient evidence to be able to affirm that there is a linear correlation in the two variables of each design Finally, the regression equation was determined: $M_r = 0.069f'_c + 12.691$, $M_r = 0.1341f'_c - 2.8989$ and $M_r = 0.116f'_c + 2.0158$ for concrete 210 kg / cm², 240 kg / cm² and 280 kg / cm² respectively.

Keywords:

fast track, compressive strength, modulus of rupture, hypothesis testing, linear correlation, regression equation.

Capítulo I. El Problema

1.1 Situación Problemática

Es común ver en la ciudad la congestión vehicular producto de una reparación de vías, así como de la construcción de las mismas, según Paliza y Quispe (2017) “La técnica rápida de habilitar el tránsito con uso del concreto Fast Track surge de la necesidad de reparar y rehabilitar pavimentos en mal estado de funcionamiento en el menor tiempo posible” (p.12).

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI (2018) “informó que en el mes de enero de 2018, el índice de flujo vehicular se incrementó en 4.1% comparado con el mismo mes del año anterior”, con ello podemos observar la enorme deficiencia de seguir usando concretos convencionales, que exigen apertura el tránsito hasta dentro de 28 días.

El concreto Fast Track requiere muchos estudios para utilizarlo en el diseño de pavimentos, como es conocido la característica del concreto en el diseño de pavimento es la resistencia a la tracción por flexión, más conocida como módulo de rotura (MR).

Según el manual de suelos geología geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos (MTC – 2013), del ministerio de transporte especifica la resistencia mínima a flexotracción del concreto o comúnmente denominado módulo de rotura (Mr), dando inclusive una fórmula que correlaciona el módulo de rotura con la resistencia a la compresión del concreto, sin embargo dicha fórmula posiblemente no sea aplicable a concreto tipo Fast Track, es por ello de la importancia de realizar dicho análisis de correlación para realizar diseños de pavimentos rígidos así como realizar los controles de calidad en el proceso de construcción.

Otro asunto muy importante es el control de calidad en obras viales específicamente en pavimentos rígidos, suele utilizarse mucho el control de la

resistencia a compresión del concreto por la simplicidad del trabajo, mas no lo realizan directamente el ensayo a flexotraccion, por lo tanto, es de suma importancia el estudio de correlación entre ambos parámetros.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

¿Existe una correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del Distrito de Juliaca?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál es la resistencia a compresión en concretos fast track dentro de 24 horas de curado con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca?

- ¿Cuál es el módulo de rotura en concretos fast track dentro de las 24 horas de curado con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca?

- ¿Existe una correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca?

¿Cuál es la fórmula más adecuada, para correlacionar los valores de módulo de rotura y resistencia a compresión en concretos fast track para diseño de pavimentos rígidos?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Evaluar la correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la resistencia a compresión en concretos fast track dentro de 24 horas de curado con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.
- Determinar el módulo de rotura en concretos fast track dentro de las 24 horas de curado con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.
- Evaluar la correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.
- Estimar la fórmula más adecuada, para correlacionar los valores de módulo de rotura y resistencia a compresión en concretos fast track para diseño de pavimentos rígidos.

1.4 Justificación de la Investigación

El concreto hidráulico está constituido por mezcla de agregados (finos y gruesos) agua y cemento, en algunas ocasiones si el proyecto lo requiere diferentes tipos de aditivos, cuya proporción dependerán de la resistencia requerida, así como del tipo de elemento estructural.

“La resistencia a la flexión (también llamada módulo de ruptura) es un parámetro de diseño especificado para pavimentos rígidos. Esto se debe al hecho de que los pavimentos son esforzados en flexión durante la carga de tráfico” (Menéndez, 2016, p.292)

Para diseñar un pavimento rígido la característica principal del concreto es el Modulo de rotura (M_r), más no la resistencia a la compresión, sin embargo, esta última es la más usada y trabajada en lo que se refiere a la tecnología del concreto, existen fórmulas que correlacionan el Modulo de rotura con la resistencia a la compresión, como la propuesta por el ACI o el NSR 98, sin embargo, las propiedades del concreto dependen de las características de los materiales que lo componen.

“los concretos se diseñan para dos resistencias, a la compresión y a la flexión, las cuales deben ser controladas en campo mediante testigos que serna fallados de acuerdo a las normas vigentes” (Cárdenas & Lozano, 2016, p15)

La importancia de construir proyectos en el menor tiempo, indujo a la ingeniería crear diferentes métodos para cumplir con las exigencias de cada proyecto, por ejemplo el concreto fast track, que es un concreto que permite alcanzar la resistencia a la compresión del 70% al 80% en 24 horas. Pero sin duda lo que más interesa en los proyectos viales como son el diseño de pavimento, es la resistencia a la flexión, por ende la relación entre la resistencia a la compresión y el la resistencia a la flexión (Modulo de rotura), es de suma importancia en el ámbito del diseño de pavimentos rígidos.

Por lo expuesto es importante evaluar la correlación que pueda existir entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión en concretos fast track y con agregados de la zona, si bien es cierto existen algunas fórmulas de correlación de ambos parámetros, sin embargo dichas formulas no consideran la calidad de agregado, así como de los aditivos empleados.

Capítulo II. Marco Teórico

2.1 Introducción

El cemento hidráulico portland, fue patentado por vez primera en Inglaterra en año 1824, es el principal material aglomerante o cementante utilizado hoy en día para la fabricación del concreto.

Según la Federación Interamericana del Cemento (FICEM, 2018) que el consumo de cemento en el año 2017 a nivel mundial fue de 4500 millones de toneladas, similar cantidad se presentó en los años 2016 y 2014 (p.1). Con ello podemos deducir que estas cifras se mantendrán por algún tiempo, para fabricar esta cantidad de cemento, la industria del cemento consume anualmente cerca de 8,700 millones de toneladas de materia prima. Si partimos del hecho de que una mezcla típica de concreto contiene en peso, cerca del 12% de cemento, 8% de agua y 80% de agregados, resulta que la industria del concreto consume anualmente alrededor de 9,000 millones de toneladas de agregados (finos y gruesos) y 900 millones de toneladas de agua para el mezclado”.

“El consumo interno de cemento en el Perú, se muestra en la tabla 1 (ASOCEM, INEI). Cabe mencionar, que una sola fábrica de cemento, cementos Lima, provee cerca del 43% de la demanda interna. La tabla 2 muestra el consumo anual de cemento en algunos países latinoamericanos y los países con mayor consumo de cemento. Estas cifras indican que la industria del concreto es, probablemente, la que más recursos naturales consume en el mundo”.

Tabla1

Consumo de cemento en el Perú

Año	Consumo
1999	3.7
2000	3.6
2008	6.7
2009	7.1

Millones de toneladas. (ASOCEM, INEI)

Tabla 2
Consumo de cemento per cápita en Latinoamérica

	1993	1995	1999	2001	consumo total anual año 1999 (*)
México	287	325	287	278	28.4
Chile	218	223	210	234	3.1
Brasil	156	164	243	217	40.2
Venezuela	259	228	177	155	3.8
Argentina	169	190	202	145	7.3
Colombia	202	251	122	134	5.1
Bolivia	91	98	145	127	1.2
Perú	104	139	152	124	3.7
Uruguay			210		0.7
Paraguay			110		0.6
					94.1

Cifras en kg/hab. (ASOCEM, INEI)

2.2 Antecedentes de la Investigación

2.2.1 Antecedente Internacional

En Chile el año 2007 Cristian Eduardo Sánchez Montecinos en su tesis “TÉCNICA DE RAPIDA HABILITACIÓN AL TRÁNSITO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS FAST TRACK” realiza un estudio detallado de concreto fast track aplicado a pavimentos rígidos, realizando un análisis comparativo con el concreto para pavimentos tradicionales y obtiene un 33% de incremento de costo inicial del concreto fast track, pero también hace mención a las diversas ventajas que ello presenta, como por ejemplo: la disminución de faenas y de la apertura al tráfico hasta en un tercio o un cuarto del tiempo involucrado (Sánchez, 2007).

En el año 2001 El Instituto de Cemento Portland Argentino (ICPA) En su Revista N°2 “IMPORTANTE OBRA EN UN AEROPUERTO DE WISCONSIN (E.E.U.U) CONSIDERABLE AHORRO DE COSTOS” detalla la obra realizada en la pista 18/36 del aeropuerto regional de Dane Country en Madison, el objetivo de esta obra era mantener el tiempo mínimo de clausura de a que un promedio de 13500 aviones usaba

mensualmente este aeropuerto, la construcción de esta Obra en condiciones normal debió durar por lo menos 90 días, sim embargo con el uso de concreto fast track, la obra se concluyó en 15 días, dicha obra comprendió 30000m² de concreto fast track, dicho concreto tuvo un asentamiento entre 1.3 y 2.5 cm y se utilizó camiones volcadores y agitadores, se utilizó cementos de alta resistencia inicial para la elaboración del concreto fast track, la resistencia que debió alcanzar fue de 240 kg/cm² de resistencia a compresión en 12 horas y 45 kg/cm² de módulo de rotura a los 28 días (ICPA, 2001).

En el año 2016 la empresa ULTRACEM de Colombia realizó un estudio para determinar los beneficios de usar el concreto fast track en vías de pavimento rígido, teniendo los siguientes beneficios: rápida colocación, mezcla homogénea y manejable, reparaciones de vías para apertura de tráfico en menor tiempo, mejora considerablemente el tiempo de vida útil hasta 30 años por ende supera la vida de cualquier pavimento de asfalto y finalmente resalta la alta durabilidad que posee debido a las bajas relación agua/cemento utilizadas en el diseño. Dicho estudio también determino la resistencia a la flexión a las 24 horas, siendo este del 70% de la resistencia de diseño, además recomendando que este tipo de concreto debe evitarse para pisos con acabado de cemento pulido, así como recomendando que la apertura al tráfico dentro de las 24 horas debe ser evaluado por un especialista (ULTRACEM, 2016).

Silvia, Pavón y Hernández (2013) en su investigación “Relación de la resistencia a la compresión y módulo de ruptura del concreto hidráulico” cuyos objetivos fue Observar el efecto que tiene la relación a/c en resistencias a la compresión y módulo de ruptura del concreto e Identificar la relación de resistencia a la compresión-módulo de ruptura, es decir el factor "k" del concreto hidráulico y compararlo con lo propuesto por el PCA, cuya conclusión a la que llegaron fue Al obtener el factor "k" de la relación de módulo de rotura y la resistencia a la compresión del concreto, se identificó que este es mayor que

el rango propuesto por el PCA de 7.5 a 10.

Augusto y Legarda (2011) en su investigación “Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión del concreto fabricado con materiales pétreos de la mina "Las Terrazas" y cantera "LaVictoria" del Municipio de Pasto” cuyo objetivo fue Encontrar una expresión que permita correlacionar el módulo de rotura (f_r) y la resistencia a compresión (f'_c) con materiales pétreos, cuyo trabajo fue la Elaboración de mezclas de concreto con agregado fino de la mina y agregado grueso de una cantera, hallando así la correlación entre el f'_c y MR. Se comprueban los resultados y se realiza una comparativa con la fórmula del ACI:

$f_r = k\sqrt{f'_c}$ y NSR 98: $f_r = 0.7\sqrt{f'_c}$. Llegando a la siguiente conclusión, Concluye que los resultados obtenidos con ambas fórmulas son similares, obteniendo un mayor nivel de confiabilidad.

2.2.2 Antecedente Nacional

Según Milagros Alfaro (2020), en su tesis “Diseño de mezcla de un concreto fast track para uso en pavimentos de concreto rígido – aeropuerto Jorge Chávez – callao 2019” con la finalidad que la puesta en servicio sea en 24 horas, debido que reduce el tiempo de ejecución. En esta investigación se usó el método experimental, realizando una recolección de datos del laboratorio de materiales, para recolectar e interpretar los datos que se realizaron con respecto a la dosificación, resistencia de compresión y resistencia a flexión. Se obtuvo como resultados que en el ensayo a compresión se alcanzó una resistencia máxima de 282.33 kg/cm² con 1.2% de ViscoCrete 3330 (superplastificante) y 1.5% Sika Rapid -1 (acelerante), y la resistencia de flexión de 55.28 kg/cm² con 1.2% de ViscoCrete 3330 (superplastificante) y 1.5% Sika Rapid -1 (acelerante). Como conclusión se llegó a demostrar que los superplastificantes como los acelerantes influyen de manera positiva al concreto, pero en la resistencia de compresión no llegó al

porcentaje para que pueda poner en puesta en servicio el pavimento rígido, siendo asimismo que en la resistencia flexión según el MTC EG-2013, si es apto para que pueda poner en servicio el concreto.

Flores y Mendoza (2020), en su tesis “Análisis de la correlación del módulo de rotura (m_r) v.s. la resistencia a tracción indirecta (f^t) y compresión (f^c) de concreto $f^c = 280, 300, 350, 420$ kgf/cm² para pavimento rígido con fibras de polipropileno y fibras metálicas a los 7, 14 y 28 días de edad en la av. metropolitana de la ciudad de Arequipa” determino una correlación entre el Módulo de Rotura (MR), Resistencia a Compresión (f^c) y Tracción Indirecta (f^t) del concreto a los 28 días de edad, optimizando el espesor de losas de concreto hidráulico y un ahorro en los costos de materiales al obtener una ecuación que predice el Módulo de Rotura (MR) en el diseño de pavimentos rígidos para concreto convencional y concreto con adhesión de fibras metálicas, micro y macro fibras de polipropileno. Para lo cual se ensayaron 171 probetas cilíndricas a compresión uniaxial, 144 probetas cilíndricas a tracción por compresión diametral y 171 vigas prismáticas a flexión. Los resultados obtenidos optimizan los espesores de losas de concreto y sus propiedades mecánicas en estado endurecido. Finalmente, se concluye que la utilización de fibras metálicas y de polipropileno optimizan los espesores de pavimento rígido, pero no se logra reducir el costo en la partida de concreto premezclado, ya que el costo de las fibras compensa la optimización del espesor.

Robert Carrasco (2019), en su tesis “Resistencia por compresión y módulo de rotura en pavimentos rígidos, incorporando microsilice y un policarboxilato” cuyo objetivo fue determinar la resistencia a la compresión y el módulo de rotura del pavimento rígido, incorporando en el diseño de mezcla 5%,7.5% y 10% de microsilíce y 0.5%,1% y 2% de policarboxilato, para el cálculo del espesor de la losa. La investigación es de tipo descriptiva, correlacional y explicativo de método deductivo y diseño experimental. La

población está compuesta por 150 probetas para la resistencia a compresión y 20 vigas para el módulo de rotura para cada una del diseño de mezcla 5%,7.5% y 10% de microsílíce y 0.5%,1% y 2% de policarboxilato, se realizaron ensayos en el laboratorio de la UNI, para determinar las características de los agregados, granulometría, peso unitario, contenido de humedad, porcentaje de absorción, entre otros, de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas 400.037, 400.017, 400.010, 400.021 y 400.022. De acuerdo a los resultados a través de la correlación de Pearson se probaron que todas las hipótesis específicas, 1,2 y 3 son mayor al valor 0,05 se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa. Es necesario resaltar que cuando se incorpora el 10% de microsílíce y 1% de policarboxilato en el diseño de mezcla la resistencia a la compresión fue de 988.25 kg/cm², evidenciándose un incremento respecto a la muestra patrón (315 kg/cm²), de acuerdo a los ensayos del laboratorio.

Evelyn Deza y Teresa Yovera (2016), en su tesis “Comparación del concreto fast track y el concreto convencional para el diseño de pavimentos rígidos” determinó la relación agua/cemento del concreto fast track en concreto de f'c de 280, 300 y 350 kg/cm² fueron 0.466, 0.446 y 0.396 respectivamente y llegando a la resistencia máxima en 1 día, con respecto a los costos de construcción del concreto fast track superan en 21.26 % para concretos de 280 kg/cm², 20.33% para concretos de 300 kg/cm² y 20.61% para concretos de 350 kg/cm², todos ellos comparados con concretos convencionales, los pesos unitarios respectivos son de: 2500, 2534 y 2595 kg/m³ (Deza y Yovera, 2016).

- según realizan un estudio para proponer el uso del sistema fast track como alternativa para la reparación y rehabilitación de pavimentos rígidos, obteniendo diseños de mezclas con resistencia mayor a 280 kg/cm² a una edad de 8, 12 y 24 horas. Llegando a una conclusión que tales diseños cumplen con los requisitos exigidos para apertura de una

vía, a través de dicha investigación se ha concluido que es posible obtener diseños de mezclas con resistencia a compresión mayor a 280 kg/cm² con un módulo de rotura mayor a 38.6 kg/cm² a una edad de 8, 12 y 24 horas.

- realizo un estudio para mejorar el módulo de rotura del concreto al adicionar fibras de acero trefilado en los pavimentos rígidos en la ciudad de Huaraz, para un diseño a compresión de $f'_c=280$ kg/cm², llegando a la conclusión que considerando un 0.5% de fibras de acero en el concreto, este incrementa su módulo de rotura en una 49.68%, al adicionar un 0.8% de fibras de acero incrementa su resistencia a un 60.79%, adicionando 1.1% la resistencia aumenta en un 72.58% y finalmente al añadir el 1.4% la resistencia aumenta un 61.78% respecto al concreto patrón.

Randolp y Sanchez (2015), en su tesis “Evaluación de pavimentos rígidos mediante la determinación de correlaciones entre el módulo de rotura a la flexión y la resistencia a la compresión para el centro poblado san cristóbal de chupán – huaraz” determinaron que la resistencia a flexión y la resistencia a la compresión representan parámetros fundamentales en el correcto desarrollo de los pavimentos rígidos, porque definen la calidad del concreto, principal componente de los pavimentos rígidos, después de cumplir satisfactoriamente su ciclo de fraguado y curado. En nuestro enfoque cuantitativo, el problema principal radica en intentar efectuar ensayos de rotura a la flexión en zonas alejadas, como en el centro poblado San Cristóbal de Chupán, reconociendo que sólo es posible realizarlo en pocos laboratorios a nivel nacional. Por esta razón se determinó, en base a ensayos realizados en laboratorio, un factor de correlación que vincula el Módulo de Rotura a la flexión y la Resistencia a la Compresión, siendo el resultado experimental el factor (k) expresado por la ecuación $M_r = (k) \cdot \sqrt{f'_c}$, que identifica rápidamente resultados del Módulo de Rotura a la flexión,

aplicable a proyectos de condiciones similares, ante las altas exigencias del control de calidad en los proyectos de construcción.

2.2.3 Antecedente Local

Según Pucutuni y Arias (2019), en su tesis “Diseño de concreto fast track con fines de uso para rehabilitación de pavimentos rígidos en la ciudad de Juliaca” cuyo objetivo fue determinar un diseño de concreto tipo fast track (fraguado inicial rápido), que alcance la resistencia a compresión de diseño a las 24 horas. Para el cumplimiento del objetivo de la investigación, se hace uso de dos aditivos como es el acelerante de fragua (Master XSeed-100) y superplastificante, (Master Glenium SCC3800) en tres dosificaciones diferentes: (2% AC + 0.5% SP), (3% AC + 0.5% SP) y (4% AC + 0.5% SP), para el diseño de mezcla se utiliza la relación agua/cemento de 0.45 considerado este para diseños de concreto en climas fríos o extremos. Con base en los datos obtenidos de los ensayos realizados se comprobó que el concreto tipo fast track del diseño N°1, N°2 y N°3 alcanzaron un promedio a la resistencia a compresión de 154.47 Kg/cm², 167.14 Kg/cm² y 211.52 Kg/cm² respectivamente, del cual se puede concluir que el diseño N°3 cumple el objetivo de la investigación, ya que su resistencia promedio alcanza el 100.72%. El precio de fabricación en comparación a un concreto patrón, varía en S/.214.19 nuevos soles, equivalente a 72.19% de varianza en costo.

Raúl Calla Salcedo (2017), en su tesis “Concreto fast track con aditivos superplastificante y acelerante de resistencia iniciales con cemento portland tipo he” llegó a las siguientes conclusiones: utilizando superplastificante (ViscoCrete-3330) y acelerante de resistencia (SikaRapid-1) además de utilizar el cemento portland tipo HE se obtienen una resistencia de 286.95 kg/cm² a la edad de 3 días, recomienda además que la dosificación más óptima para la obtención del concreto fast track es la siguiente: superplastificante en una cantidad de 1.6% del peso del cemento y reduciendo una

cantidad de agua de hasta el 26% luego el acelerante de resistencia en un 1.5% del peso del cemento con una relación de agua/cemento de 0.33, todo ello para alcanzar la resistencia a la compresión de 286.95 kg/cm² en 72 horas (Calla, 2017)

Arapa y Mamani (2018), en su tesis “evaluación de la calidad de los agregados de cuatro canteras aledañas a la ciudad de Juliaca y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles” cuyo objetivo fue evaluar la calidad de los agregados de cuatro canteras de la ciudad de Juliaca, cuyas canteras evaluadas fueron: cantera Yocara, cantera Isla, cantera Piedra Azul y cantera Unocolla, llegando a la conclusión que todos los ensayos elaborados en dichas canteras indican que son aptos para el diseño de mezclas de concreto, siempre y cuando sean utilizados en proporciones adecuadas siendo la cantera isla la que cumple con la resistencia a la abrasión los ángeles, y también es la única cantera que cumple en el parámetro de absorción del agregado grueso, por lo tanto se tiene buena referencia de dicha cantera (Arapa y Mamani, 2018)

Daniel Quispe (2018), en su tesis “Evaluación de la resistencia a compresión del concreto en edificaciones comunes de la ciudad de Puno 2018” cuyo objetivo era evaluar la resistencia a compresión alcanzada por el concreto en viviendas de la ciudad de Puno, p.23, llegando a las siguientes conclusiones: que la resistencia del concreto a compresión usando el ensayo de índice de rebote da un resultado de 151.89 kg/cm² con un intervalo de confianza de $\pm 3.53\%$ lo que evidencia que el concreto en viviendas solo alcanza el 72.33% de la resistencia mínima para elementos estructurales como vigas y columnas, esto demuestra la precariedad en las construcciones de la ciudad de Puno debido a que el 82.26% de las viviendas construidas no supera la resistencia mínima exigida de 210 kg/cm² (Quispe, 2018).

2.3 Concreto

El concreto es una mezcla de los siguientes materiales como son, agregado grueso (que puede ser de perfil angular o redondeado), agregado fino (que puede ser natural o manufacturado) y agua, el agua y el cemento constituyen la llamada “pasta”, mientras que el agua, la arena y el cemento constituyen el mortero cuya función es unir las diversas partículas del agregado grueso llenando los vacíos de este. Según la teoría, el volumen de mortero sólo debería llenar el volumen entre partículas. En práctica, ese volumen es mayor por uso de mayor cantidad de mortero para asegurar que no se formen vacíos.

Para obtener una adecuada mezcla de concreto, no solo basta con materiales de buena calidad mezclados en las proporciones adecuadas. Será necesario tener en cuenta otros factores como son: el proceso de mezclado, el transporte, colocación en obra y su respectivo curado.

2.3.1 Uso estructurales

El concreto es el material más usado en nuestra zona como elemento estructural, ya sea en edificaciones como en pavimentos, cuya función es soportar cargas que serán afectadas durante la vida útil de los mismos.

Los elementos más importantes en la construcción son:

- Vigas y viguetas: Son elementos horizontales, cuya función es muy importante en las edificaciones como transmitir el peso a las columnas. Están sometidas a esfuerzos de flexión.
- Pilar o columna: son habitualmente barras apoyadas verticalmente, cuya función principal es trasladar cargas hacia los cimientos. Los principales esfuerzos que soporta son de compresión y pandeo.
- Pilar o columna: son usualmente barras apoyadas verticalmente, cuya función principal es trasladar cargas hacia los cimientos (zapatas, plateas o pilotes de

cimentación). Los principales esfuerzos que soporta son de compresión y pandeo (flexocompresión).

- Cimientos: son los encargados de soportar y distribuir las cargas transmitidas por las columnas en el suelo, soportando principalmente esfuerzos de compresión y en algunos casos esfuerzos de volteo.
- Placas: Son muros de concreto armado que proporcionan gran rigidez lateral ante movimientos laterales como los sismos.

2.4 Componentes del concreto

2.4.1 Cemento

Es un material conglomerante conformado por mezcla de arcilla y caliza que luego es calcinada para después ser molido (dicho producto se denomina Clinker), este material tiene la propiedad de endurecerse luego de ser mezclado con agua, adicionalmente a los materiales ya mencionados que conforman el cemento, se incorpora una cantidad de yeso para poder controlar el fraguado del mismo.

2.4.2 Cemento Portland puzolánico RUMI IP - alta resistencia.

El cemento portland puzolámico del tipo RUMI IP, de alta resistencia, es elaborado bajo un control de calidad estricto en la industria del cemento, ayuda en gran manera al medio ambiente, ya que en su elaboración se disminuye notablemente la emisión de CO₂, ayudando así a la disminución de gases con efecto invernadero.

Es un producto elaborado de un Clinker de muy alta calidad, con puzolanas naturales de origen volcánico de alta reactividad y un porcentaje pequeño de yeso. La mezcla es molida en molinos de alta tecnología, cuya calidad es controlada estrictamente con una gestión de calidad certificado con el ISO 9001 y por parte del medio ambiente es certificado por el ISO 14001, permitiendo con ello crear un producto de muy buena calidad.

“Sus componentes y la tecnología aplicada en su fabricación, hacen que el Cemento Portland Puzolánico Rumi IP, tenga propiedades especiales que otorgan a los concreto y morteros cualidades únicas de ALTA RESISTENCIA, permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, acidas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión u otros tipos de deterioro”.

Tabla 3

Requisitos químicos del cemento portland

REQUISITOS QUÍMICOS	CEMENTO POTLAND PUZOLÁNICO RUMI TIPO IP	Requisitos Norma NTP 334.090 ASTM C-595
MgO (%)	1.99	6.00 Máx.
SO ₃	1.75	4.00 Máx.
Pérdida por ignición (%)	2.14	5.00 Máx.

Requisitos químicos del cemento (Norma NTP 334.090)

Tabla 4

Requisitos físicos de cemento portland IP comparado a norma 334.090

REQUISITOS FÍSICOS	CEMENTO POTLAND PUZOLÁNICO RUMI TIPO IP	Norma NTP 334.090 ASTM C-595
Peso específico (gr/cm ³)	2.85	-
Expansión en autoclave (%)	0	0.80 máx.
Fraguado Vicat inicial (min)	170	45 Min.
Fraguado Vicat final (min)	270	420 Max.

Requisito físico de cemento portland tipo IP (Norma NTP 334.090)

Tabla 5

Resistencia a la compresión de cemento portland IP y cemento tipo I

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					Cemento Tipo I	
	Kgf/cm²	Mpa	Kgf/cm²	Mpa	Kgf/cm²	Mpa
1 días	104	10	-	-	-	-
3 días	199	20	133 Mín.	13	122	12
7 días	247	24	204 Mín.	20	194	19
28 días	342	34	255 Mín.	25	-	-

60 días	397	39	-	-	-	-
Comparación del cemento tipo IP y tipo I						

Tabla 6
Resistencia a los sulfatos entre el cemento portland tipo I y tipo IP

RESISTENCIA A LOS SULFATOS	Cemento IP	Cemento tipo V
% Expansión a los 14 días	0.018	0.04 Máx.
Comparación del cemento tipo IP y tipo I		

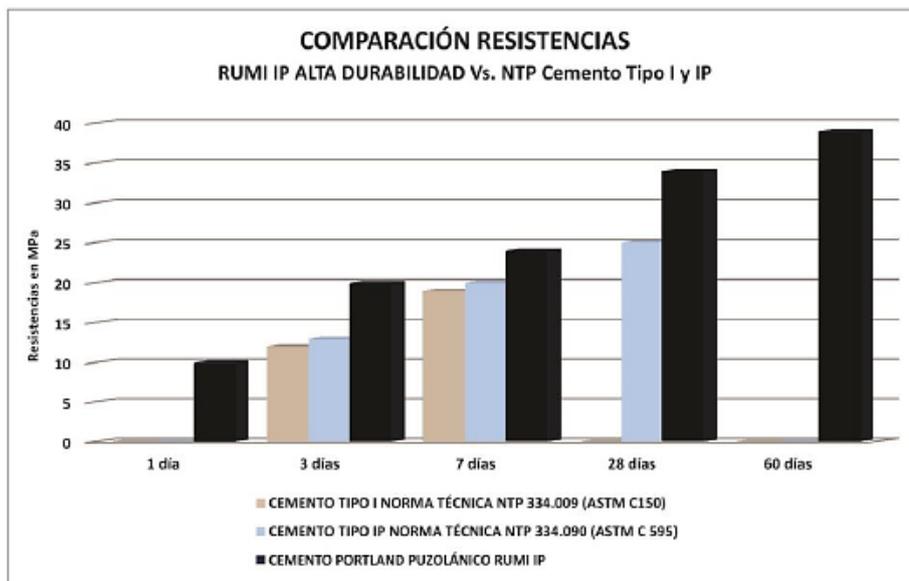


Figura 1 Comparación de resistencia entre el cemento tipo I y tipo IP

2.4.3 Tipos de cementos

La ASTM C 150 lo clasifica en 5 tipos:

- **Tipo I:** Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- **Tipo II:** De uso general y específicamente cuando el proyecto requiera una moderada resistencia tanto a los sulfatos como un moderado calor de hidratación.
- **Tipo III:** Cuando el proyecto requiera altas resistencias iniciales.
- **Tipo IV:** Cuando el proyecto requiera bajo calor de hidratación.

- **Tipo V:** Cuando el proyecto requiera alta resistencia a los sulfatos.

“La norma establecida por la Norma Técnica Peruana (NTP 334.090), especifica las características de los cementos adicionados, los que contienen además de los compuestos mencionados, escorias, puzolanas y materiales calizos que modifican el comportamiento”

Entre los tipos de cemento y el porcentaje añadido, tenemos:

- **Tipo IS:** Contenido de escoria entre 25% y 70%.
- **Tipo ISM:** Contenido de escoria menor a 25%.
- **Tipo IP:** Contenido de puzolana entre 15% y 40%.
- **Tipo IPM:** Contenido de escoria menor a 15%.
- **Tipo ICO:** Cemento adicionado obtenido por la pulverización conjunta de Clinker Portland y materiales calizos (travertino), hasta un 30% de peso.

2.4.4 Agregados

Se refieren al material derivado de rocas naturales, o pueden ser producto del proceso artificial, cuyas dimensiones están comprendidos fijados por la norma peruana NTP 400.011, las propiedades tanto físicas como químicas determinan en gran medida el comportamiento en las diferentes estructuras.

Clasificación:

Por su naturaleza

Naturales

Son obtenidos de canteras o lecho de ríos, estos son derivados de una determinada roca madre, cuyas características dependerán de la misma, donde se clasifica dependiendo de sus orígenes geológicos que determinan su composición química y así todas las propiedades que afectan sus propiedades, así como su desempeño en los diversos usos que se le puede brindar.

Estos agregados son obtenidos en canteras o dragados de los lechos de río, que para poder explotar estas canteras, requieren de varios pasos que comienza con la identificación de un depósito viable que por lo general lo realiza un geólogo.

Artificiales

Son agregados que no tienen origen natural, más a lo contrario son formados producto de materiales de desecho o por procesos industriales, que por lo general son producidos por un calentamiento intenso de diversos materiales.

Subproductos

Son productos secundarios o incidentales, obtenidos de los desechos industriales, generalmente útiles y comerciables, derivados de un proceso de manufactura o reacción química tales como el aserrín, el aluminio, el vidrio, etc. (Osorio y Rojas, 2010).

Por su tamaño

Agregado fino

“Es el agregado proveniente de la desagregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8 pulg)” (NTP 400.037, 2002, p. 5).

Agregado grueso

“Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4.75 mm (No. 4) proveniente de la desagregación natural o artificial de la roca” (NTP 400.037, 2002, p. 6).

2.4.5 Agua

Sustancia líquida transparente, compuesto de dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno, (H₂O) en estado puro es inodora e insípida, no siempre se encuentra en estado puro por lo que puede contener en disolución de gases y sales, en suspensión, polvos y a veces microbios

Tabla 7

Límites permisibles para la calidad de agua

descripción	límites permisibles
-------------	---------------------

sólidos en suspensión	50000 p.p.m.	Máximo
conductividad, 25°C	1500 Us/cm	Máximo
alcalinidad(NaHCO ₃)	600 p.p.m	Máximo
sulfatos (Ión SO ₄)	3000 p.p.m.	Máximo
cloruros (Ión Cl ⁻)	1000 p.p.m.	Máximo
PH	5,5 - 8,0	

Límites permisibles para calidad de agua (ASTM C-1602)

Agua de mezcla

Generalmente le agua potable es adecuada para mezclas en concreto, así como su curado respectivo garantizando así su resistencia deseada, así como la trabajabilidad correspondiente para su respectiva puesta en obra.

Agua de curado

“Constituye el suministro adicional de agua para hidratar eficientemente el cemento, con el fin de que este se hidrate y alcance sus propiedades potenciales” (Sánchez, 2001, p. 59).

2.5 Aditivos

Según la ASTM C494 clasifica a los aditivos de la siguiente manera.

- **TIPO A:** Reductor de agua
- **TIPO B:** Retardador de fraguado
- **TIPO C:** Acelerador de fraguado
- **TIPO D:** Reductor de agua y retardador
- **TIPO E:** Reductor de agua y acelerador
- **TIPO F:** Reductor de agua de alto efecto
- **TIPO G:** Reductor de agua de alto efecto y retardador

Aditivo superplastificante

Los aditivos superplastificantes pertenecen a una nueva generación de aditivos plastificadores, reduciendo el agua en un 25 a 40%.

“Son conocidos como aditivos reductores de agua de alto rango, las cuales tienen por finalidad reducir en forma importante el contenido de agua del concreto manteniendo una consistencia dada y sin producir efectos indeseables sobre el fraguado. Igualmente se emplean para incrementar el asentamiento sin necesidad de aumentar el contenido de agua en la mezcla de concreto” (Huincho, 2011).

Según Oliva (2008) en el modo de acción de los superplastificantes pueden considerarse tres etapas consecutivas:

Adsorción de los polímeros por parte de las partículas de cemento en la etapa de transición sólido-líquido.

Carga de la superficie de los granos con fuerzas electroestáticas de repulsión por tener el mismo signo.

Aparición de tensiones superficiales que aumentan la distancia entre partículas.

Estos aditivos están normados según la ASTM C 494.

Tabla 8
Características y tiempo de fraguado

Descripción	Características
Apariencia	Líquida
Color	Marrón oscuro
Densidad	1.19 kg/l
Solubilidad	Soluble en agua
Aumentos de resistencia a 28 días	125% - 135%
Características y tiempo de fraguado (ASTM C 494)	

Tabla 9
Tiempo de fraguado

Tiempo de fraguado	
Fraguado inicial	+30 min
Fraguado final	+30 min
Tiempo de fraguado (ASTM C 494)	

Aditivo plastificante de primera generación

Se desarrolló alrededor del año de 1930, hechos a base de lignosulfonatos. Según Valverde, et al (2016), “se obtienen del proceso secundario de la extracción de la celulosa de la madera. Generalmente tienen que ser tratados con el fin de reducir su contenido en azúcares para contrarrestar su efecto retardador. Permiten reducir el agua en la mezcla del concreto como máximo un 10% o conseguir, a igual relación agua/cemento, un aumento de la fluidez”

Aditivo plastificante de segunda generación

Una moderna generación de polímeros llegó al mercado a mediados del siglo XX que brinda una mayor disminución de la ratio agua-cemento del 25%. Los polisulfonatos como el naftaleno y la melanina poseen un mecanismo de acción parecido a los plastificantes de primera generación, creando un efecto de separación eléctrica, aunque de mucha más intensidad. Como se observó, los polímeros agrupan a las partículas del cemento, dándoles una carga negativa causando repulsión entre ellas, y permite al agua fluir e hidratar para obtener una mezcla mejor.

Por la misma función también es la causante de una mayor oclusión de aire, incrementando la trabajabilidad (consistencia) de la mezcla, pero paralelamente crea posibles bolsillos de aire (aire incorporado) disminuyendo en gran medida su capacidad de resistencia y comprometiendo la integridad estructural.

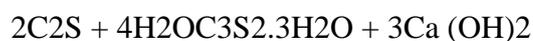
Reacción del cemento agua

Según la empresa Sika sostiene que: El cemento requiere una cierta cantidad de agua para poder hidratarse (en promedio se estima de 25% de la masa de cemento), sin embargo, es recomendable contar con una cantidad mucho mayor para garantizar, en todo el volumen de concreto, la disponibilidad de agua de hidratación para el cemento, debido a que la hidratación se genera en espacios saturados. Eso no es un inconveniente, si se

analiza de manera clara la relación agua/cemento en concretos que poseen relaciones muy bajas como por ejemplo relación agua/cemento de 0.45, tiene un aproximado de 80% de agua por encima de lo requerido por el cemento para hidratarse, recordemos que la prematura desecación del concreto puede disminuir el agua en la mezcla.

El cemento portland empieza a endurecer con la presencia de agua, por las denominadas reacciones de hidratación. El silicato dicálcico y el tricálcico tienen aproximadamente un 75% en peso del cemento portland, y cuando reaccionan con el agua durante el proceso de hidratación o endurecimiento del cemento, producen como principal producto de hidratación el silicato tricálcico hidratado. Por hidratación del silicato tricálcico y el silicato dicálcico se produce también hidróxido cálcico, que es un material cristalino

Estas reacciones son:



En donde el silicato tricálcico C₃S endurece velozmente y es responsable principal de la temprana resistencia que tiene a cabo el cemento portland, y así seguidamente con los demás productos. Por tanto, de las reacciones anteriores se puede decir que, según la extensión en que se complementan las reacciones de hidratación (endurecimiento del cemento), así se determina la resistencia y durabilidad del concreto hidráulico.

2.6 Diseño de mezcla

2.6.1 Selección de la cantidad de agua

La selección de la cantidad de agua, se refiere a la proporción que necesita el concreto de ciertas características por unidad cubica del mismo, recordemos que los agregados no se presentan en un estado “seco”, por lo que esta cantidad de agua seleccionada, deberá

de corregirse considerando las características de absorción y contenido de humedad de los agregados que lo componen.

El tipo de aditivo a utilizar también influye en la cantidad de agua a usar por lo que se debe de tomar las medidas del caso.

El comité 211 del ACI presenta una tabla para poder determinar la cantidad de agua a utilizar en un metro cubico de concreto, para ello necesitamos saber la trabajabilidad medida en asentamiento o slum del concreto, así como el tamaño máximo nominal del agregado grueso, como también la forma de su textura del agregado grueso, sea esta de perfil redondeado o angular, en la siguiente tabla se puede apreciar las cantidades requeridas de agua, que a su vez son las máximas posibles:

Tabla 10
Volumen unitario de agua

Asentamiento	Agua, en l/m ³ , para los tamaños max. Nominales de agregado grueso y consistencia indicado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	concreto sin aire incorporado							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	
	concreto con aire incorporado							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	

Volumen unitario de agua (Comité 211 del ACI)

2.6.2 Selección del contenido de aire.

“Las burbujas de aire pueden estar presentes en la pasta como resultado de las operaciones propias del proceso de puesta en obra, en cuyo caso se le conoce como aire atrapado o aire natural; o pueden encontrarse en la mezcla debido a que han sido intencionalmente incorporado a ella, en cuyo caso se les conoce como aire incorporado” (Rivva, 2014, p.61)

“En los concretos siempre hay un pequeño porcentaje de aire atrapado, el cual depende del aporte de los materiales, las condiciones de operación y la granulometría y tamaño máximo del agregado. Las burbujas de aire atrapado se caracterizan por su diámetro cercano a 1 mm y su perfil irregular” (Rivva, 2014, p.61)

En cuanto al aire incorporado, se recomienda su uso en lugares donde el gradiente térmico es considerable, o lugares donde el concreto estará sometido a ciclos de hielo y deshielo o agentes químicos destructivos.

Tabla 11

Contenido de aire atrapado

Tamaño máximo nominal	Aire atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Contenido de aire atrapado (NTP 400.037)

Tabla 12

Contenido de aire incorporado y total

Tamaño Máximo Nominal	Contenido de aire total en %		
	Exposición Suave	Exposición moderada	Exposición severa
3/8"	4.5	6	7.5
1/2"	4	5.5	7
3/4"	3.5	5	6
1"	3	4.5	6
1 1/2"	2.5	4.5	5.5
2"	2	4	5
3"	1.5	3.5	4.5
6"	1	3	4

Contenido de aire incorporado y total (ASTM C 231)

2.6.3 Relación agua/cemento por resistencia

“La selección de la relación agua/cemento por resistencia se hace partiendo del criterio de que esta propiedad es la más fácilmente mensurable y que, dentro de ciertas limitaciones, está regulada por la relación de la cantidad de agua a la cantidad de cemento en la unidad cubica de mezcla” (Rivva, 2014, p.65)

Recordemos que en la elaboración del concreto existen diferentes agregados, así como también diferentes tipos de cemento para una misma relación agua/cemento, es recomendable realizar ensayos de laboratorio para determinar su resistencia y establecer una relación con la relación agua/cemento seleccionada.

La siguiente tabla fue elaborada por el comité 211 del ACI, esta tabla da relaciones agua/cemento máximas, así también considera cemento del tipo I y materiales que cumplen con las normas ASTM C 33.

Los valores indicados corresponden a concretos sin la incorporación de aire atrapado, es decir concretos con aire natural.

Tabla 13

Relación de agua/cemento por resistencia

f_{cr} (28 días)	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
450	0.38	

Relación de agua/cemento por resistencia (Comité 211 del ACI)

2.6.4 Relación agua/cemento por durabilidad

Otro aspecto muy importante además de la resistencia a compresión del concreto, es considerar los requisitos de durabilidad del concreto, puede ser necesario la utilización de relaciones agua/cemento inferiores a las recomendadas por resistencia.

Teniendo en cuenta ambos criterios es decisión del ingeniero proyectista la elección adecuada de la relación agua/cemento, por lo que cuando se requiera la utilización de ambas características, se deberá de seleccionar la menor relación agua/cemento, que a su vez garantice el cumplimiento del requisito, tanto por resistencia como por durabilidad.

También es recomendable considerar que la resistencia $f'c$ mínima por durabilidad no deberá ser menor que $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 14

Relación de agua/cemento por durabilidad

Condición de exposición	Relación a/c máxima, en concretos con agregado de peso normal	Resistencia a la compresión mínima en concretos con agregado liviano
Concretos de baja permeabilidad		260
(a) Expuestos a agua dulce	0.5	
(b) Expuestos a agua de mar o aguas solubles	0.45	
(c) Expuestos a la acción de aguas cloacales	0.45	
Concretos expuestos a procesos de congelación y dehielo en condición húmeda		300
(a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas	0.45	
(b) otros elementos	0.5	
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de estas aguas	0.4	325
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15mm	0.45	300

Condiciones especiales de exposición (Rivva López, 2014)

2.6.5 Selección de agregado grueso método del Comité 211 del ACI

La siguiente tabla es presentada por el comité 211 de ACI, para seleccionar el porcentaje de agregado grueso requerido

Tabla 15*Selección del agregado grueso método del Comité 211 ACI*

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finura del fino (b/b0)			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.8	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto (Comité 211 del ACI)

2.6.6 Selección de agregado fino método de Walker

El método Walker, considera para la determinación del porcentaje de agregado fino: el tamaño máximo nominal, el módulo de finura del agregado fino, así como la característica del perfil del agregado grueso.

Tabla 16*Método walker para determinar la cantidad de agregado fino*

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Agregado redondeado				Agregado angular			
	Factor cemento expresado en bolsas por metro cubico				Factor cemento expresado en bolsas por metro cubico			
	5	6	7	8	5	6	7	8
	Agregado fino - Módulo de finura 2.3 a 2.4							
3/8"	60	57	54	51	69	65	61	58
1/2"	49	46	43	40	57	54	51	48
3/4"	41	38	35	33	48	45	43	41
1"	40	37	34	32	47	44	42	40
1 1/2"	37	34	32	30	44	41	39	37
2"	36	33	31	29	43	40	38	36
	Agregado fino - Módulo de finura 2.6 a 2.7							
3/8"	66	62	59	56	75	71	67	64
1/2"	53	50	47	44	61	58	55	53
3/4"	44	41	38	36	51	48	46	44
1"	42	39	37	35	49	46	44	42
1 1/2"	40	37	35	33	47	44	42	40
2"	37	35	33	32	45	42	40	38
	Agregado fino - Módulo de finura 3.0 a 3.1							
3/8"	74	70	66	62	84	80	76	73

1/2"	59	56	53	50	70	66	62	59
3/4"	49	46	43	40	57	54	51	48
1"	47	44	41	38	55	52	49	46
1 1/2"	44	41	38	36	52	49	46	44
2"	42	38	36	34	49	46	44	42

Método Walker para agregado fino (Staton Walker, Universidad de Maryland)

2.7 Propiedades del concreto

2.7.1 Resistencia a compresión del concreto

Según National Ready Mixed Concrete Association (S.F), la resistencia a la compresión del concreto es sin duda la medida más común del desempeño que emplean los ingenieros civiles para diseñar y construir edificios y otras obras estructurales. La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas (conocidos como briquetas) de concreto en una máquina de ensayos de compresión. La resistencia a la compresión se obtiene a partir de la carga máxima de ruptura dividida por el área de la sección transversal que resiste a la carga y se reporta en unidades de fuerza entre area que por lo general en esta zona es utilizada en Kg/cm² o en unidades corrientes utilizadas en EEUU o en megapascuales (MPa) en unidades del Sistema Internacional. Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde 210 kg/cm², 240 kg/cm², 280 kg/cm² e inclusive valores superiores, dependiendo del elemento estructural. Las mezclas de concreto se pueden diseñar de tal manera que tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura detallados en las normas respectivas.

Otra definición dada por Rivva (2000), afirma que la Resistencia es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por el concreto sin romperse. La resistencia a la compresión se utiliza como índice de calidad del concreto. En pavimentos suele utilizarse la resistencia a la flexión. La resistencia al corte no se utiliza.

Lo expresado anteriormente es de fácil comprobación, si se observa la fractura de los especímenes de concreto sometidos a ensayos de compresión. En ellos la rotura se presenta en el mortero o en la zona de adherencia con el agregado grueso y, por excepción, en los agregados descompuestos o alterados.

Pero Abrams (1918), indicó que, en un conjunto dado de materiales y condiciones de trabajo, el factor determinante de la resistencia era la relación agua-cemento de diseño en la que se excluye el agua adsorbida por el agregado. En esta teoría las resistencias son mayores con la disminución de la relación agua-cemento.

2.7.2 Asentamiento del concreto

Es una propiedad del concreto que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación, es definido también como aquellos los cuales tienen el grado de humedad necesario como que al apretarlos con la mano quede adherida a esta la lechada de cemento. Este tipo de concretos solo contienen el agua necesaria para que su superficie, después de vibrados quede blanda y unida.

Los concretos plásticos son definidos como aquellos que contienen el agua necesaria para dar a la masa una consistencia pastosa.

Los concretos fluidos son aquellos que han sido amasados con tanta agua que la mezcla fluye como una pasta blanda. Este tipo de concretos solo debe ser empleado en aquellas estructuras en las que la disminución de calidad originada por el excesivo contenido de agua carece de importancia.

Los norteamericanos clasifican al concreto por el asentamiento de la mezcla fresca secas, plásticas y fluidas; el método de determinación empleado es conocido como método del cono de asentamiento, método del cono de Abrams o método Slump y define

la consistencia de la mezcla por el asentamiento medido en pulgadas o en milímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica por eso se puede definir el asentamiento como la medida de la diferencia de altura entre el molde metálico estándar y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubría.

Los requisitos de agua de la mezcla pueden ser significativamente reducidos por empleo de determinados aditivos, tales como los incorporadores de aire, los reductores de agua y los superplastificantes.

2.7.3 Densidad del concreto

El concreto convencional, normalmente utilizado en obras de pavimentos, edificios y otras estructuras, posee un peso específico (que puede ser densidad, peso volumétrico, masa unitaria) que se encuentra en el rango de 2200 hasta 2400 kg/m³. La densidad del concreto depende en gran medida de la cantidad así como de la densidad de los agregados (fino y grueso), la cantidad de aire atrapado (aire natural) o intencionalmente incluido (aire incorporado) y las cantidades de agua y cemento. Por otro parte, como es conocido el tamaño máximo nominal del agregado grueso influyen en las cantidades de agua y cemento. Al disminuirse la cantidad de pasta (agua y cemento) eso por aumentar la cantidad de agregado, se aumenta la densidad. En el diseño del concreto armado, el peso unitario o densidad de la combinación del concreto con el acero de refuerzo normalmente es 2400 kg/m³. El peso del concreto seco es semejante al peso de los materiales del concreto fresco menos el peso del agua de mezclado. Una parte del agua que se encuentra en la mezcla combina químicamente con el cemento durante el proceso de hidratación, transformando el cemento en un gel. La cantidad del agua de la mezcla que se evaporará del concreto expuesto en un medio ambiente con humedad relativa del 50% es cerca del 1/2% al 3% del peso del concreto; la cantidad real depende del contenido inicial de agua,

de las características de absorción de los agregados fino y grueso y del tamaño y forma de los miembros del concreto.

2.7.4 Absorción y porosidad

Según Neville (1999) el grado de porosidad de los agregados comunes es de 0 a 50%. Teniendo en cuenta que el agregado (grueso y fino) representa aproximadamente las tres cuartas partes del volumen del concreto, es claro que la forma y textura de la piedra que será utilizada como agregado grueso es un factor que podría contribuir a la porosidad total del concreto. Sin embargo la porosidad capilar es la que generalmente influye en la durabilidad del concreto.

Por otro lado, Mayta (2014) “indica que no hay un método estándar en las normas ASTM para evaluarla, sin embargo, existen varias formas de determinación por lo general complejas y cuya validez es relativa. Una manera indirecta de estimarla es mediante la determinación de la absorción, que da un orden de magnitud de la porosidad normalmente un 10% menor que la real, debido a que nunca llegan a saturarse completamente todos los poros de las partículas”.

Según Revista de Ingenierías de la Universidad de Medellín (2009), la porosidad del concreto, la porosidad fundamental corresponde a los poros interconectados y representa el máximo contenido reversible en agua; en el caso de la pasta de cemento es del orden de un 20% o un 30%. Esta porosidad está relacionada con la absorción.

2.7.5 Módulo de ruptura del concreto

La resistencia a tracción por flexión denominado también módulo de ruptura es un parámetro de suma importancia en el diseño de pavimentos rígidos, por motivos de que el pavimento durante su vida en servicio está sometido a cargas de flexión producto del tráfico que circula por ello.

Según el MTC (2014) menciona “debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es que se introduce este parámetro en la ecuación AASHTO 93. El módulo de rotura (MR) esta normalizado por ASTM C-78. En el ensayo de concreto es muestreado en vigas. A los 28 días las vigas deberán ser ensayadas aplicando cargas en los tercios, y forzando la falla en el tercio central de la viga” (p.155)

Asi también propone diferentes resistencias para diferentes cargas de tráfico expresado en ejes equivalentes EE.

Tabla 17
Valores recomendados de MR para pavimentos rígidos

Rangos de tráfico pesado expresado en EE	Resistencia a la flexo tracción del concreto (MR)	Resistencia equivalente a la compresión del concreto (f'c)
<= 5'000,000 EE	40 Kg/cm ²	280 Kg/cm ²
> 5'000,000 EE	42 Kg/cm ²	300 Kg/cm ²
<=15'000,000 EE	45 Kg/cm ²	350 Kg/cm ²
> 15'000,000 EE		
<= 30'000,000 EE		

Valores recomendados de f'c y MR (MTC, 2014)

2.7.6 Relación entre la resistencia a la tracción por flexión (Módulo de rotura) y la resistencia a compresión.

Como se dijo anteriormente existen varias correlaciones entre las dos variables mencionadas, pero recordemos que la calidad de agregado no es lo mismo en todos los lugares, a continuación, veremos algunas correlaciones existentes entre estas dos variables:

$$MR = 0.6 - 0.8\sqrt{f'c} \text{ si } f'c \text{ está en MPa}$$

$$MR = 8 - 10\sqrt{f'c} \text{ si } f'c \text{ está en psi}$$

Adicional a estas ecuaciones el MTC presenta lo siguiente:

$$MR = a\sqrt{f'c} \text{ donde } a \text{ varia entre } 1.99 \text{ y } 3.18$$

Esto según ACI 363.

2.8 Concreto Fast Track

2.8.1 Introducción

El concreto es diseñado especialmente para permitir una fácil colocación y un adecuado desarrollo de su resistencia a edades tempranas permitiendo incluso aperturas al tráfico después de 24 horas de su colocación.

2.8.2 Beneficios de uso de concreto Fast Track

Los beneficios son los siguientes:

- Permite la rápida colocación en obras de pavimentos rígidos.
- La mezcla es homogénea y manejable.
- Se suele usar en reparación de vías de concreto, puesto que tiene altas resistencias iniciales, por ende, se puede apertura al tráfico dentro de las 24 horas después de su colocación.
- Tiene una vida promedio de 30 años, superior en gran medida a los pavimentos asfálticos.
- Alta durabilidad debido a las bajas relaciones agua/cemento utilizado en las mezclas.

2.8.3 Diseño de Mezcla del concreto Fast Track

Para el diseño de mezcla del concreto Fast Track, se realizará utilizando los mismos métodos para el diseño de mezcla de un concreto común, es decir en esta investigación se utilizará los métodos de wallker, módulo de finura y El comité ACI 211, incorporando adicionalmente un porcentaje de 1.5% de aditivo acelerante de fragua y de 1.5% de aditivo súper plastificante.

2.8.4 Aditivo Super plastificante

Es un aditivo que reduce la cantidad de agua en el concreto, sin modificar la consistencia, o sin modificar el contenido de agua aumenta considerablemente el asiento o ambos efectos a la vez.

2.8.5 Aditivo Acelerante de fragua

Es un aditivo que acelera el proceso de fragua sin quitar resistencia a la estructura de concreto, más aun, permite alcanzar altas resistencia mecánicas en menor tiempo.

Capítulo III Materiales Y Métodos

3.1 Tipo y nivel de investigación

La investigación será del tipo CUANTITATIVO, por ser secuencial y probatorio por lo que se seguirá una serie de etapas, como lo explica Hernández, Roberto (2014) “Parte de una idea que va acotándose y una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica.”

De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones. (Hernández, 2014, p.4)

El nivel de investigación o alcance de la investigación será de CORRELACIONAL, debido a que buscará la correlación de dos variables.

3.2 Hipótesis

3.2.1 Hipótesis General

Si existe una correlación significativa entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.

3.2.2 Hipótesis Específicas

- La resistencia a la compresión en concretos fast track dentro de 24 horas de curado con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca es superior al 80% de la resistencia de diseño.

- El módulo de rotura en concretos fast track dentro de las 24 horas de curado con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca es mayor al 70% de la resistencia de diseño.

Si existe una correlación significativa entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.

3.3 Diseño de Investigación

El diseño de investigación, será de tipo EXPERIMENTAL – TRANSECCIONAL – CORRELACIONAL, debido a que se manipulará las variables en estudio, así mismo será del tipo transeccional o transversal por lo que se tomará datos en una sola oportunidad.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

Concretos fast track de cantera Isla

3.4.2 Muestra

Se utilizara el cálculo del tamaño de muestra considerando que nuestra variable sigue una distribución normal, para la cual utilizaremos la fórmula para determinar los intervalos de confianza en proporciones, despejando el número de muestra la formula queda de la siguiente manera:

$$n_{opt} = \frac{Z^2 pq}{d^2}$$

Z: Grado de confiabilidad = 1.96, para un grado de confianza del 95% y un nivel de significancia del 0.05%.

p: Probabilidad de que la población presente las mismas características, por lo que asumiremos el 98% (0.98)

q: Probabilidad de que la población no presente las características (0.02)

d2: Error máximo admisible en términos de proporción que normalmente se considera 5% o 1%, en este estudio se tomara el valor de 5%.

$$n_{opt} = \frac{1.96^2 (0.98)(0.02)}{0.05^2}$$

$$n_{opt} = 31$$

Tabla 18*Cantidad de muestra para estudio*

Tipo de ensayo	N° de muestras por resistencia del concreto f'c		
	210kg/cm2	240kg/cm2	280kg/cm2
MR	31	31	31
F'c	31	31	31

Cantidad de muestra por estudio (Elaboración propia)

3.5 Diseño estadístico para validar hipótesis

3.5.1 Para la primera hipótesis específica

“La resistencia a la compresión en concretos fast track dentro de 24 horas de curado con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca es superior al 80% de la resistencia de diseño”

Se trata de una prueba de hipótesis acerca de una media conocida ($\mu=80\%$), una desviación típica desconocida y un tamaño de muestra mayor a 30, para lo cual se utilizará la siguiente fórmula de estadística de prueba:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_x}{S/\sqrt{n}}$$

Cuya distribución se aproxima a la distribución normal con media 0 y desviación típica de 1 N (0,1)

Donde:

t: Estadístico de prueba.

\bar{X} : Media maestra.

μ_x : Media poblacional.

S: Desviación estándar Según Córdova Zamora se estima puntualmente por \hat{S} . Que vendría a ser la desviación estándar de la muestra.

n: Tamaño de muestra.

Siendo las hipótesis de estudio lo siguiente:

Hipótesis Nula $H_0 = 80 \%$

Hipótesis Alternativa $H_0 > 80 \%$

3.5.2 Para la segunda hipótesis específica

“El módulo de rotura en concretos fast track dentro de las 24 horas de curado con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca es mayor al 70% de la resistencia de diseño.”

Se trata de una prueba de hipótesis acerca de una media conocida ($\mu=80\%$), una desviación típica desconocida y un tamaño de muestra mayor a 30, para lo cual se utilizará la siguiente fórmula de estadística de prueba:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_x}{S/\sqrt{n}}$$

Cuya distribución se aproxima a la distribución normal con media 0 y desviación típica de 1 $N(0,1)$

Donde:

t: Estadístico de prueba.

\bar{X} : Media maestra.

μ_x : Media poblacional.

S: Desviación estándar Según Córdova Zamora se estima puntualmente por \hat{S} . Que vendría a ser la desviación estándar de la muestra.

n: Tamaño de muestra.

Siendo las hipótesis de estudio lo siguiente:

Hipótesis Nula $H_0 = 70 \%$

Hipótesis Alternativa $H_0 > 70 \%$

3.5.3 Para la tercera hipótesis específica

“Si existe una correlación significativa entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca”

Para esta tercera hipótesis se determinará de manera puntual mediante el índice de correlación de Pearson con la siguiente formula:

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y}$$

Donde:

S_{xy} : Es la covarianza de X e Y.

S_x : Es la desviación estándar de X.

S_y : Es la desviación estándar de Y.

La hipótesis específica se validará de la siguiente manera:

Si $r = 1$, Entonces existe que hay una correlación perfecta positiva.

Si $r = -1$, Entonces se dice que hay una correlación perfecta negativa.

Si $r = 0$, Entonces se dice que no hay correlación entre las dos variables.

3.6 Matriz de consistencia

Tabla 19
Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>¿Existe una correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión para el diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del Distrito de Juliaca.</p> <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS</p> <p>¿Cuál es la resistencia a compresión en concretos fast track dentro de 24 horas de curado con agregados de la cantera Isla del Distrito de Juliaca?</p>	<p>Evaluar la correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del Distrito de Juliaca.</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <p>Determinar la resistencia a compresión en concretos fast track dentro de 24 horas de curado con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.</p>	<p>Si existe una correlación significativa entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Resistencia a compresión en concretos fast track</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Módulo de rotura en concretos fast track</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>CUANTITATIVO</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</p> <p>CORRELACIONAL</p>
<p>¿Cuál es el módulo de rotura en concretos fast track dentro de las 24 horas de curado con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca?</p>	<p>Determinar el módulo de rotura en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del Distrito de Juliaca.</p>	<p>El módulo de rotura en concretos fast track dentro de las 24 horas de curado con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca es mayor al 70% de la resistencia de diseño.</p>	<p>POBLACIÓN</p> <p>Concreto fast track de cantera Isla</p>	<p>DISEÑO DE INVESTIGACION</p> <p>EXPERIMENTAL - TRANSECCIONAL - CORRELACIONAL</p>
<p>¿Existe una correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del Distrito de Juliaca?</p>	<p>Evaluar la correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca</p>	<p>Si existe una correlación significativa entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca</p>	<p>MUESTRA</p> <p>31 muestras para resistencia a la compresión para 210 kg/cm², 240 kg/cm² y 280kg/cm²</p>	<p>TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS</p> <p>1era etapa traslado de materiales 2da etapa Característica físicas de los materiales y diseño de mezcla 3ra etapa Determinación de módulo de ruptura y resistencia a compresión</p>
<p>¿Cuál es la fórmula más adecuada, para correlacionar los valores de módulo de rotura y resistencia a compresión en concretos fast track para diseño de pavimentos rígidos?</p>	<p>Estimar la fórmula más adecuada, para correlacionar los valores de módulo de rotura y resistencia a compresión en concretos fast track para diseño de pavimentos rígidos.</p>		<p>31 muestras para módulo de rotura para resistencia a la compresión para 210 kg/cm², 240 kg/cm² y 280kg/cm²</p>	<p>4ta etapa Correlación de módulo de ruptura y resistencia a compresión</p>

3.7 Procedimiento de recolección de datos

La presente investigación se desarrollará de la siguiente manera

3.7.1 Primera etapa: traslado de materiales

Se realizará la exploración de la cantera Isla ubicado aproximadamente a 14 Km del laboratorio Geocontrol Total, se realizará la exploración adecuada cumpliendo con las normas correspondientes, luego se procederá a realizar las compras de cemento, así como de los aditivos requeridos.

3.7.2 Segunda etapa: características físicas de los materiales y diseño de mezcla

Para esta etapa se realizarán los siguientes ensayos en el laboratorio

Geocontrol Total E.I.R.L.

- Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos.
- Determinación del peso unitario de agregados gruesos y finos.
- Contenido de humedad de agregados gruesos y finos.
- Absorción de agregados gruesos y finos.
- Gravedad específica de agregados gruesos y finos.
- Peso compactado de agregado grueso.
- Determinación del módulo de fineza del agregado fino.
- Diseño de mezcla por los métodos: Walker y Modulo de Fineza.

3.7.3 Tercera etapa: determinación del módulo de ruptura y resistencia a compresión

En esta etapa se realizará los ensayos de módulo de ruptura y resistencia a compresión, para la resistencia a compresión se utilizarán muestras de 4 pulg de diámetro, y para determinar el módulo de ruptura se utilizará el método de carga en el centro de la viga.

3.7.4 Cuarta etapa: correlación de módulo de ruptura y resistencia a compresión

Una vez obtenido los resultados del módulo de ruptura, así como de la resistencia a compresión a la edad de 1 día, se realizará el ploteo respectivo, en el eje de las abscisas el módulo de ruptura y en el eje de las coordenadas la resistencia a la compresión del concreto, para luego determinar la mejor función que se ajuste a lo requerido.

3.7.5 Quinta etapa: Verificación y validación de hipótesis

Una vez que se obtuvo los resultados, se procede a realizar las pruebas de hipótesis respectiva, para tomar decisiones correctas y dar las recomendaciones correspondientes de la investigación.

Capítulo IV Resultados Y Discusión

4.1 Características físicas de los materiales y diseño de mezcla

4.1.1 Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos.

Se realizó el análisis granulométrico de agregados finos y gruesos, recordando que el agregado fino fue extraído de la cantera Isla Ubicado aproximadamente a 14 Km de la ciudad de Juliaca, mientras que el agregado grueso se realizó la compra de una empresa que provee piedra triturada de diferentes dimensiones (piedra chancada), los resultados del análisis granulométrico de agregados finos se muestran en la siguiente figura, donde las líneas de color rojo indican el límite superior e inferior, de acuerdo al manual EG-2013.

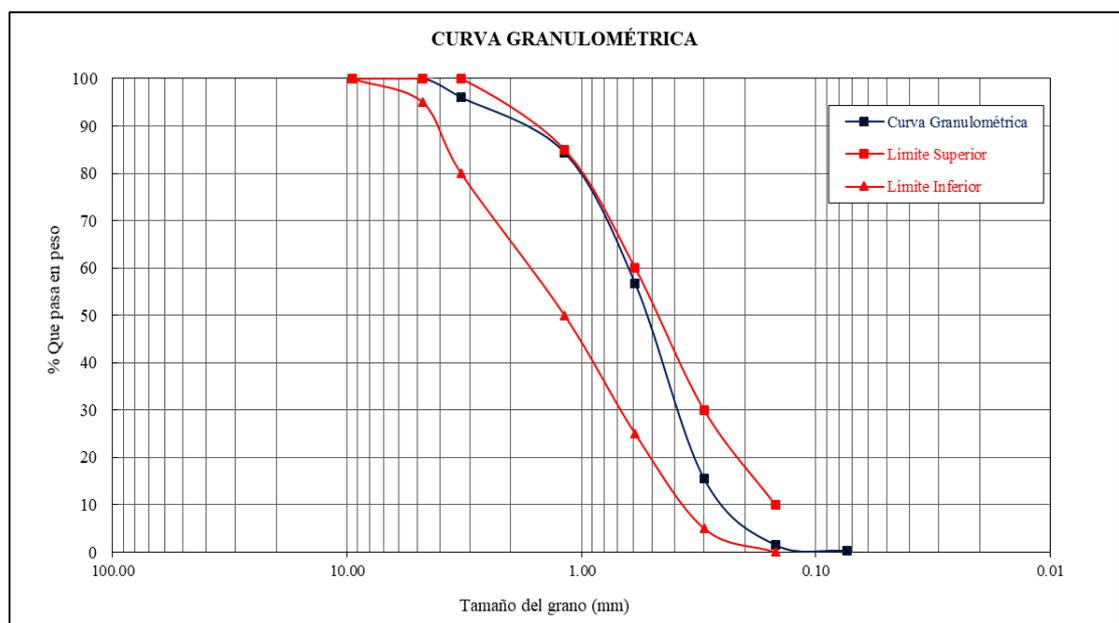


Figura 2: Curva Granulométrica de agregado fino (Elaboración Propia)

Con respecto al análisis granulométrico de agregado grueso se consideró el tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ", y como este material se puede extraer de diferentes dimensiones se realizó dicha extracción cumpliendo los parámetros establecidos en la EG-2013

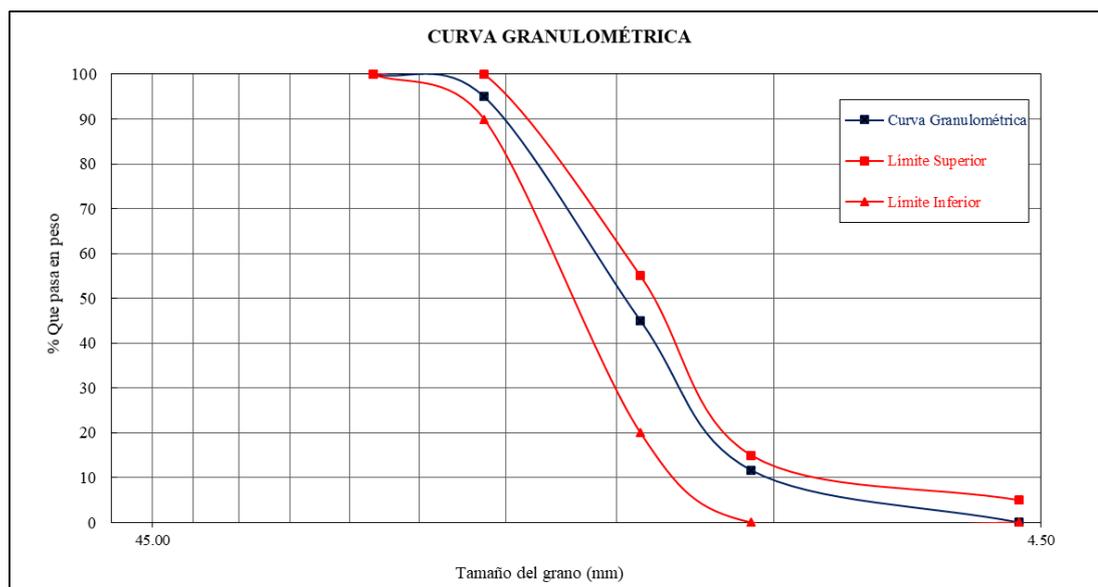


Figura 3: Curva granulométrica de agregado grueso (Elaboración Propia)

4.1.2 Determinación del peso unitario de agregados gruesos y finos.

La densidad aparente del agregado grueso en su estado suelto fue de 1381.19 Kg/m³ y en su estado compacto fue de 1438.69 kg/m³, mientras que en el agregado grueso en su estado suelto fue de 1307.38 kg/m³ y en su estado compacto fue de 1506.91 kg/m³.

PESO UNITARIO

NTP 400.017, ASTM C29/C29M

PROYECTO : Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.

Sondaje : Cantera Isla AASHTO :
 N° de Muestra :
 Profundidad (m) : SUCS :
 Estado : Alterado

Tamices ASTM	AGREGADO FINO SUELTO			AGREGADO FINO COMPACTADO		
Número de ensayo	01	02	03	01	02	03
Número de molde	T-001	T-002	T-003	T-001	T-002	T-003
Volumen de molde (m ³)	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Peso de molde (kg)	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451
Peso de molde + agregado (kg)	6.325	6.312	6.318	6.487	6.472	6.479
Peso del agregado (kg)	3.874	3.861	3.867	4.036	4.021	4.028
Densidad aparente (kg/m ³)	1383.57	1378.93	1381.07	1441.43	1436.07	1438.57
Densidad aparente promedio (kg/m ³)		1381.190			1438.690	

Figura 4: Peso Unitario Agregado Fino (Elaboración Propia)

PESO UNITARIO

NTP 400.017, ASTM C29/C29M

PROYECTO : Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.

Sondaje : Cantera Surupana AASHTO -----

N° de Muestra :

Profundidad (m) : SUCS -----

Estado : Alterado

Tamices ASTM	AGREGADO GRUESO SUELTO			AGREGADO GRUESO COMPACTADO		
	01	02	03	01	02	03
Número de ensayo	01	02	03	01	02	03
Número de molde	T-001	T-002	T-003	T-001	T-002	T-003
Volumen de molde (m ³)	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Peso de molde (kg)	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451
Peso de molde + agregado (kg)	6.102	6.123	6.110	6.635	6.685	6.691
Peso del agregado (kg)	3.651	3.672	3.659	4.184	4.234	4.240
Densidad aparente (kg/m ³)	1303.93	1311.43	1306.79	1494.29	1512.14	1514.29
Densidad aparente promedio (kg/m ³)		1307.381			1506.905	

Figura 5: Peso Unitario Agregado Grueso (Elaboración Propia)

4.1.3 Contenido de humedad de agregados gruesos y finos.

Como se vio anteriormente el contenido de humedad es un dato muy importante para el diseño de mezcla del concreto puesto que nos permite determinar la cantidad “exacta” de agua en la mezcla, los resultados fueron: para el agregado fino el contenido de humedad fue de 2.56%, mientras para el agregado grueso fue de 1.42%.

CONTENIDO DE HUMEDAD

NTP 399.185, ASTM C566

PROYECTO : Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.

Sondaje : Cantera Isla AASHTO :

N° de Muestra : SUCS :

Profundidad (m) : SUCS :

Estado : Alterado

DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO			RESULTADOS
Número de ensayo	01	02	03	Contenido de Humedad: 2.56%
Número de bandeja	T-001	T-002	T-003	
Peso de bandeja (gr)	498.25	562.21	521.30	
Peso de bandeja + agregado húmedo (gr)	2000.00	2000.00	2000.00	
Peso de bandeja + agregado seco (gr)	1965.00	1963.00	1962.00	
Peso del agua (gr)	35.00	37.00	38.00	
Peso del suelo seco (gr)	1466.75	1400.79	1440.70	
Contenido de humedad (%)	2.39%	2.64%	2.64%	

DESCRIPCIÓN	AGREGADO GRUESO			RESULTADOS
Número de ensayo	01	02	03	Contenido de Humedad: 1.42%
Número de bandeja	T-001	T-002	T-003	
Peso de bandeja (gr)	498.25	562.21	521.30	
Peso de bandeja + agregado húmedo (gr)	2000.00	2000.00	2000.00	
Peso de bandeja + agregado seco (gr)	1978.00	1979.00	1981.00	
Peso del agua (gr)	22.00	21.00	19.00	
Peso del suelo seco (gr)	1479.75	1416.79	1459.70	
Contenido de humedad (%)	1.49%	1.48%	1.30%	

Figura 6: Contenido de Humedad Agregado Fino y Grueso (Elaboración Propia)

4.1.4 Absorción de agregados gruesos y finos.

De la misma forma que el contenido de humedad la absorción en agregados tiene la misma función de calcular la cantidad “exacta” de agua en la mezcla y los resultados fueron los siguientes: para el agregado fino fue de 2.04%, mientras para el agregado grueso fue de 2.20%.

PESO ESPECÍFICO - ABSORCIÓN

NTP 400.022, ASTM C128

PROYECTO : Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.

Sondaje : Cantera Isla AASHTO -----

N° de Muestra : SUCS -----

Profundidad (m) :

Estado : Alterado

DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO			RESULTADOS	
Número de ensayo	01	02	03	Peso esp. De	
Volumen de fiola (ml)	500.00	500.00	500.00	masa	2.42
Peso de Fiola (gr)	156.00	199.00	155.00	Peso esp. SSS	2.47
Peso saturado superficialmente seco (gr)	500.00	500.00	500.00		
Peso de fiola + superficialmente seco + agua (gr)	954.00	996.00	953.00	Peso esp.	2.55
Peso de bandeja (gr)	285.00	268.00	280.00	Aparente	
Peso de bandeja + muestra seca (gr)	775.00	758.00	770.00	Absorción	2.04%
Peso de muestra seca (gr)	490.00	490.00	490.00		
Densidad del agua 4°C (gr/cm3)	1.00	1.00	1.00		
Peso del agua (gr)	298.00	297.00	298.00		
Volumen del agua (cm3)	298.00	297.00	298.00		
Volumen de sólidos (cm3)	202.00	203.00	202.00		
Peso específico masa del agregado fino (gr/cm3)	2.43	2.41	2.43		
Peso específico SSS del agregado fino (gr/cm3)	2.48	2.46	2.48		
Peso específico aparente del agregado fino (gr/cn)	2.55	2.54	2.55		
Absorción del agregado fino (%)	2.04%	2.04%	2.04%		

Figura 7: Peso Específico y Abosorción Agregado Fino (Elaboración Propia)

PESO ESPECÍFICO - ABSORCIÓN

NTP 400.022, ASTM C128

PROYECTO	:	Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.		
Sondaje	:	Cantera Isla	AASHTO	-----
N° de Muestra	:		
Profundidad (m)	:	SUCS	----
Estado	:	Alterado		

DESCRIPCIÓN	AGREGADO GRUESO			RESULTADOS	
	01	02	03		
Número de ensayo				Peso esp. De	
Peso saturado superficialmente seco (gr)	1500.00	1500.00	1500.00	masa	2.54
Peso seco de sólidos (gr)	1468.00	1469.00	1466.00	Peso esp. SSS	2.60
Peso de canastilla (gr)	1990.00	1990.00	1990.00		
Peso de canastilla + muestra saturada en agua (gr)	2916.00	2911.00	2912.00	Peso esp.	2.69
Peso de muestra saturada en agua	926.00	921.00	922.00	Aparente	
Densidad del agua 4°C (gr/cm ³)	1.00	1.00	1.00	Absorción	2.20%
Peso de agua (gr)	574.00	579.00	578.00		
Peso específico masa del agregado grueso (gr/cm ³)	2.56	2.54	2.54		
Peso específico SSS del agregado grueso (gr/cm ³)	2.61	2.59	2.60		
Peso específico aparente del agregado grueso (gr/c	2.71	2.68	2.69		
Absorción del agregado grueso (%)	2.18%	2.11%	2.32%		

Figura 8 Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso (Elaboración Propia)

4.1.5 Gravedad específica de agregados gruesos y finos.

Los ensayos de gravedad específica de agregado grueso y fino nos permiten cuantificar el diseño de mezcla, tanto en volumen como en peso, los resultados obtenidos en este ensayo fueron: para el agregado fino el peso específico de la masa fue de 2.42, mientras que para el agregado grueso fue de 2.54.

PESO ESPECÍFICO - ABSORCIÓN

NTP 400.022, ASTM C128

PROYECTO : Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.

Sondaje : Cantera Isla AASHTO -----

N° de Muestra : SUCS -----

Profundidad (m) : SUCS -----

Estado : Alterado

DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO			RESULTADOS	
	01	02	03		
Número de ensayo	01	02	03	Peso esp. De masa	2.42
Volumen de fiola (ml)	500.00	500.00	500.00		
Peso de Fiola (gr)	156.00	199.00	155.00	Peso esp. SSS	2.47
Peso saturado superficialmente seco (gr)	500.00	500.00	500.00		
Peso de fiola + superficialmente seco + agua (gr)	954.00	996.00	953.00	Peso esp. Aparente	2.55
Peso de bandeja (gr)	285.00	268.00	280.00		
Peso de bandeja + muestra seca (gr)	775.00	758.00	770.00	Absorción	2.04%
Peso de muestra seca (gr)	490.00	490.00	490.00		
Densidad del agua 4°C (gr/cm3)	1.00	1.00	1.00		
Peso del agua (gr)	298.00	297.00	298.00		
Volumen del agua (cm3)	298.00	297.00	298.00		
Volumen de sólidos (cm3)	202.00	203.00	202.00		
Peso específico masa del agregado fino (gr/cm3)	2.43	2.41	2.43		
Peso específico SSS del agregado fino (gr/cm3)	2.48	2.46	2.48		
Peso específico aparente del agregado fino (gr/cn)	2.55	2.54	2.55		
Absorción del agregado fino (%)	2.04%	2.04%	2.04%		

Figura 9: Peso específico y Absorción Agregado Fino (Elaboración Propia)

4.2 Diseño de mezcla de concreto fast track.

4.2.1 Diseño de mezcla concreto fast track $f'c=210$ kg/cm²

Datos del cemento			
Tipo	: Cemento portland Tipo I	Peso específico	: 3.15
Datos del agregado fino			
Peso específico	: 2.42	Absorción	: 2.04%
Módulo de finura	: 2.46	Contenido de humedad	: 2.56%
Datos del agregado grueso			
TMN	: 3/4"	Tipo de perfil	: Angular
Peso seco comp.	: 1506.90 kg/m ³	Absorción	: 2.20%
Peso específico	: 2.54	Contenido de humedad	: 1.42%
Características del concreto			
$f'c$:	210 Kg/cm ²	(Resistencia a los 28 días)	
$f'cr$:	280 Kg/cm ²	(Resistencia a compresión promedio)	
TMN agregado	3/4"	(Tamaño máximo nominal agregado grueso)	
Asentamiento:	1" a 2"	(Asentamiento o slump)	

Figura 10: Datos Para Diseño de Mezcla 210 kg/cm² (Elaboración Propia)

Dosificación de agua, aire y cemento			
Vol. Agua:	189	(Volumen unitario de agua)	
Contenido de aire:	2.00%		
Relacion a/c	0.578	Relación agua cemento por resistencia	
Factor cemento:	326.99 kg/m ³		
Cemento:	326.99 kg/m ³	0.104	m ³
Agua:	189 l/m ³	0.189	m ³
Aire:	0.020 m ³	0.020	m ³
	Total:	0.313	m³

Dosificación de agregados	
Volumen de Agregados	0.687 m³
Volumen de Agregado Fino	0.316 m³
Volumen de Agregado Grueso	0.371 m³
Peso seco de agregado fino	765.54 kg/m³
Peso seco de agregado grueso	943.91 kg/m³
Peso humedo de agregado fino	785.10 kg/m³
Peso humedo de agregado grueso	957.35 kg/m³
Humedad superficial de agregado fino	0.51%
Humedad superficial de agregado grueso	-0.78%
Aporte de humedad agregado fino	3.94 l/m³
Aporte de humedad agregado grueso	-7.36 l/m³
Total	-3.42 l/m³

Figura 11: Dosificación de agua aire y cemento (Elaboración Propia)

Dosificación final de materiales		
Materiales	Concreto Normal	Concreto Fast track
Cemento:	326.99 kg/m ³	326.99 kg/m ³
Agua efectiva:	192.42 l/m ³	144.32 l/m ³
Agregado fino humedo:	785.10 kg/m ³	785.10 kg/m ³
Agregado grueso humedo:	957.35 kg/m ³	957.35 kg/m ³
Acelerante:	0.00 l/m ³	11.445 l/m ³
Super plastificante:	0.00 l/m ³	1.635 l/m ³

Proporciones en Peso				
Cemento:	326.99	/	326.99	: 1.00
Agua efectiva:	144.32	/	326.99	: 0.44
Agregado fino humedo:	785.10	/	326.99	: 2.40
Agregado grueso humedo:	957.35	/	326.99	: 2.93
Acelerante:	11.44	/	326.99	: 0.04
Super plastificante:	1.63	/	326.99	: 0.01

Peso de Material por Bolsa					
Cemento:	1.00	/	42.5	:	42.50 kg/bol
Agua efectiva:	0.44	/	42.5	:	18.76 lt/bol
Agregado fino humedo:	2.40	/	42.5	:	102.04 kg/bol
Agregado grueso humedo:	2.93	/	42.5	:	124.43 kg/bol
Acelerante:	0.04	/	42.5	:	1.49 lt/bol
Super plastificante:	0.01	/	42.5	:	0.21 lt/bol

Figura 12: Dosificación final de materiales $f'c=210$ kg/cm² (Elaboración Propia)

4.2.2 Diseño de mezcla concreto fast track $f'c=240$ kg/cm²

DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO FAST TRACK F'C=240

MÉTODO MODULO DE FINURA

PROYECTO : Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.

Datos del cemento			
Tipo	: Cemento portland Tipo I	Peso específico	: 3.15
Datos del agregado fino			
Peso específico	: 2.42	Absorción	: 2.04%
Módulo de finura	: 2.46	Contenido de humedad	: 2.56%
Datos del agregado grueso			
TMN	: 3/4"	Tipo de perfil	: Angular
Peso seco comp.	: 1506.90 kg/m ³	Absorción	: 2.20%
Peso específico	: 2.54	Contenido de humedad	: 1.42%
Características del concreto			
$f'c$:	240 Kg/cm ²	(Resistencia a los 28 días)	
$f'cr$:	324 Kg/cm ²	(Resistencia a compresión promedio)	
TMN agregado	3/4"	(Tamaño máximo nominal agregado grueso)	
Asentamiento:	1" a 2"	(Asentamiento o slump)	

Figura 13: Datos Para diseño de mezcla $f'c=240$ kg/cm² (Elaboración Propia)

Dosificación de agua, aire y cemento			
Vol. Agua:	189	(Volumen unitario de agua)	
Contenido de aire:	2.00%		
Relacion a/c	0.516	Relación agua cemento por resistencia	
Factor cemento:	366.00 kg/m ³		
Cemento:	366.00 kg/m ³	0.116	m ³
Agua:	189 l/m ³	0.189	m ³
Aire:	0.020 m ³	0.020	m ³
Total:		0.325	m³

Dosificación de agregados	
Volumen de Agregados	0.675 m³
Volumen de Agregado Fino	0.310 m³
Volumen de Agregado Grueso	0.364 m³
Peso seco de agregado fino	751.75 kg/m³
Peso seco de agregado grueso	926.90 kg/m³
Peso humedo de agregado fino	770.95 kg/m³
Peso humedo de agregado grueso	940.10 kg/m³
Humedad superficial de agregado fino	0.51%
Humedad superficial de agregado grueso	-0.78%
Aporte de humedad agregado fino	3.87 l/m³
Aporte de humedad agregado grueso	-7.23 l/m³
Total	-3.36 l/m³

Dosificación final de materiales		
Materiales	Concreto Normal	Concreto Fast track
Cemento:	366.00 kg/m ³	366.00 kg/m ³
Agua efectiva:	192.36 l/m ³	144.27 l/m ³
Agregado fino humedo:	770.95 kg/m ³	770.95 kg/m ³
Agregado grueso humedo:	940.10 kg/m ³	940.10 kg/m ³
Acelerante:	0.00 l/m ³	12.810 l/m ³
Super plastificante:	0.00 l/m ³	1.830 l/m ³

Proporciones en Peso					
Cemento:	366.00	/	366.00	:	1.00
Agua efectiva:	144.27	/	366.00	:	0.39
Agregado fino humedo:	770.95	/	366.00	:	2.11
Agregado grueso humedo:	940.10	/	366.00	:	2.57
Acelerante:	12.81	/	366.00	:	0.04
Super plastificante:	1.83	/	366.00	:	0.01

Peso de Material por Bolsa					
Cemento:	1.00	/	42.5	:	42.50 kg/bol
Agua efectiva:	0.39	/	42.5	:	16.75 lt/bol
Agregado fino humedo:	2.11	/	42.5	:	89.52 kg/bol
Agregado grueso humedo:	2.57	/	42.5	:	109.17 kg/bol
Acelerante:	0.04	/	42.5	:	1.49 lt/bol
Super plastificante:	0.01	/	42.5	:	0.21 lt/bol

Figura 14: Dosificación final $f_c=240$ kg/cm² (Elaboración Propia)

4.2.3 Diseño de mezcla concreto fast track $f'c=280$ kg/cm²

DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO FAST TRACK F'C=280

MÉTODO MODULO DE FINURA

PROYECTO : Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.

Datos del cemento			
Tipo	: Cemento portland Tipo I	Peso específico	: 3.15
Datos del agregado fino			
Peso específico	: 2.42	Absorción	: 2.04%
Módulo de finura	: 2.46	Contenido de humedad	: 2.56%
Datos del agregado grueso			
TMN	: 3/4"	Tipo de perfil	: Angular
Peso seco comp.	: 1506.90 kg/m ³	Absorción	: 2.20%
Peso específico	: 2.54	Contenido de humedad	: 1.42%
Características del concreto			
$f'c$:	280 Kg/cm ²	(Resistencia a los 28 días)	
$f'cr$:	364 Kg/cm ²	(Resistencia a compresión promedio)	
TMN agregado	3/4"	(Tamaño máximo nominal agregado grueso)	
Asentamiento:	1" a 2"	(Asentamiento o slump)	

Figura 15: Datos para diseño de mezcla $f'c=280$ kg/cm² (Elaboración Propia)

Dosificación de agua, aire y cemento			
Vol. Agua:	189	(Volumen unitario de agua)	
Contenido de aire:	2.00%		
Relacion a/c	0.466	Relación agua cemento por resistencia	
Factor cemento:	405.58 kg/m ³		
Cemento:	405.58 kg/m ³	0.129	m ³
Agua:	189 l/m ³	0.189	m ³
Aire:	0.020 m ³	0.020	m ³
Total:		0.338	m³
Dosificación de agregados			
Volumen de Agregados	0.662 m ³		
Volumen de Agregado Fino	0.305 m ³		
Volumen de Agregado Grueso	0.358 m ³		
Peso seco de agregado fino	737.75 kg/m ³		
Peso seco de agregado grueso	909.64 kg/m ³		
Peso humedo de agregado fino	756.60 kg/m ³		
Peso humedo de agregado grueso	922.59 kg/m ³		
Humedad superficial de agregado fino	0.51%		
Humedad superficial de agregado grueso	-0.78%		
Aporte de humedad agregado fino	3.79 l/m ³		
Aporte de humedad agregado grueso	-7.09 l/m ³		
Total	-3.30 l/m³		

Figura 16: Dosificación de materiales $f'c=280$ kg/cm² (Elaboración Propia)

Dosificación final de materiales					
Materiales	Concreto Normal		Concreto Fast track		
Cemento:	405.58 kg/m3		405.58 kg/m3		
Agua efectiva:	192.30 l/m3		144.22 l/m3		
Agregado fino humedo:	756.60 kg/m3		756.60 kg/m3		
Agregado grueso humedo:	922.59 kg/m3		922.59 kg/m3		
Acelerante:	0.00 l/m3		14.195 l/m3		
Super plastificante:	0.00 l/m3		2.028 l/m3		

Proporciones en Peso					
Cemento:	405.58	/	405.58	:	1.00
Agua efectiva:	144.22	/	405.58	:	0.36
Agregado fino humedo:	756.60	/	405.58	:	1.87
Agregado grueso humedo:	922.59	/	405.58	:	2.27
Acelerante:	14.20	/	405.58	:	0.04
Super plastificante:	2.03	/	405.58	:	0.01

Peso de Material por Bolsa					
Cemento:	1.00	/	42.5	:	42.50 kg/bol
Agua efectiva:	0.36	/	42.5	:	15.11 lt/bol
Agregado fino humedo:	1.87	/	42.5	:	79.28 kg/bol
Agregado grueso humedo:	2.27	/	42.5	:	96.68 kg/bol
Acelerante:	0.04	/	42.5	:	1.49 lt/bol
Super plastificante:	0.01	/	42.5	:	0.21 lt/bol

Figura 17: Dosificación final de materiales $f'c=280$ kg/cm2 (Elaboración Propia)

4.3 Prueba de Hipótesis

4.3.1 Prueba de Hipótesis Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

La Prueba de Hipótesis se realizará mediante el coeficiente de correlación y a través de la distribución test de student.

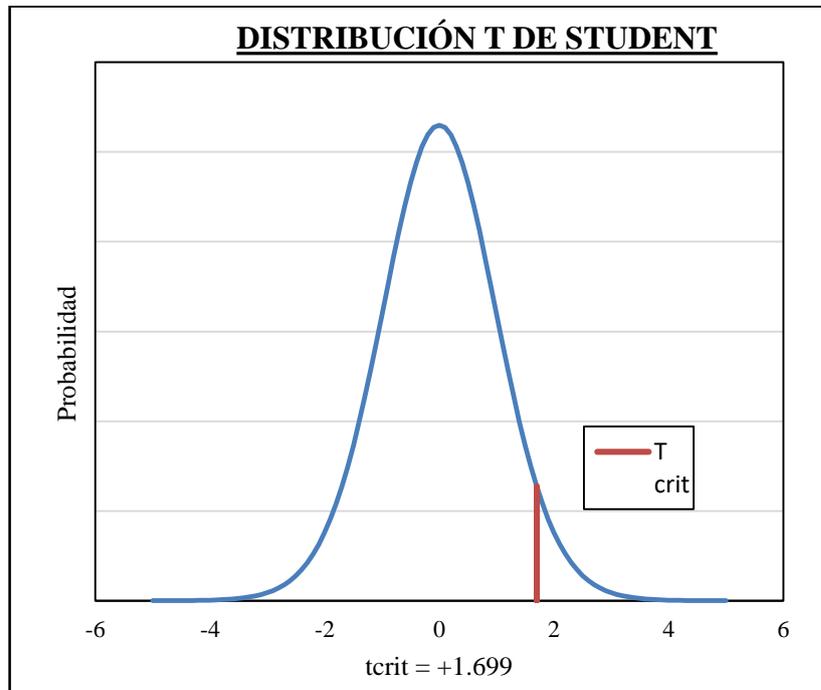


Figura 18: Distribución t de student $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Formulación de hipótesis nula y alternativa

Hipótesis nula

$$H_0: \rho = 0$$

(No existe una correlación lineal)

Hipótesis alternativa

$$H_1: \rho > 0$$

(Existe una correlación lineal)

Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

Estadístico de Prueba

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$

$$r = 0.794152$$

$$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}}$$

$$t = 7.04$$

Conclusión: Se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto existe evidencia suficiente para afirmar que existe una correlación lineal entre las dos variables.

4.3.2 Prueba de Hipótesis Concreto $f'_c=240 \text{ kg/cm}^2$

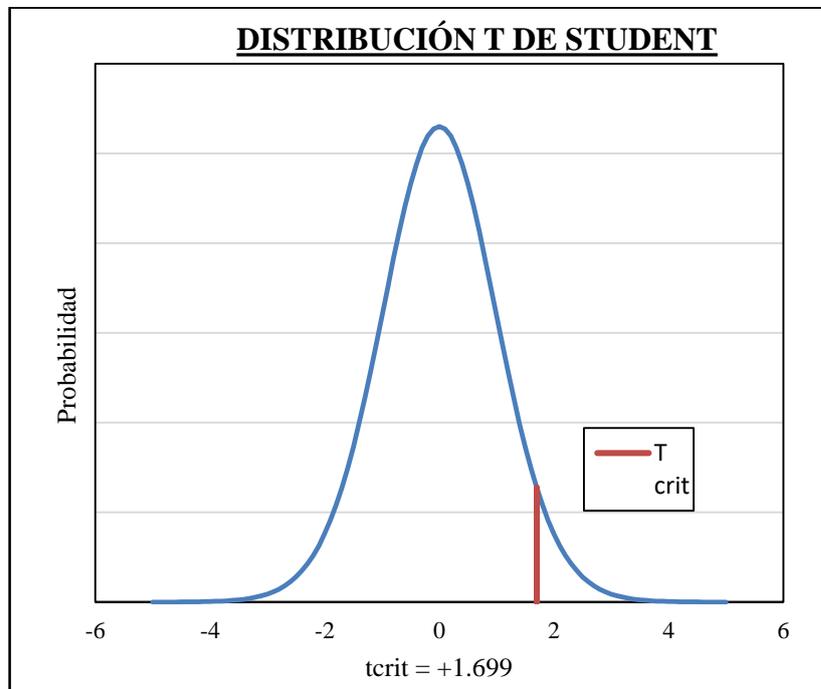


Figura 19: Distribución t de student $f'_c= 240 \text{ kg/cm}^2$ (Elaboración Propia)

Formulación de hipótesis nula y alternativa

Hipótesis nula (No existe una correlación lineal

$$H_0: \rho = 0$$

Hipótesis alternativa (Existe una correlación lineal

$$H_1: \rho > 0$$

Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

Estadístico de Prueba

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$

$$r = 0.776921$$

$$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}}$$

$$t = 6.65$$

Conclusión: Se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto existe evidencia suficiente para afirmar que existe una correlación lineal entre las dos variables.

4.3.3 Prueba de Hipótesis Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

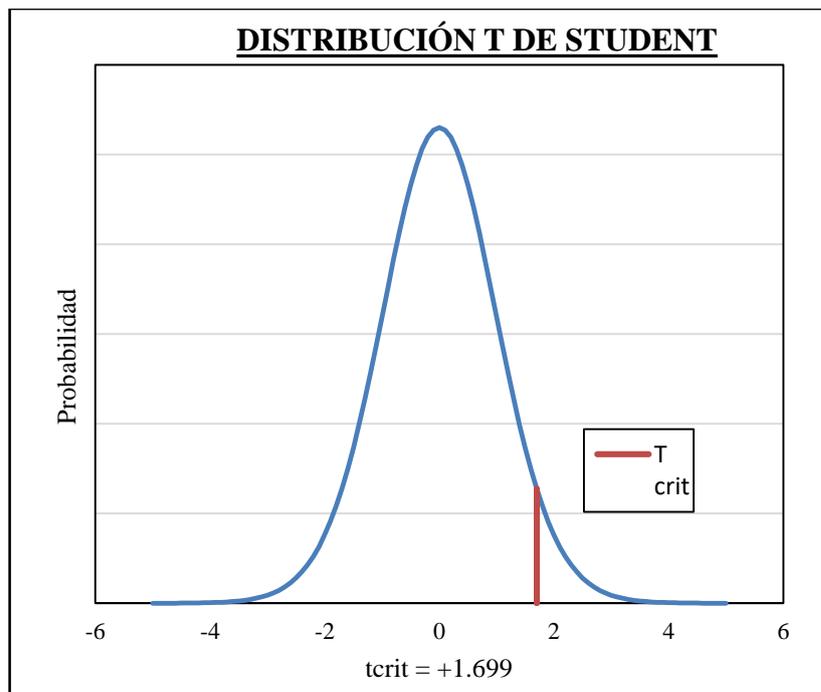


Figura 20: Distribución t de student $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ (Elaboración Propia)

Formulación de hipótesis nula y alternativa

Hipótesis nula	$H_0: \rho = 0$	(No existe una correlación lineal)
Hipótesis alternativa	$H_1: \rho > 0$	(Existe una correlación lineal)

Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

Estadístico de Prueba

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$
$$r = 0.776921$$

$$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}}$$

$$t = 6.65$$

Conclusión: se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto existe evidencia suficiente para afirmar que existe una correlación lineal entre las dos variables.

4.4 Correlación Módulo de Rotura y Resistencia a la Compresión.

Luego de Realizar las pruebas de hipótesis para las calidades de concreto de 210 kg/cm², 240 kg/cm² y 280 kg/cm², se procede a calcular la ecuación de regresión que nos permitirá determinar calcular de forma indirecta el módulo de rotura teniendo solo el dato de resistencia a la compresión del concreto.

4.4.1 Ecuación de regresión del concreto f'c = 210 kg/cm²

Se describe la relación entre las dos variables módulo de rotura y resistencia a la compresión del concreto mediante el cálculo de la gráfica y la ecuación de la recta de regresión.

Ecuación de regresión: $\hat{y} = b_0 + b_1x$

Intercepto de la ecuación de regresión: $b_0 = \bar{y} - b_1\bar{x}$

Pendiente de la ecuación de regresión: $b_1 = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$

f _c = 210 kg/cm ²				
N°	f _c :	Mr:	XY	X ²
1	217.30	22.71	4935.91	47219.16
2	244.86	29.91	7324.39	59954.06
3	233.98	28.99	6783.20	54748.07
4	204.23	30.05	6137.57	41711.24
5	178.68	24.22	4328.40	31924.98
6	200.33	26.28	5264.07	40130.24
7	206.82	24.79	5126.46	42776.32
8	235.76	26.04	6139.76	55583.21
9	124.32	18.44	2292.57	15455.88
10	118.31	18.92	2238.20	13998.35
11	105.33	21.09	2221.55	11095.18
12	104.86	19.27	2021.16	10996.28
13	131.85	21.54	2839.69	17385.52
14	125.34	20.35	2551.25	15710.66
15	156.06	21.10	3292.84	24353.48
16	177.35	24.72	4384.41	31453.73
17	180.23	25.79	4648.92	32483.20
18	180.94	25.28	4574.65	32738.17
19	179.44	27.11	4863.97	32199.82
20	182.19	25.67	4676.22	33194.96
21	183.92	25.34	4660.59	33828.02
22	175.49	25.62	4495.33	30795.93
23	181.91	26.98	4907.83	33090.50
24	190.88	27.55	5258.69	36434.12
25	175.00	26.58	4651.79	30626.72
26	169.65	23.35	3961.05	28780.53
27	167.54	24.12	4040.79	28070.28
28	165.74	24.52	4064.15	27470.41
29	168.92	27.24	4602.00	28534.27
30	168.48	27.43	4622.16	28386.62
31	167.25	25.10	4197.23	27972.00
	ΣX	ΣY	ΣXY	ΣX²
	5402.99	766.11	136106.79	979101.94
	X̄	Ȳ		
	174.2899	24.71334		

Figura 211: Resultados de laboratorio MR y F'c (Elaboración Propia)

$$b_1 = \frac{31(136106.79) - (5402.99)(766.11)}{31(979101.94) - 5402.99^2}$$

$$b_1 = 0.06898$$

$$b_0 = 24.71 - 0.06898 * 174.29$$

$$b_0 = 12.691$$

Por lo tanto la ecuación de regresión para una resistencia del concreto F'c=210 kg/cm² que se obtiene es la siguiente:

$$\hat{y} = 0.06898x + 12.691$$

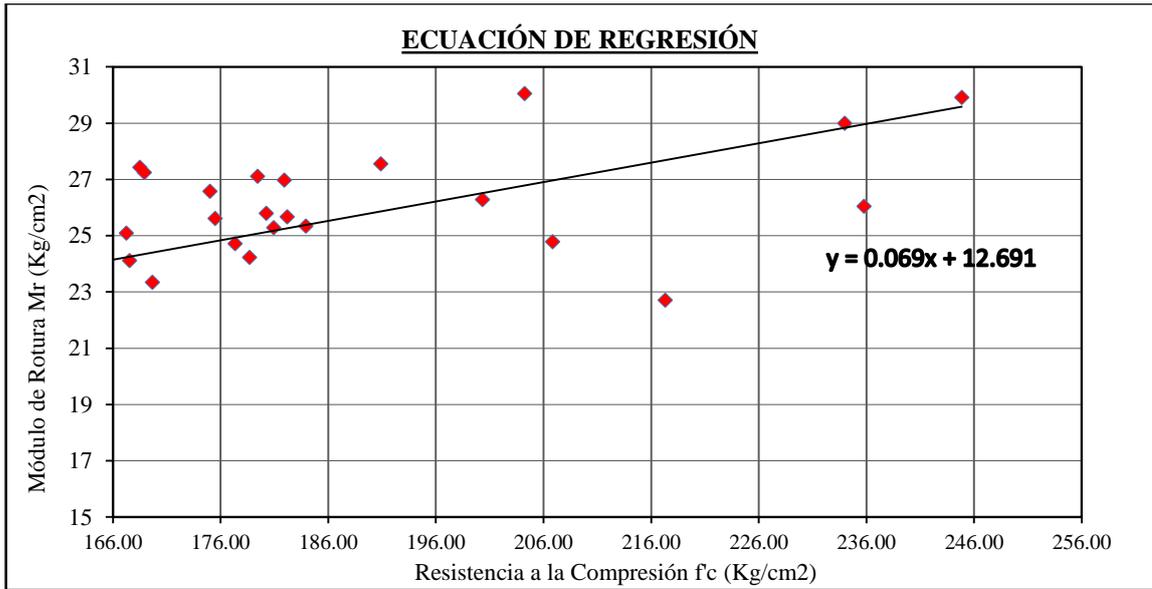


Figura 222: Ecuación de regresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (Elaboración Propia)

4.4.2 Ecuación de regresión del concreto $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

Se describe la relación entre las dos variables módulo de rotura y resistencia a la compresión del concreto mediante el cálculo de la gráfica y la ecuación de la recta de regresión.

Ecuación de regresión: $\hat{y} = b_0 + b_1x$

Intercepto de la ecuación de regresión: $b_0 = \bar{y} - b_1\bar{x}$

Pendiente de la ecuación de regresión: $b_1 = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$

f'c = 240 kg/cm²				
Nº	f'c:	Mr:	XY	X ²
1	184.02	22.82	4199.04	33862.56
2	203.89	23.90	4873.75	41569.23
3	180.10	21.16	3810.03	32434.53
4	188.01	21.84	4105.82	35347.96
5	197.60	23.31	4606.03	39047.60
6	193.15	22.51	4347.50	37306.83
7	195.19	22.63	4417.11	38097.34
8	198.68	22.82	4533.82	39472.54
9	194.08	23.17	4497.12	37665.32
10	203.04	23.58	4786.93	41225.20
11	188.57	22.19	4185.10	35559.95
12	196.29	23.00	4514.26	38530.11
13	192.20	23.02	4424.42	36941.24
14	194.13	23.01	4467.29	37685.24
15	198.14	24.49	4851.62	39258.47
16	192.74	23.49	4527.67	37148.62
17	182.17	21.46	3909.79	33185.06
18	188.88	22.41	4231.95	35673.77
19	192.53	22.55	4342.06	37069.68
20	197.82	23.10	4570.01	39131.06
21	196.24	22.86	4486.31	38510.70
22	201.91	24.67	4981.45	40767.87
23	191.53	22.98	4401.42	36682.84
24	195.57	23.53	4602.68	38248.07
25	202.96	23.60	4789.18	41193.54
26	195.83	23.71	4643.40	38349.89
27	193.11	23.06	4452.67	37291.57
28	204.11	26.47	5403.29	41659.09
29	198.13	24.65	4883.46	39254.17
30	195.35	24.01	4691.30	38162.37
31	193.84	22.52	4364.66	37572.53
	Σx	ΣY	ΣXY	ΣX²
	6029.78	718.52	139901.15	1173904.96
	X̄	Ȳ		
	194.51	23.18		

Figura 233: Resultados de laboratorio MR y F'c (Elaboración Propia)

$$b_1 = \frac{31(139901.15) - (6029.78)(718.52)}{31(1173904.96) - 6029.78^2} \quad b_1 = 0.13407$$

$$b_0 = 23.18 - 0.13407 * 194.51 \quad b_0 = -2.8989$$

Por lo tanto la ecuación de regresión para una resistencia del concreto F'c=210 kg/cm2 que se obtiene es la siguiente: $\hat{y} = 0.1341x - 2.8989$

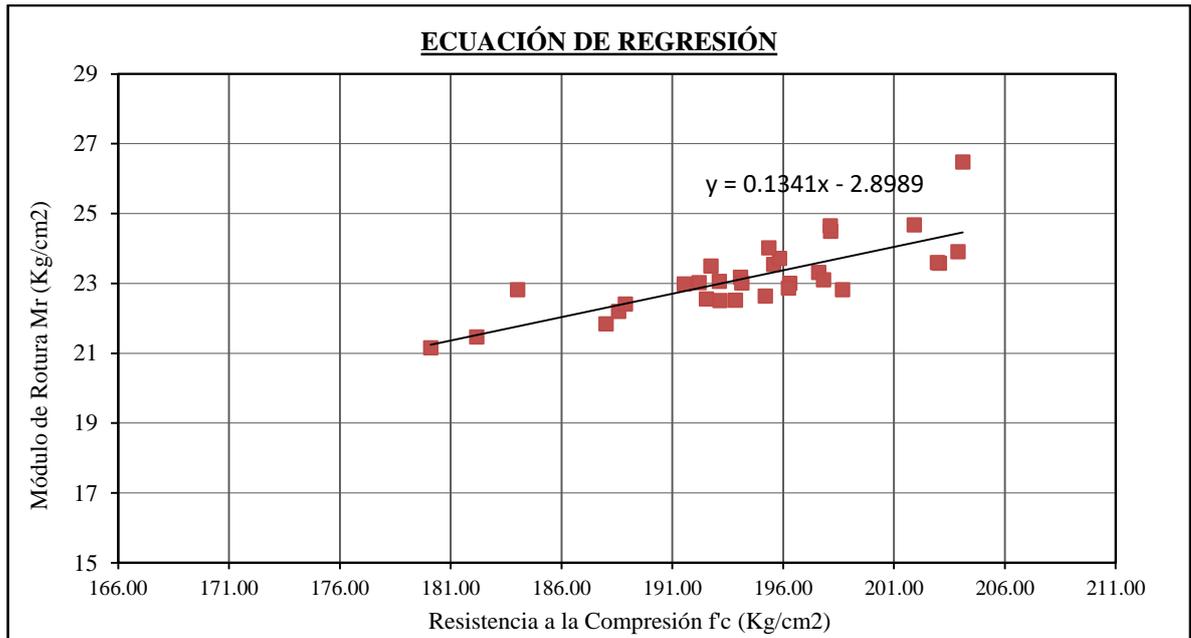


Figura 244: Ecuación de regresión f'c=240 kg/cm2 (Elaboración Propia)

4.4.3 Ecuación de regresión del concreto f'c = 280 kg/cm2

Se describe la relación entre las dos variables módulo de rotura y resistencia a la compresión del concreto mediante el cálculo de la gráfica y la ecuación de la recta de regresión.

Ecuación de regresión: $\hat{y} = b_0 + b_1x$

Intercepto de la ecuación de regresión: $b_0 = \bar{y} - b_1\bar{x}$

Pendiente de la ecuación de regresión: $b_1 = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$

f'c = 280 kg/cm2				
Nº	f'c:	Mr:	XY	X^2
1	240.84	30.65	7382.47	58004.22
2	212.58	26.64	5663.02	45188.30
3	215.41	27.01	5818.07	46400.33
4	228.19	26.93	6145.24	52070.26
5	231.88	27.51	6379.25	53768.50
6	236.49	28.10	6646.06	55927.01
7	219.87	27.57	6060.79	48342.54
8	216.27	27.17	5875.25	46771.39
9	214.29	26.79	5740.73	45920.75
10	222.67	27.64	6155.60	49581.35
11	220.22	28.38	6250.58	48494.79
12	229.19	31.58	7237.44	52526.59
13	222.53	28.15	6264.87	49520.18
14	225.29	27.39	6170.56	50756.77
15	229.90	29.40	6758.72	52855.34
16	220.79	26.35	5817.97	48747.60
17	227.63	29.57	6731.35	51814.84
18	224.02	27.98	6269.12	50184.48
19	220.88	28.08	6202.95	48789.46
20	220.49	27.86	6143.86	48615.34
21	224.31	28.81	6461.44	50313.59
22	230.30	28.67	6602.11	53038.06
23	228.41	28.29	6461.94	52169.67
24	218.32	27.09	5914.86	47662.94
25	224.29	28.21	6327.66	50307.84
26	223.44	27.12	6059.11	49927.25
27	228.05	28.33	6459.93	52007.33
28	226.96	28.75	6525.54	51511.77
29	229.62	28.43	6527.83	52725.46
30	221.94	27.59	6123.90	49256.19
31	216.31	27.05	5851.66	46791.14
	ΣX	ΣY	ΣXY	ΣX^2
	6951.37	869.11	195029.89	1559991.28
	X̄	Ȳ		
	224.24	28.04		

Figura 255: Resultados de laboratorio MR y F'c (Elaboración Propia)

$$b_1 = \frac{31(195029.89) - (6951.37)(869.11)}{31(1559991.28) - 6951.37^2} \quad b_1 = 0.11604$$

$$b_0 = 28.04 - 0.11604 * 224.24 \quad b_0 = 2.0158$$

Por lo tanto la ecuación de regresión para una resistencia del concreto F'c=210 kg/cm2

que se obtiene es la siguiente: $\hat{y} = 0.11604x + 2.0158$

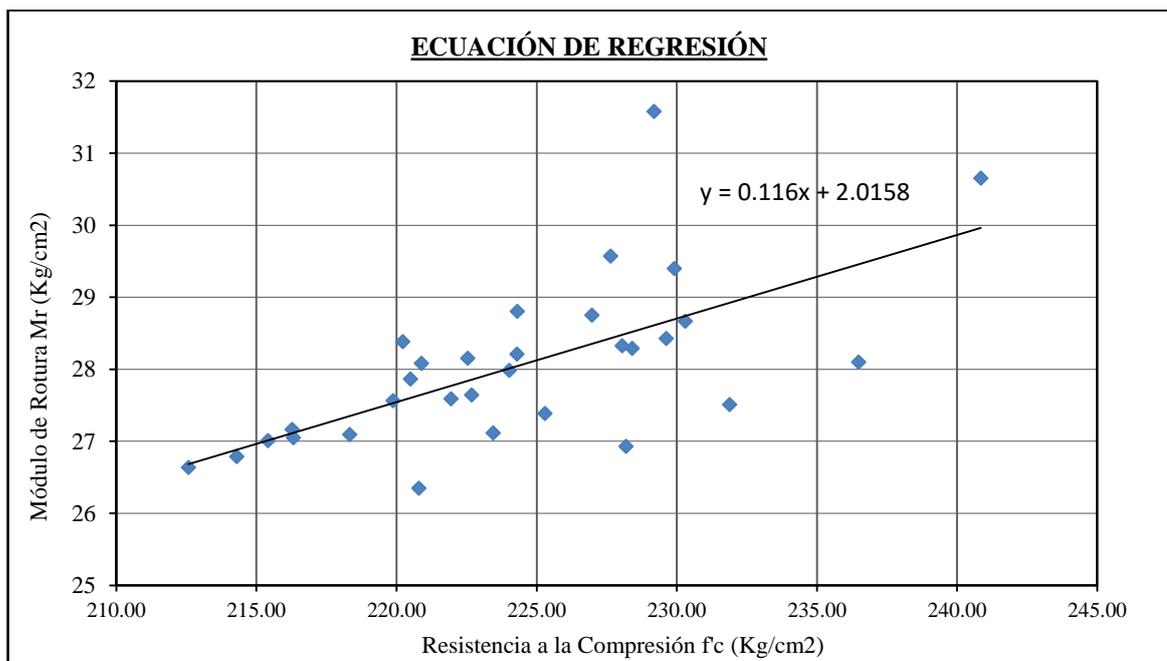


Figura 266: Ecuación de regresión f'c=280 kg/cm2 (Elaboración Propia)

4.5 Discusión:

4.5.1 Discusión General

De acuerdo a la hipótesis general planteada: “Si existe una correlación significativa entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca” podemos mencionar que según el MTC (2013) Manual de suelos geología y geotecnia sección suelos y pavimentos indica que existe una correlación entre el módulo de rotura (M_r) y la resistencia a la compresión del concreto (f'_c) mediante una ecuación radical, mas no se menciona la ecuación lineal. En la presente investigación se calculó el coeficiente de correlación de Pearson para poder determinar si existe una correlación lineal entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión del concreto, luego se realizó una prueba de hipótesis para poder determinar si existe una evidencia suficiente para “asegurar” que existe una correlación lineal entre ambas variables siendo el resultado positivo, por lo que se plantea una ecuación de regresión lineal a diferencia de lo mencionado por el manual de suelos geología y geotecnia del MTC.

4.5.2 Discusión Específica

Como primera hipótesis específica se planteó lo siguiente: “La resistencia a la compresión en concretos fast track dentro de 24 horas de curado con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca es superior al 80% de la resistencia de diseño” en teoría menciona que los concretos tipo fast track a la edad de 24 horas llegan a una resistencia del 80 % de la resistencia esperada, en la presente investigación el diseño de mezcla para concreto 210 kg/cm² luego de 24 horas llegó a una resistencia promedio de 174.29 kg/cm², lo que en porcentaje es igual a 83%, respetando la base teórica.

La segunda hipótesis planteada fue: “El módulo de rotura en concretos fast track dentro de las 24 horas de curado con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca

es mayor al 70% de la resistencia de diseño” en teoría se menciona también que el módulo de rotura en concreto fast track luego de la edad de 24 horas llega a un porcentaje del 70%, en la presente investigación se obtuvo un módulo de rotura promedio para la resistencia a la compresión de 210 kg/cm² igual a 24.70 kg/cm² lo que representa el 70.6% con relación al diseño de mezcla inicial.

Como tercera hipótesis específica se planteó “Si existe una correlación significativa entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca” por lo que luego de realizar la prueba de hipótesis respectiva, si es posible la utilización de correlación lineal entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión del concreto.

Capítulo V Conclusiones Y Recomendaciones

Conclusión general.

Luego de realizar la prueba de hipótesis al coeficiente de correlación lineal en los concretos de resistencia: 210 kg/cm², 240 kg/cm² y 280 kg/cm², podemos concluir que si existe suficiente evidencia para afirmar que existe una correlación lineal entre las variables de módulo de rotura y la resistencia a compresión en concretos fast track con agregados de la cantera Isla de la ciudad de Juliaca.

Conclusiones específicas.

Las ecuaciones lineales que se generan para los concretos con resistencia de: 210 kg/cm², 240 kg/cm² y 280 kg/cm², son las siguientes: $M_r=0.069f'_c+12.691$, $M_r=0.1341f'_c-2.8989$ y $M_r=0.116f'_c+2.0158$ para concreto 210 kg/cm², 240 kg/cm² y 280 kg/cm² respectivamente

La resistencia alcanzada luego de 24 horas para el diseño $f'_c=210$ kg/cm² es de 174.29 kg/cm² lo que representa el 83% de su resistencia de diseño, para el diseño $f'_c=240$ kg/cm² es de 194 kg/cm² que representa el 81% de la resistencia de diseño y finalmente para el diseño $f'_c=280$ kg/cm² es de 224 kg/cm² que representa el 80% de la resistencia de diseño, como se puede observar el concreto de tipo fast track elaborado con agregados de la cantera Isla, tiene una resistencia de al menos el 80% a la edad de 24 horas.

Luego de realizar los estudios y las pruebas de hipótesis respectiva para poder determinar si existe una correcta correlación lineal entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión del concreto, los resultados obtenidos son positivos y es aceptable la ecuación de regresión calculado para cada tipo de concreto estudiado, por lo que sí es posible determinar el módulo de rotura indirectamente a través de la resistencia a compresión del concreto.

Recomendaciones.

Para concreto con resistencia mayor a 240 kg/cm² se recomienda la utilización de Piedra chancada, debido a las características físicas que estas presentan incrementan de forma considerable la resistencia del concreto.

Así mismo se tiene que evaluar la trabajabilidad en concretos fast track con resistencia mayor a 280 kg/cm², puesto que en la presente tesis se trabajó de manera manual dicha mezcla por la poca trabajabilidad que presentaba.

El vaciado en concretos fast track debe ser trabajado con personal calificado debido a que tiende a fraguarse de forma inmediata.

Las ecuaciones presentadas se podrán utilizar únicamente con las condiciones trabajadas, es decir con la utilización de los aditivos utilizados y los agregados de la cantera Isla de la ciudad de Juliaca.

Se recomienda también que el estudio solo se utilizó en concretos: 210 kg/cm², 240 kg/cm² y 280 kg/cm² por lo que cualquier concreto fuera de ese rango, requiere un nuevo estudio.

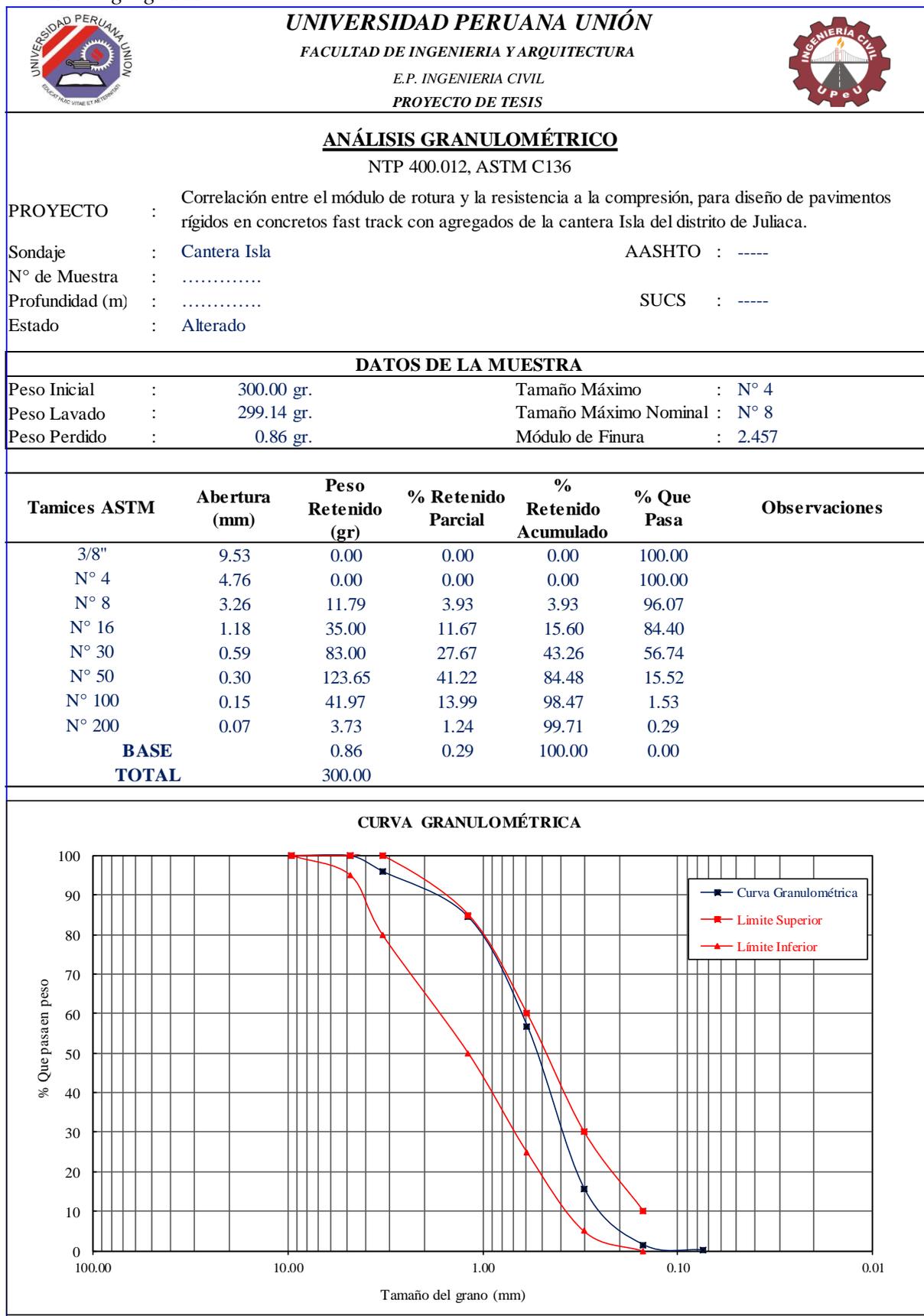
Referencias

- Abanto, F. (2016). *Tecnología del concreto*. Lima – Perú. .
- American. C. (2002). *Práctica estándar para seleccionar el proporcionamiento de concreto de peso normal, pesado y masivo*. .
- Apaza, P. (2018). *Evaluación de la calidad de los agregados de cuatro canteras aledañas a la ciudad de Juliaca y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles Tesis*. Puno: UNA PUNO.
- Caceres, D. (2018). *Evaluación de la resistencia a compresión del concreto en edificaciones comunes de la ciudad de puno 2018 Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- E.060., N. (2009). *Concreto Armado*. Lima-Perú. .
- Escobar, C. (2007). *Técnica de rápida habilitación al tránsito en pavimentos rígidos fast track Tesis para optar el título de ingeniero constructor*. Santiago : Universidad Austral de Chile.
- FICEM. (2018). *Informe estadístico*.
- Gomez, A. (2017). *Mejora del módulo de rotura del concreto al adicionar fibras de acero trefilados en los pavimentos rígidos Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil*. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo.
- Gonzales, E. (2016). *Comparación del concreto fast track y el concreto convencional para el diseño de pavimentos rígidos Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil*. cusco: Universidad Señor de Sipán.
- Jafet, M. (2018). *Influencia de la ceniza volante ‘fly ash’ como sustituto parcial del cemento portland IP en las propiedades del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$* . Tesis para optar el título de ingeniero civil. Juliaca: Universidad Peruana Unión.

- Menéndez, R. (2013). *“Ingeniería de Pavimentos diseño y gestión de Pavimentos”*. Lima : Instituto de la Construcción y gerencia.
- MTC. (2014). *"Sección Suelos y Pavimentos del manual de suelos, Geotecnia, Geología y Pavimentos" Rep. No R.D. N° 05-2013-MTC/14, Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú*. Lima, Perú.
- Pasquel, E. (2016). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú – libro 17*. Lima: Impreso en Lima.
- Perez, D. (2017). *Diseño de mezclas concreto fast track en reparación y rehabilitación de pavimentos en la ciudad de Arequipa - Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil*. Universidad Católica Santa Maria.
- Ramos, A. (2009). *Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda*.
- Rivera, L. (2018). *Concreto Simple*. Universidad del Cauca.
- Rivva, E. (2014). *Concreto Diseño de Mezcla Tomo II*. Lima Perú.: ICG.
- Rivva, E. (2014). *Concreto Materiales para el concreto Tomo I*. Lima Perú.: ICG.
- Rivva, E. (2014). *Supervisión del Concreto en Obra Tomo III*. Lima Perú.: ICG.
- Rodriguez, J. (2018). *Análisis de la resistencia a compresión del concreto simple adicionado con aluminio de sección circular sólida y agregados de las canteras de vicho cunyac - Cusco. Tesis para optar el título de ingeniero civil*. cusco: Universidad Andina del Cusco.
- Sampieri, H. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill.

Anexos

Anexo 1 Agregados





UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

E.P. INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

NTP 400.012, ASTM C136

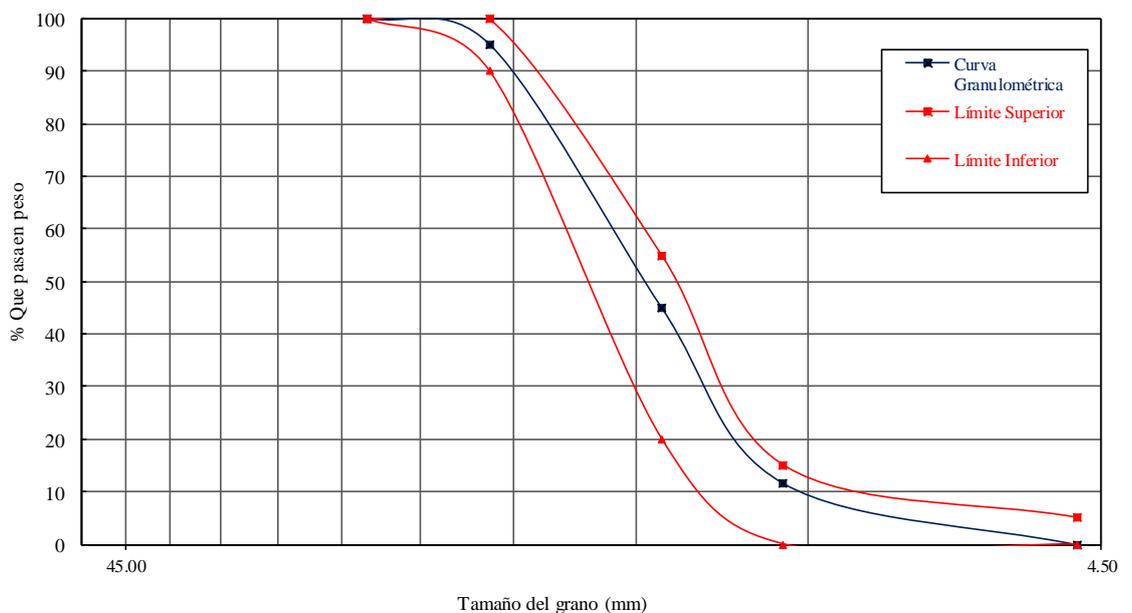
PROYECTO : Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.
Sondaje : Cantera Surupana AASHTO : -----
N° de Muestra :
Profundidad (m) : SUCS : -----
Estado : Alterado

DATOS DE LA MUESTRA

Peso Inicial	: 3000.00 gr.	Tamaño Máximo	: 1"
Peso Lavado	: 3000.00 gr.	Tamaño Máximo Nominal	: 3/4"
Peso Perdido	: 0.00 gr.	Módulo de Finura	: 1.933

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Observaciones
1 1/2"	38.01	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	150.00	5.00	5.00	95.00	
1/2"	12.70	1500.00	50.00	55.00	45.00	
3/8"	9.53	1000.00	33.33	88.33	11.67	
N° 4	4.76	350.00	11.67	100.00	0.00	
N° 8	2.38	0.00	0.00	100.00	0.00	
BASE		0.00	0.00	0.00	100.00	
TOTAL		3000.00				

CURVA GRANULOMÉTRICA





UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

E.P. INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS



PESO UNITARIO

NTP 400.017, ASTM C29/C29M

PROYECTO : Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.

Sondaje : Cantera Isla AASHTO :
N° de Muestra :
Profundidad (m) : SUCS :
Estado : Alterado

Tamices ASTM	AGREGADO FINO SUELTO			AGREGADO FINO COMPACTADO		
	01	02	03	01	02	03
Número de ensayo	01	02	03	01	02	03
Número de molde	T-001	T-002	T-003	T-001	T-002	T-003
Volumen de molde (m3)	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Peso de molde (kg)	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451
Peso de molde + agregado (kg)	6.325	6.312	6.318	6.487	6.472	6.479
Peso del agregado (kg)	3.874	3.861	3.867	4.036	4.021	4.028
Densidad aparente (kg/m3)	1383.57	1378.93	1381.07	1441.43	1436.07	1438.57
Densidad aparente promedio (kg/m3)		1381.190			1438.690	



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

E.P. INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS



PESO UNITARIO

NTP 400.017, ASTM C29/C29M

PROYECTO : Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.

Sondaje : Cantera Surupana AASHTO :-----
N° de Muestra :
Profundidad (m) : SUCS :-----
Estado : Alterado

Tamices ASTM	AGREGADO GRUESO SUELTO			AGREGADO GRUESO COMPACTADO		
	01	02	03	01	02	03
Número de ensayo	01	02	03	01	02	03
Número de molde	T-001	T-002	T-003	T-001	T-002	T-003
Volumen de molde (m3)	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Peso de molde (kg)	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451
Peso de molde + agregado (kg)	6.102	6.123	6.110	6.635	6.685	6.691
Peso del agregado (kg)	3.651	3.672	3.659	4.184	4.234	4.240
Densidad aparente (kg/m3)	1303.93	1311.43	1306.79	1494.29	1512.14	1514.29
Densidad aparente promedio (kg/m3)		1307.381			1506.905	



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

E.P. INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS



PESO ESPECÍFICO - ABSORCIÓN

NTP 400.022, ASTM C128

PROYECTO : Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.

Sondaje : Cantera Isla AASHTO -----

Nº de Muestra : SUCS -----

Profundidad (m) : SUCS -----

Estado : Alterado

DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO			RESULTADOS	
	01	02	03		
Número de ensayo	01	02	03	Peso esp. De masa	2.42
Volumen de fiola (ml)	500.00	500.00	500.00		
Peso de Fiola (gr)	156.00	199.00	155.00	Peso esp. SSS	2.47
Peso saturado superficialmente seco (gr)	500.00	500.00	500.00		
Peso de fiola + superficialmente seco + agua (gr)	954.00	996.00	953.00	Peso esp. Aparente	2.55
Peso de bandeja (gr)	285.00	268.00	280.00		
Peso de bandeja + muestra seca (gr)	775.00	758.00	770.00	Absorción	2.04%
Peso de muestra seca (gr)	490.00	490.00	490.00		
Densidad del agua 4°C (gr/cm ³)	1.00	1.00	1.00		
Peso del agua (gr)	298.00	297.00	298.00		
Volumen del agua (cm ³)	298.00	297.00	298.00		
Volumen de sólidos (cm ³)	202.00	203.00	202.00		
Peso específico masa del agregado fino (gr/cm ³)	2.43	2.41	2.43		
Peso específico SSS del agregado fino (gr/cm ³)	2.48	2.46	2.48		
Peso específico aparente del agregado fino (gr/cn)	2.55	2.54	2.55		
Absorción del agregado fino (%)	2.04%	2.04%	2.04%		



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

E.P. INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS



PESO ESPECÍFICO - ABSORCIÓN

NTP 400.022, ASTM C128

PROYECTO	:	Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.	
Sondaje	:	Cantera Isla	AASHTO ----
N° de Muestra	:	
Profundidad (m)	:	SUCS ----
Estado	:	Alterado	

DESCRIPCIÓN	AGREGADO GRUESO			RESULTADOS	
Número de ensayo	01	02	03	Peso esp. De masa	2.54
Peso saturado superficialmente seco (gr)	1500.00	1500.00	1500.00		
Peso seco de sólidos (gr)	1468.00	1469.00	1466.00	Peso esp. SSS	2.60
Peso de canastilla (gr)	1990.00	1990.00	1990.00		
Peso de canastilla + muestra saturada en agua (gr)	2916.00	2911.00	2912.00	Peso esp. Aparente	2.69
Peso de muestra saturada en agua	926.00	921.00	922.00		
Densidad del agua 4°C (gr/cm ³)	1.00	1.00	1.00	Absorción	2.20%
Peso de agua (gr)	574.00	579.00	578.00		
Peso específico masa del agregado grueso (gr/cm ³)	2.56	2.54	2.54		
Peso específico SSS del agregado grueso (gr/cm ³)	2.61	2.59	2.60		
Peso específico aparente del agregado grueso (gr/c	2.71	2.68	2.69		
Absorción del agregado grueso (%)	2.18%	2.11%	2.32%		



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

E.P. INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS



CONTENIDO DE HUMEDAD

NTP 399.185, ASTM C566

PROYECTO : Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.

Sondaje : Cantera Isla AASHTO :

N° de Muestra : SUCS :

Profundidad (m) : SUCS :

Estado : Alterado

DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO			RESULTADOS
Número de ensayo	01	02	03	Contenido de Humedad: 2.56%
Número de bandeja	T-001	T-002	T-003	
Peso de bandeja (gr)	498.25	562.21	521.30	
Peso de bandeja + agregado húmedo (gr)	2000.00	2000.00	2000.00	
Peso de bandeja + agregado seco (gr)	1965.00	1963.00	1962.00	
Peso del agua (gr)	35.00	37.00	38.00	
Peso del suelo seco (gr)	1466.75	1400.79	1440.70	
Contenido de humedad (%)	2.39%	2.64%	2.64%	

DESCRIPCIÓN	AGREGADO GRUESO			RESULTADOS
Número de ensayo	01	02	03	Contenido de Humedad: 1.42%
Número de bandeja	T-001	T-002	T-003	
Peso de bandeja (gr)	498.25	562.21	521.30	
Peso de bandeja + agregado húmedo (gr)	2000.00	2000.00	2000.00	
Peso de bandeja + agregado seco (gr)	1978.00	1979.00	1981.00	
Peso del agua (gr)	22.00	21.00	19.00	
Peso del suelo seco (gr)	1479.75	1416.79	1459.70	
Contenido de humedad (%)	1.49%	1.48%	1.30%	

Anexo 2 Diseño de Mezcla.

 UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA E.P. INGENIERIA CIVIL PROYECTO DE TESIS			
DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO FAST TRACK F'C=210			
<i>MÉTODO MODULO DE FINURA</i>			
PROYECTO :	Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.		
Datos del cemento			
Tipo :	Cemento portland Tipo I	Peso específico :	3.15
Datos del agregado fino			
Peso específico :	2.42	Absorción :	2.04%
Módulo de finura :	2.46	Contenido de humedad :	2.56%
Datos del agregado grueso			
TMN :	3/4"	Tipo de perfil :	Angular
Peso seco comp. :	1506.90 kg/m ³	Absorción :	2.20%
Peso específico :	2.54	Contenido de humedad :	1.42%
Características del concreto			
f'c:	210 Kg/cm ²	(Resistencia a los 28 días)	
f'cr:	280 Kg/cm ²	(Resistencia a compresión promedio)	
TMN agregado:	3/4"	(Tamaño máximo nominal agregado grueso)	
Asentamiento:	1" a 2"	(Asentamiento o slump)	
Dosificación de agua, aire y cemento			
Vol. Agua:	189	(Volumen unitario de agua)	
Contenido de aire:	2.00%		
Relacion a/c	0.578	Relación agua cemento por resistencia	
Factor cemento:	326.99 kg/m ³		
Cemento:	326.99 kg/m ³	0.104	m ³
Agua:	189 l/m ³	0.189	m ³
Aire:	0.020 m ³	0.020	m ³
	Total:	0.313	m³
Dosificación de agregados			
Volumen de Agregados	0.687 m ³		
Volumen de Agregado Fino	0.316 m ³		
Volumen de Agregado Grueso	0.371 m ³		
Peso seco de agregado fino	765.54 kg/m ³		
Peso seco de agregado grueso	943.91 kg/m ³		
Peso humedo de agregado fino	785.10 kg/m ³		
Peso humedo de agregado grueso	957.35 kg/m ³		
Humedad superficial de agregado fino	0.51%		
Humedad superficial de agregado grueso	-0.78%		
Aporte de humedad agregado fino	3.94 l/m ³		
Aporte de humedad agregado grueso	-7.36 l/m ³		
	Total	-3.42 l/m³	

Dosificación final de materiales					
Materiales	Concreto Normal		Concreto Fast track		
Cemento:	326.99 kg/m3		326.99 kg/m3		
Agua efectiva:	192.42 l/m3		144.32 l/m3		
Agregado fino humedo:	785.10 kg/m3		785.10 kg/m3		
Agregado grueso humedo:	957.35 kg/m3		957.35 kg/m3		
Acelerante:	0.00 l/m3		11.445 l/m3		
Super plastificante:	0.00 l/m3		1.635 l/m3		
Proporciones en Peso					
Cemento:	326.99	/	326.99	:	1.00
Agua efectiva:	144.32	/	326.99	:	0.44
Agregado fino humedo:	785.10	/	326.99	:	2.40
Agregado grueso humedo:	957.35	/	326.99	:	2.93
Acelerante:	11.44	/	326.99	:	0.04
Super plastificante:	1.63	/	326.99	:	0.01
Peso de Material por Bolsa					
Cemento:	1.00	/	42.5	:	42.50 kg/bol
Agua efectiva:	0.44	/	42.5	:	18.76 lt/bol
Agregado fino humedo:	2.40	/	42.5	:	102.04 kg/bol
Agregado grueso humedo:	2.93	/	42.5	:	124.43 kg/bol
Acelerante:	0.04	/	42.5	:	1.49 lt/bol
Super plastificante:	0.01	/	42.5	:	0.21 lt/bol



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

E.P. INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS



DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO FAST TRACK F'C=240

MÉTODO MODULO DE FINURA

PROYECTO : Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.

Datos del cemento

Tipo : Cemento portland Tipo I Peso específico : 3.15

Datos del agregado fino

Peso específico : 2.42 Absorción : 2.04%
Módulo de finura : 2.46 Contenido de humedad : 2.56%

Datos del agregado grueso

TMN : 3/4" Tipo de perfil : Angular
Peso seco comp. : 1506.90 kg/m³ Absorción : 2.20%
Peso específico : 2.54 Contenido de humedad : 1.42%

Características del concreto

f'c: 240 Kg/cm² (Resistencia a los 28 días)
f'cr: 324 Kg/cm² (Resistencia a compresión promedio)
TMN agregado: 3/4" (Tamaño máximo nominal agregado grueso)
Asentamiento: 1" a 2" (Asentamiento o slump)

Dosificación de agua, aire y cemento

Vol. Agua: 189 (Volumen unitario de agua)
Contenido de aire: 2.00%
Relacion a/c: 0.516 Relación agua cemento por resistencia
Factor cemento: 366.00 kg/m³

Cemento: 366.00 kg/m³ 0.116 m³
Agua: 189 l/m³ 0.189 m³
Aire: 0.020 m³ 0.020 m³
Total: 0.325 m³

Dosificación de agregados

Volumen de Agregados 0.675 m³
Volumen de Agregado Fino 0.310 m³
Volumen de Agregado Grueso 0.364 m³

Peso seco de agregado fino 751.75 kg/m³
Peso seco de agregado grueso 926.90 kg/m³
Peso humedo de agregado fino 770.95 kg/m³
Peso humedo de agregado grueso 940.10 kg/m³

Humedad superficial de agregado fino 0.51%
Humedad superficial de agregado grueso -0.78%

Aporte de humedad agregado fino 3.87 l/m³
Aporte de humedad agregado grueso -7.23 l/m³
Total -3.36 l/m³

Dosificación final de materiales						
Materiales	Concreto Normal		Concreto Fast track			
Cemento:	366.00 kg/m3		366.00 kg/m3			
Agua efectiva:	192.36 l/m3		144.27 l/m3			
Agregado fino humedo:	770.95 kg/m3		770.95 kg/m3			
Agregado grueso humedo:	940.10 kg/m3		940.10 kg/m3			
Acelerante:	0.00 l/m3		12.810 l/m3			
Super plastificante:	0.00 l/m3		1.830 l/m3			
Proporciones en Peso						
Cemento:	366.00	/	366.00	:		1.00
Agua efectiva:	144.27	/	366.00	:		0.39
Agregado fino humedo:	770.95	/	366.00	:		2.11
Agregado grueso humedo:	940.10	/	366.00	:		2.57
Acelerante:	12.81	/	366.00	:		0.04
Super plastificante:	1.83	/	366.00	:		0.01
Peso de Material por Bolsa						
Cemento:	1.00	/	42.5	:	42.50	kg/bol
Agua efectiva:	0.39	/	42.5	:	16.75	lt/bol
Agregado fino humedo:	2.11	/	42.5	:	89.52	kg/bol
Agregado grueso humedo:	2.57	/	42.5	:	109.17	kg/bol
Acelerante:	0.04	/	42.5	:	1.49	lt/bol
Super plastificante:	0.01	/	42.5	:	0.21	lt/bol



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

E.P. INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS



DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO FAST TRACK F'C=280

MÉTODO MODULO DE FINURA

PROYECTO : Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, para diseño de pavimentos rígidos en concretos fast track con agregados de la cantera Isla del distrito de Juliaca.

Datos del cemento

Tipo : Cemento portland Tipo I Peso específico : 3.15

Datos del agregado fino

Peso específico : 2.42 Absorción : 2.04%
Módulo de finura : 2.46 Contenido de humedad : 2.56%

Datos del agregado grueso

TMN : 3/4" Tipo de perfil : Angular
Peso seco comp. : 1506.90 kg/m3 Absorción : 2.20%
Peso específico : 2.54 Contenido de humedad : 1.42%

Características del concreto

f'c: 280 Kg/cm² (Resistencia a los 28 días)
f'cr: 364 Kg/cm² (Resistencia a compresión promedio)
TMN agregado: 3/4" (Tamaño máximo nominal agregado grueso)
Asentamiento: 1" a 2" (Asentamiento o slump)

Dosificación de agua, aire y cemento

Vol. Agua: 189 (Volumen unitario de agua)
Contenido de aire: 2.00%
Relacion a/c: 0.466 Relación agua cemento por resistencia
Factor cemento: 405.58 kg/m³

Cemento: 405.58 kg/m³ 0.129 m³
Agua: 189 l/m³ 0.189 m³
Aire: 0.020 m³ 0.020 m³
Total: 0.338 m³

Dosificación de agregados

Volumen de Agregados 0.662 m³
Volumen de Agregado Fino 0.305 m³
Volumen de Agregado Grueso 0.358 m³

Peso seco de agregado fino 737.75 kg/m³
Peso seco de agregado grueso 909.64 kg/m³
Peso humedo de agregado fino 756.60 kg/m³
Peso humedo de agregado grueso 922.59 kg/m³

Humedad superficial de agregado fino 0.51%
Humedad superficial de agregado grueso -0.78%

Aporte de humedad agregado fino 3.79 l/m³
Aporte de humedad agregado grueso -7.09 l/m³
Total -3.30 l/m³

Dosificación final de materiales					
Materiales	Concreto Normal		Concreto Fast track		
Cemento:	405.58 kg/m3		405.58 kg/m3		
Agua efectiva:	192.30 l/m3		144.22 l/m3		
Agregado fino humedo:	756.60 kg/m3		756.60 kg/m3		
Agregado grueso humedo:	922.59 kg/m3		922.59 kg/m3		
Acelerante:	0.00 l/m3		14.195 l/m3		
Super plastificante:	0.00 l/m3		2.028 l/m3		
Proporciones en Peso					
Cemento:	405.58	/	405.58	:	1.00
Agua efectiva:	144.22	/	405.58	:	0.36
Agregado fino humedo:	756.60	/	405.58	:	1.87
Agregado grueso humedo:	922.59	/	405.58	:	2.27
Acelerante:	14.20	/	405.58	:	0.04
Super plastificante:	2.03	/	405.58	:	0.01
Peso de Material por Bolsa					
Cemento:	1.00	/	42.5	:	42.50 kg/bol
Agua efectiva:	0.36	/	42.5	:	15.11 lt/bol
Agregado fino humedo:	1.87	/	42.5	:	79.28 kg/bol
Agregado grueso humedo:	2.27	/	42.5	:	96.68 kg/bol
Acelerante:	0.04	/	42.5	:	1.49 lt/bol
Super plastificante:	0.01	/	42.5	:	0.21 lt/bol

Anexo 3 Panel Fotográfico



Fotografía 01. Cantera Isla de la ciudad de Juliaca.



Fotografía 02. Traslado de agrado fino.



Fotografía 03. Ensayo de granulometría.



Fotografía 04. Ensayo de peso unitario.



Fotografía 05. Ensayo de peso específico y absorción.



Fotografía 06. Ensayo de peso específico y absorción.



Fotografía 07. Se observa las herramientas de trabajo y otros.



Fotografía 08. Se observa los materiales usados para el encofrado de las vigas.



Fotografía 09. Encofrado para vigas de dimensiones 15cm X 15cm X 51cm.



Fotografía 10. Elaboración de concreto, con uso de mezcladora tipo trompo.



Fotografía 11. Ensayo de asentamiento slump.



Fotografía 12. Colocación del concreto en los moldes de viga.



Fotografía 13. Se observa el vaciado de concreto en el encofrado para las vigas.



Fotografía 14. Se observa las vigas y briquetas en sus respectivos moldes.



Fotografía 15. Desencofrado de los moldes de vigas 15cmX15cmX51cm.



Fotografía 16. Control de medidas de la viga a ensayar.



Fotografía 17. Ensayo a flexion de la viga resistencia de diseño del concreto $f'_c=210$ kg/cm².



Fotografía 18. Ensayo a flexion de la viga resistencia de diseño del concreto $f'_c=240$ kg/cm².



Fotografía 19. Ensayo a flexion de la viga resistencia de diseño del concreto $f'_c=280$ kg/cm².



Fotografía 20. Se aprecia en la imagen el equipo que se usó para realizar el ensayo a flexión en vigas.



Fotografia 23. Ensayo a compresion de briquetas, resistencia a compresion $F'c=210\text{kg/cm}^2$, ensayo a 24 horas de fraguado.



Fotografia 24. Ensayo a compresion de briquetas, resistencia a compresion $F'c=240\text{kg/cm}^2$, ensayo a 24 horas de fraguado.



Fotografía 25. Ensayo a compresion de briquetas, resistencia a compresion $F'_c=280\text{kg/cm}^2$, ensayo a 24 horas de fraguado.



Fotografía 26. Se observan las vigas elaboradas y ensayadas a flexion en el laboratorio Geocontrol Total.



Fotografía 27. Se observan las briquetas y vigas, que se ensayaron a compresion y flexion en el laboratorio Geocontrol Total.



Fotografía 27. Se observan los aditivos empleados en la investigacion, MasterGleium (aditivo reductor de agua de alto rango para concreto) y MasterSeed (aditivo acelenrante de fragua para concreto).



We create chemistry

MasterGlenium[®] SCC 3800

Antes GLENIUM 3800 SCM

Aditivo reductor de agua de alto rango para concreto

DESCRIPCION:

MasterGlenium SCC 3800 es un aditivo reductor de agua de alto rango listo para usarse, pertenece a una nueva generación de aditivos patentados basados en la tecnología del policarboxilato. Esta tecnología combina un diseño molecular de vanguardia para lograr un valor excepcional y preciso en todas las fases del proceso de construcción del concreto.

El aditivo MasterGlenium SCC 3800 es muy efectivo en la producción de mezclas de concreto con diferentes niveles de manejabilidad incluyendo aplicaciones que requieran el uso de concreto auto compactante (SCC). El uso del aditivo MasterGlenium SCC 3800 proporciona características de fraguado más rápidas como asimismo mejora la resistencia a la compresión inicial.

MasterGlenium SCC 3800 cumple con los requisitos de la norma provisional ASTM C494 /C494 M para aditivos Tipo A, (reductores de agua), y tipo F (reductores de agua de alto rango).

USOS RECOMENDADOS:

- ✓ Concretos que requieren una reducción de agua entre 5 a 40%.
- ✓ Aplicaciones donde el control de manejabilidad y tiempos de fraguado sea crítico.
- ✓ Concretos que requieren una fluidez elevada, mayor estabilidad, alta resistencia inicial y final y durabilidad.

(prefabricados, reparaciones de pavimentos de fast-track).

- ✓ Fabricación de mezclas de concreto Rheodinámico y auto compactante (SCC).

CARACTERISTICAS:

- ✓ Excelente desarrollo de resistencia inicial.
- ✓ Adecuado control de fraguado.
- ✓ Optimiza la relación de retención de asentamiento / fraguado.
- ✓ Mantiene el aire incorporado consistente.
- ✓ Flexibilidad en la dosificación.

VENTAJAS:

- ✓ Menor contenido de agua para una determinada manejabilidad.
- ✓ Rheología controlada.
- ✓ Desarrollo de resistencias iniciales altas.
- ✓ Produce concretos cohesivos y sin segregación.
- ✓ Incrementa la productividad de las operaciones de prefabricados.
- ✓ Desencofrado más rápido debido al desarrollo acelerado de resistencia temprana.
- ✓ Reduce costos de mano de obra en acabado debido a la optimización de los tiempos de fraguado.
- ✓ Minimiza la necesidad de ajuste de asentamiento en la obra.
- ✓ Disminución del concreto rechazado.
- ✓ Optimiza el costo de las mezclas de concreto.



We create chemistry

MasterGlenium[®] SCC 3800

Antes GLENIUM 3800 SCM

CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO:

Datos de la mezcla

El concreto producido con el aditivo MasterGlenium SCC 3800 alcanza significativamente mayor resistencia en edad temprana que los aditivos reductores de agua de alto rango base policarboxilatos de la primera generación.

MasterGlenium SCC 3800 también permite la obtención de un equilibrio perfecto entre retención de manejabilidad y ciertas características de fraguado que proporcionan la eficiencia en la colocación y acabado del concreto.

APLICACIÓN:

Dosificación:

La dosis que se recomienda usar de MasterGlenium SCC 3800 está en el rango de 800 a 1500 ml/100 kg de cementante. Es posible que sea necesario cambiar la dosificación debido a las variaciones en los materiales de concreto y de las condiciones y/o aplicaciones en la obra. En tales casos, contacte a su representante local de BASF.

Mezclado:

El aditivo MasterGlenium SCC 3800, deben adicionarse luego de la tanda inicial de agua y de otros aditivos, de ser el caso.

ALMACENAMIENTO:

Temperatura de almacenamiento:

MasterGlenium SCC 3800 debe almacenarse a temperaturas superiores a los 5°C (40°F). Si MasterGlenium SCC 3800 llega a congelarse, descongele y reconstituya por agitación mecánica.

Vida de almacén:

MasterGlenium SCC 3800 tiene una vida útil mínima de 12 meses, la misma que puede prolongarse dependiendo de las condiciones de almacenamiento. En todos los casos el producto deberá ser homogenizado antes de ser usado. Por favor contacte a su representante de BASF en relación al mejor uso y dosificación si el aditivo almacenado excede el tiempo de validez indicado en el envase

EMPAQUE

MasterGlenium SCC 3800 se suministra en cilindros de 208 l (55 gal).

Documentos relacionados

Hoja de Seguridad del Material (MSDS) MasterGlenium SCC 3800.

Información adicional

En caso se observe alguna separación de fases en la superficie, esta es normal y no afecta el performance del producto Para información adicional sobre este producto o para su uso en el desarrollo



We create chemistry

MasterGlenium® SCC 3800

Antes GLENIUM 3800 SCM

de mezclas de concreto con características especiales de desempeño, consulte al representante local de BASF.

BASF Construction Chemicals es líder en el suministro de aditivos innovadores para concreto de especialidad usado en los mercados

de premezclado, prefabricados, productos manufacturados de concreto, construcción subterránea y pavimentos. Los productos de la respetada marca BASF se usan para mejorar la colocación, bombeabilidad, acabado, estética y características de desempeño del concreto.

CONTACTO

BASF Química Colombia S.A.

Calle 99 # 69C – 32
Bogotá, D.C. Colombia
Tel: +57 1 632 20 99
www.basf-cc.com.co

BASF Venezolana S.A.

Edif. Torreón, Piso 4, Of. 4B
Av. Veracruz con calle la Guairita,
Urb. Las Mercedes. Caracas, Venezuela
Tel : + 58 212 958 6711
www.basf-cc.com.ve

BASF Ecuatoriana S.A.

Av. Naciones Unidas 1014
y Av. Amazonas Edif. La Previsora
Torre A Piso 2, Quito, Ecuador
Tel : + 593 2397 9500
www.basf-cc.com.ec

BASF AS

Avenida das Nacoes Unidas,
14.171, Morumbi
04794-000 Sao Paulo – SP, Brasil
Tel: +55 11 2718 5507
www.basf-cc.com.br

BASF Construction Chemicals Ltda.

Rio Palena 9665
Nucleo Empresarial ENEA
Santiago de Chile, Chile
Tel: +56-2 2799 4300
www.basf-cc.cl

BASF Construction Chemicals Perú S.A

Jr. Plácido Jiménez N° 630
Lima 1.Peru
Tel: +51-1 219 0630
www.basf-cc.com.pe

MasterX-Seed 100

Antes: X-SEED 100

Agente activador de la hidratación del cemento para potenciar el desarrollo de resistencias iniciales y finales del hormigón y para proteger el hormigón frente a la corrosión.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

MasterX-Seed 100 es una suspensión de nanopartículas de CSH que actúan como núcleo de cristalización facilitando la formación acelerada de gel CSH en la solución.

MasterX-Seed 100 ha sido especialmente diseñado para potenciar el proceso de hidratación del cemento a edades tempranas (6-12h).

MasterX-Seed 100 favorece la consecución de resistencias iniciales del hormigón a cualquier temperatura incluso con curado térmico.

Contrariamente a los acelerantes tradicionales, su tecnología única que permite el desarrollo de cristales entre las partículas de cemento, el desarrollo de resistencias iniciales es mejorado sin afectar a las resistencias finales o incluso mejorándolas y construyendo una microestructura más cerrada que favorece la durabilidad del hormigón.

MasterX-Seed 100 aporta simultáneamente un efecto inhibitor de corrosión que protege las estructuras de hormigón armado contra el ataque por cloruros u otros agentes agresivos que actúan como promotores de la oxidación de las armaduras.

MasterX-Seed 100 cumple con la Norma ASTM C-494 Tipo "S" - Aditivos de comportamiento específico.



La propuesta de valor de MasterX-Seed 100 se puede resumir en varios puntos:

- Proceso eficiente
- Reducción de la energía consumida
- Optimización de materiales
- Alta calidad del hormigón fabricado

La aportación de MasterX-Seed 100 se dirige a cubrir algunos de los requerimientos clave de la industria del hormigón contribuyendo a su mejora. En particular, MasterX-Seed 100 ha sido desarrollado para aportar mejoras productivas, reducir la energía necesaria en el proceso, mejorar la calidad-durabilidad de las piezas de hormigón y hacer una construcción más sostenible.

CAMPO DE APLICACIÓN

MasterX-Seed 100 está recomendado para cualquier tipo de hormigón y especialmente para elementos estructurales donde se precisen muy altas resistencias iniciales. MasterX-Seed 100 es una alternativa a los métodos tradicionales de curado y destaca por sus prestaciones con temperaturas muy bajas y cementos con poco clinker y baja clase resistente.

CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

MasterX-Seed 100 ofrece los siguientes beneficios:

Muy altas resistencias iniciales a cualquier temperatura incluso con curado térmico.

Flexibilidad en la capacidad de producción y optimización de fábrica.

Incrementa los ciclos de producción (posibilidad de doblar producción).

Mayor rendimiento de los encofrados por mayor rotación.

Reducción/eliminación del curado térmico.

Eliminación del coste de instalaciones de curado y su mantenimiento.

Permite usar la cantidad mínima de cemento necesaria.

Permite el uso de cementos con menor cantidad de clinker y menor clase resistente así como el uso de adiciones.

Actúa como inhibidor de corrosión, incrementando la durabilidad de la estructura.

MODO DE UTILIZACIÓN

MasterX-Seed 100 es un aditivo líquido listo para ser utilizado. Se añade al hormigón durante el proceso de mezcla, respetando un tiempo de mezclado mínimo para asegurar su dispersión homogénea.



We create chemistry

MasterX-Seed 100

Antes: X-SEED 100

DOSIFICACIÓN

La dosificación recomendada es de 2 a 4 litros por 100 kg de cemento.

Dosificaciones diferentes a las recomendadas son posibles con ensayos previos que justifiquen su buen rendimiento.

Se recomienda en cada caso realizar los ensayos oportunos para determinar la dosificación óptima.

COMPATIBILIDAD

MasterX-Seed 100 es compatible con todas las tecnologías principales de BASF, en particular con:

Gama MasterGlenium de superplastificantes.

Agente modificador de la viscosidad MasterMatrix para aumentar la robustez en hormigón autocompactante.

Gama MasterFinish desencofrantes para facilitar el desmoldeo y mejorar los acabados superficiales.

PRESENTACIÓN

Se suministra en garrafas de 25 Kg, en contenedores de 1150 kg y a granel en cisterna.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO/ TIEMPO DE CONSERVACIÓN

Almacenar en lugar fresco y seco, con temperaturas superiores a 5° C. Evitar su congelación. Si se congela, podrá reconstituirse mediante agitación mecánica suave.

En caso de almacenamiento prolongado, se aconseja agitar el producto antes de su uso, a fin de homogeneizar el producto.

En estas condiciones puede almacenarse hasta 6 meses en sus envases originales cerrados.

MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE

Para su manipulación deberán observarse las medidas preventivas usuales para el manejo de productos químicos, por ejemplo usar gafas y guantes. Lavarse las manos antes de una pausa y al término del trabajo. No comer, beber y fumar durante la aplicación.

La eliminación del producto y su envase debe realizarse de acuerdo con la legislación vigente y es responsabilidad del poseedor final.

Para más información, consultar la Hoja de seguridad del producto.

HAY QUE TENER EN CUENTA

Es imprescindible la realización de ensayos previos a la utilización del producto.

No emplear dosificaciones inferiores ni superiores a las recomendadas sin previa consulta con nuestro Departamento Técnico.

No mezclar con otros aditivos sin previa consulta.



We create chemistry

MasterX-Seed 100

Antes: X-SEED 100

Propiedades	
Función principal:	Activador de la hidratación del cemento.
Función secundaria:	Inhibidor de la corrosión
Aspecto físico:	Líquido blanco.
Densidad , 20° C:	1,130 ± 0,02 g/cm ³
pH, 20° C:	10 – 11,4
Viscosidad Brookfield 20° C Sp00/20rpm:	< 275 cps.
Contenido en cloruros:	< 0,1%

Los datos técnicos reflejados son fruto de resultados estadísticos y no representan mínimos garantizados. Si se desean los datos de control, pueden solicitarse las "Especificaciones de Venta" a nuestro Departamento Técnico.

NOTA:

La presente ficha técnica sirve, al igual que todas las demás recomendaciones e información técnica, únicamente para la descripción de las características del producto, forma de empleo y sus aplicaciones. Los datos e informaciones reproducidos, se basan en nuestros conocimientos técnicos obtenidos en la bibliografía, en ensayos de laboratorio y en la práctica.

Los datos sobre consumo y dosificación que figuran en esta ficha técnica, se basan en nuestra propia experiencia, por lo que estos son susceptibles de variaciones debido a las diferentes condiciones de las obras. Los consumos y dosificaciones reales, deberán determinarse en la obra, mediante ensayos previos y son responsabilidad del cliente.

Para un asesoramiento adicional, nuestro Servicio Técnico, está a su disposición.

BASF Construction Chemicals España, S.L. se reserva el derecho de modificar la composición de los productos, siempre y cuando éstos continúen cumpliendo las características descritas en la ficha técnica.

Otras aplicaciones del producto que no se ajusten a las indicadas, no serán de nuestra responsabilidad.

Otorgamos garantía en caso de defectos en la calidad de fabricación de nuestros productos, quedando excluidas las reclamaciones adicionales, siendo de nuestra responsabilidad tan solo la de reingresar el valor de la mercancía suministrada.

Debe tenerse en cuenta las eventuales reservas correspondientes a patentes o derechos de terceros.



We create chemistry

MasterX-Seed 100

Antes: X-SEED 100

CONTACTO

BASF Química Colombia S.A.

Calle 99 # 69C – 32
Bogotá, D.C. Colombia
Tel: +57 1 632 20 99
www.basf-cc.com.co

BASF AS

Avenida das Nacoes Unidas,
14.171, Morumbi
04794-000 Sao Paulo – SP, Brasil
Tel: +55 11 2718 5507
www.basf-cc.com.br

BASF Venezolana S.A.

Edif. Torreón, Piso 4, Of. 4B
Av. Veracruz con calle la Guairita,
Urb. Las Mercedes. Caracas, Venezuela
Tel : + 58 212 958 6711
www.basf-cc.com.ve

BASF Construction Chemicals Ltda.

Rio Palena 9665
Nucleo Empresarial ENEA
Santiago de Chile, Chile
Tel: +56-2 2799 4300
www.basf-cc.cl

BASF Ecuatoriana S.A.

Av. Naciones Unidas 1014
y Av. Amazonas Edif. La Previsora
Torre A Piso 2, Quito, Ecuador
Tel : + 593 2397 9500
www.basf-cc.com.ec

BASF Construction Chemicals Perú S.A

Jr. Plácido Jiménez N° 630
Lima 1.Peru
Tel: +51-1 219 0630
www.basf-cc.com.pe

Anexo 5 Valores críticos de t

TABLA A-3 Distribución t: Valores críticos t					
Grados de libertad	Área en una cola				
	0.005	0.01	0.025	0.05	0.10
Grados de libertad	Área en dos colas				
	0.01	0.02	0.05	0.10	0.20
1	63.657	31.821	12.706	6.314	3.078
2	9.925	6.965	4.303	2.920	1.886
3	5.841	4.541	3.182	2.353	1.638
4	4.604	3.747	2.776	2.132	1.533
5	4.032	3.365	2.571	2.015	1.476
6	3.707	3.143	2.447	1.943	1.440
7	3.499	2.998	2.365	1.895	1.415
8	3.355	2.896	2.306	1.860	1.397
9	3.250	2.821	2.262	1.833	1.383
10	3.169	2.764	2.228	1.812	1.372
11	3.106	2.718	2.201	1.796	1.363
12	3.055	2.681	2.179	1.782	1.356
13	3.012	2.650	2.160	1.771	1.350
14	2.977	2.624	2.145	1.761	1.345
15	2.947	2.602	2.131	1.753	1.341
16	2.921	2.583	2.120	1.746	1.337
17	2.898	2.567	2.110	1.740	1.333
18	2.878	2.552	2.101	1.734	1.330
19	2.861	2.539	2.093	1.729	1.328
20	2.845	2.528	2.086	1.725	1.325
21	2.831	2.518	2.080	1.721	1.323
22	2.819	2.508	2.074	1.717	1.321
23	2.807	2.500	2.069	1.714	1.319
24	2.797	2.492	2.064	1.711	1.318
25	2.787	2.485	2.060	1.708	1.316
26	2.779	2.479	2.056	1.706	1.315
27	2.771	2.473	2.052	1.703	1.314
28	2.763	2.467	2.048	1.701	1.313
29	2.756	2.462	2.045	1.699	1.311
30	2.750	2.457	2.042	1.697	1.310
31	2.744	2.453	2.040	1.696	1.309
32	2.738	2.449	2.037	1.694	1.309
34	2.728	2.441	2.032	1.691	1.307
36	2.719	2.434	2.028	1.688	1.306
38	2.712	2.429	2.024	1.686	1.304
40	2.704	2.423	2.021	1.684	1.303
45	2.690	2.412	2.014	1.679	1.301
50	2.678	2.403	2.009	1.676	1.299
55	2.668	2.396	2.004	1.673	1.297
60	2.660	2.390	2.000	1.671	1.296
65	2.654	2.385	1.997	1.669	1.295
70	2.648	2.381	1.994	1.667	1.294
75	2.643	2.377	1.992	1.665	1.293
80	2.639	2.374	1.990	1.664	1.292
90	2.632	2.368	1.987	1.662	1.291
100	2.626	2.364	1.984	1.660	1.290
200	2.601	2.345	1.972	1.653	1.286
300	2.592	2.339	1.968	1.650	1.284
400	2.588	2.336	1.966	1.649	1.284
500	2.586	2.334	1.965	1.648	1.283
750	2.582	2.331	1.963	1.647	1.283
1000	2.581	2.330	1.962	1.646	1.282
2000	2.578	2.328	1.961	1.646	1.282
Grande	2.576	2.326	1.960	1.645	1.282

