

ANEXOS

ANEXO 1

Reporte fotográfico

Granulometría de los agregados ASTM C 136

Fotografía 1 Juego de tamices para la granulometría del agregado grueso



Fotografía 2 Peso retenido en tamices del agregado grueso



Fotografía 3 Juego de tamices para granulometría del agregado fino



Fotografía 4 Peso retenido en tamices del agregado fino





Peso específico y absorción del agregado fino ASTM C 128

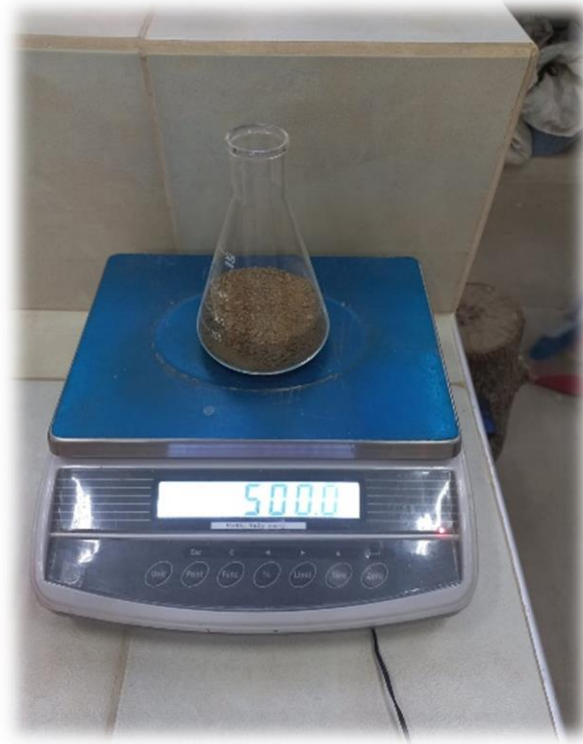
Fotografía 5 Muestra de agregado fino saturada



Fotografía 6 Control de humedad óptima de la muestra de agregado fino



Fotografía 7 Peso inicial de muestra de agregado fino



Fotografía 8 Matraz con la muestra y agua hasta la marca de calibración



Fotografía 9 Muestras en recipientes antes de entrar al horno



Peso específico y absorción del agregado grueso ASTM C 127

Fotografía 10 Agregado grueso saturado superficialmente seco



Fotografía 11 Agregado grueso sumergido en cesto metálico



Fotografía 12 Agregado grueso secado en horno



Peso unitario ASTM C 29

Fotografía 13 Peso unitario suelto del agregado fino



Fotografía 14 Peso unitario compactado del agregado fino



Fotografía 15 Peso unitario suelto del agregado grueso



Fotografía 16 Peso unitario compactado del agregado grueso



Desgaste del agregado grueso con la máquina de los Ángeles ASTM C 131

Fotografía 17 Máquina de desgaste de los ángeles



Fotografía 18 Recolección del material después del proceso de desgaste



Fotografía 19 Material lavado retenido en tamiz N° 12



Fotografía 20 Peso del material seco



Finura del cemento ASTM C 430

Fotografía 21 Juego de tamices N° 40 y 200



Fotografía 22 Muestra de 50 gr de cemento

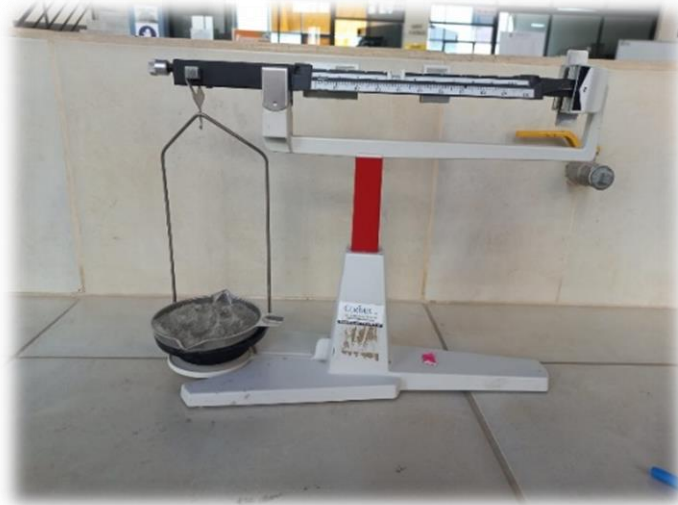


Fotografía 23 Peso de muestra de cemento retenido en el tamiz N° 40 y 200



Peso específico del cemento hidráulico ASTM C 188

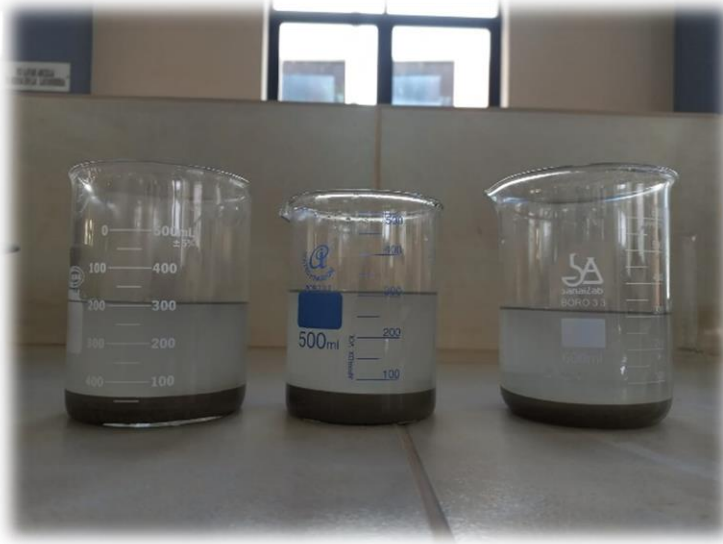
Fotografía 24 Muestra de 64 gr de cemento



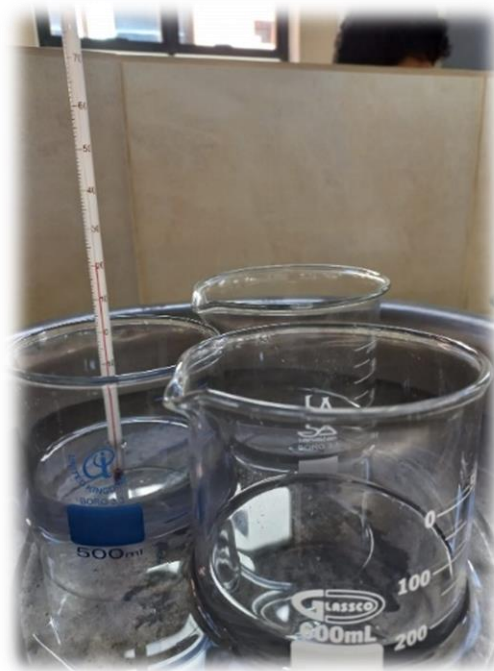
Fotografía 25 Vaso de precipitado con gasolina



Fotografía 26 Vaso de precipitado introducida la muestra de cemento



Fotografía 27 Baño maría a los recipientes para mantener la temperatura



Resistencia a la compresión ASTM C 192, ASTM C 39 y la resistencia a la tracción por flexión ASTM C 192 y ASTM C 78

Elaboración de probetas cilíndricas y prismáticas

Fotografía 28 Engrasado de los moldes



Fotografía 29 Agregado de los materiales en la mezcladora.



Fotografía 30 Mezclado de los agregados en seco



Fotografía 31 Agregando el agua para finalizar la mezcla



Fotografía 32 Mezcla de concreto según la dosificación definida.



Fotografía 33 Utilización del cono de Abrams.



Fotografía 34 Medición del asentamiento de la mezcla



Fotografía 35 Llenado del hormigón en los moldes correspondientes



Fotografía 36 Compactación de la mezcla por capas



Fotografía 37 Llenado del hormigón en molde.



Fotografía 38 Probetas cilíndricas y prismáticas 24 horas después su elaboración



Fotografía 39 Probetas en su proceso de fraguado



Fotografía 40 Probeta sometida a la fuerza de compresión.



Fotografía 41 Lectura de los datos obtenidos.



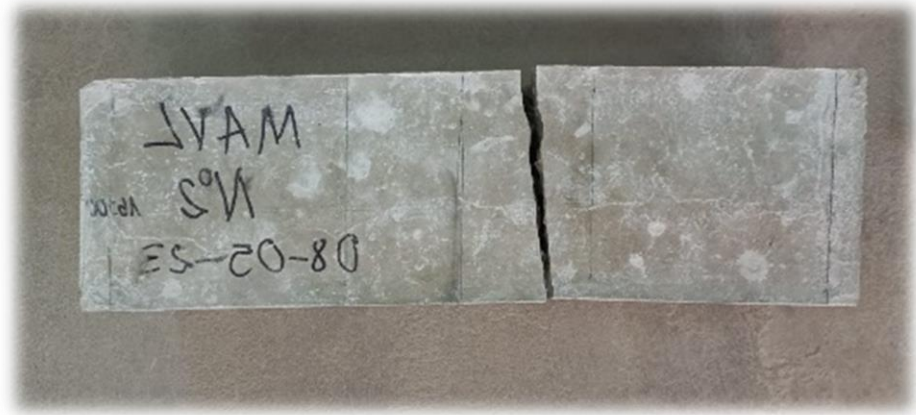
Fotografía 42 Vista de la rotura de probeta cilíndrica



Fotografía 43 Viga sometida a la fuerza de flexotracción.



Fotografía 44 Vista de la rotura de probeta prismática



ANEXO 2

Planillas



GRANULOMETRÍA - AGREGADO FINO

Trabajo final: **Correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a flexión en capas de rodadura de pavimentos rígidos con agregado grueso de concreto reciclado**

Procedencia: San Mateo

Muestra: N°1 AFSM

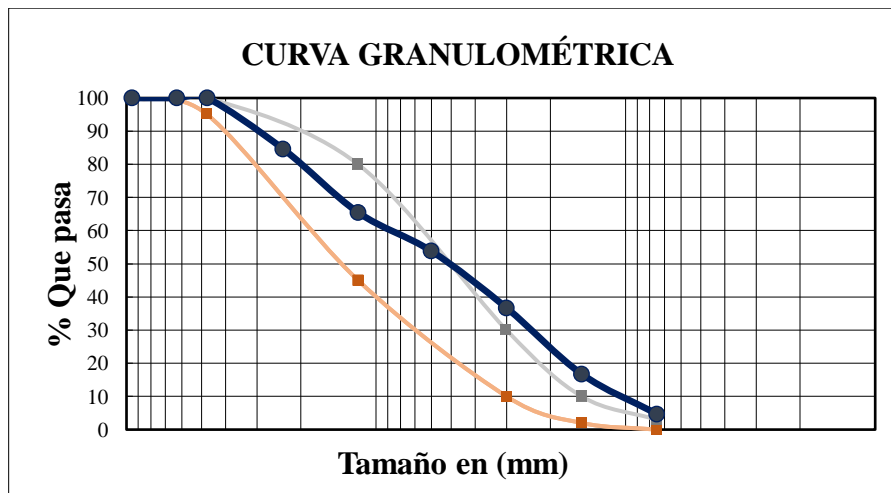
Laboratorista: María Angela Vaca López

Fecha: 28 de marzo del 2023

Peso total (gr) = 500

Tamices	Tamaño (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido acumulado		% Que pasa del total	% Que pasa (AASHTO T-27)	
			(gr)	(%)			
3/8	9,50	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100
1/4	6,30	0,00	0,00	0,00	100,0		
N°4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,0	95	100
N°8	2,36	70,10	70,10	14,02	86,0		
N°16	1,18	98,70	168,80	33,76	66,2	45	80
N°30	0,60	60,20	229,00	45,80	54,2		
N°50	0,30	92,20	321,20	64,24	35,8	10	30
N°100	0,15	95,70	416,90	83,38	16,6	2	10
N°200	0,08	53,60	470,50	94,10	5,9	0	3
BASE		28,70	499,20	99,84	0,2		

MF = 3,35



María Angela Vaca López
Laboratorista

Ing. José Ricardo Arce Avendaño
Encargado de laboratorio de suelos

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.



GRANULOMETRÍA - AGREGADO FINO

Trabajo final: **Correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a flexión en capas de rodadura de pavimentos rígidos con agregado grueso de concreto reciclado**

Procedencia: San Mateo

Muestra: N°2 AFSM

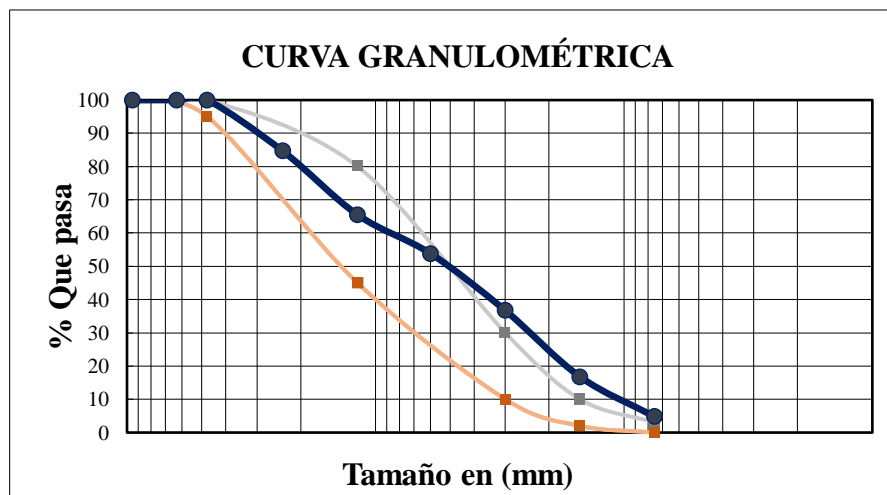
Laboratorista: María Angela Vaca López

Fecha: 28 de marzo del 2023

Peso total (gr) = 500

Tamices	Tamaño (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido acumulado		% Que pasa del total	% Que pasa (AASHTO T-27)	
			(gr)	(%)			
3/8	9,50	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100
1/4	6,30	0,00	0,00	0,00	100,0		
N°4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,0	95	100
N°8	2,36	70,60	70,60	14,12	85,9		
N°16	1,18	94,60	165,20	33,04	67,0	45	80
N°30	0,60	65,90	231,10	46,22	53,8		
N°50	0,30	80,60	311,70	62,34	37,7	10	30
N°100	0,15	96,80	408,50	81,70	18,3	2	10
N°200	0,08	65,50	474,00	94,80	5,2	0	3
BASE		25,10	499,10	99,82	0,2		

MF = 3,32



María Angela Vaca López
Laboratorista

Ing. José Ricardo Arce Avendaño
Encargado de laboratorio de suelos

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.



GRANULOMETRÍA - AGREGADO FINO

Trabajo final: Correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a flexión en capas de rodadura de pavimentos rígidos con agregado grueso de concreto reciclado

Procedencia: San Mateo

Muestra: N°3 AFSM

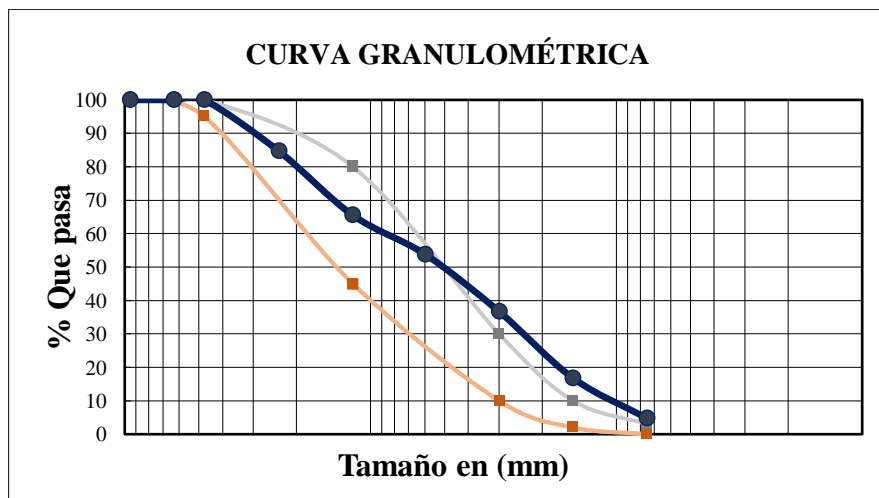
Laboratorista: María Angela Vaca López

Fecha: 28 de marzo del 2023

Peso total (gr) = 500

Tamices	Tamaño (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido acumulado		% Que pasa del total	% Que pasa (AASHTO T-27)	
			(gr)	(%)			
3/8	9,50	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100
1/4	6,30	0,00	0,00	0,00	100,0		
N°4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,0	95	100
N°8	2,36	76,70	76,70	15,34	84,7		
N°16	1,18	95,90	172,60	34,52	65,5	45	80
N°30	0,60	58,30	230,90	46,18	53,8		
N°50	0,30	85,60	316,50	63,30	36,7	10	30
N°100	0,15	99,70	416,20	83,24	16,8	2	10
N°200	0,08	60,10	476,30	95,26	4,7	0	3
BASE		22,60	498,90	99,78	0,2		

MF = 3,38



María Angela Vaca López
Laboratorista

Ing. José Ricardo Arce Avendaño
Encargado de laboratorio de suelos

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.



GRANULOMETRÍA – AGREGADO GRUESO

Trabajo final: **Correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a flexión en capas de rodadura de pavimentos rígidos con agregado grueso de concreto reciclado**

Procedencia: San Lorenzo

Muestra: N°1 AGCRSL

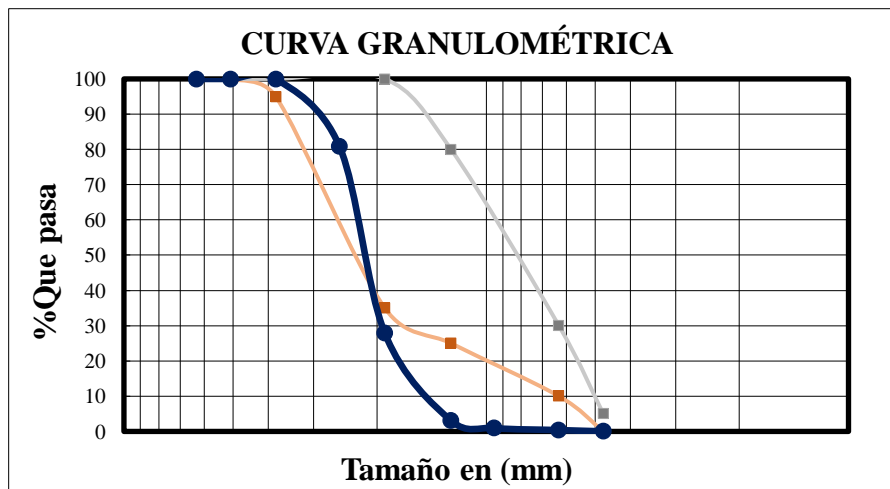
Laboratorista: María Angela Vaca López

Fecha: 29 de marzo del 2023

Peso total (gr) = 15000

Tamices	Tamaño (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido acumulado		% Que pasa del total	% Que pasa (ABC)	
			(gr)	(%)			
2 1/2"	63	0,00	0,00	0,00	100,0		
2	50,8	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100
1 1/2	38,10	0,00	0,00	0,00	100,0	95	100
1	25,40	2443,70	2443,70	16,29	83,7		
3/4	19,05	9126,00	11569,70	77,13	22,9	35	100
1/2	12,50	3033,20	14602,90	97,35	2,6	25	80
3/8	9,50	258,90	14861,80	99,08	0,9		
1/4	6,30	93,70	14955,50	99,70	0,3	10	30
N°4	4,75	41,70	14997,20	99,98	0,0	0	5
BASE	0	1,50	14998,70	99,99	0,0		

TMN = 1 1/2 "



María Angela Vaca López
Laboratorista

Ing. José Ricardo Arce Avendaño
Encargado de laboratorio de suelos

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.



GRANULOMETRÍA – AGREGADO GRUESO

Trabajo final: **Correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a flexión en capas de rodadura de pavimentos rígidos con agregado grueso de concreto reciclado**

Procedencia: San Lorenzo

Muestra: N°2 AGCRSL

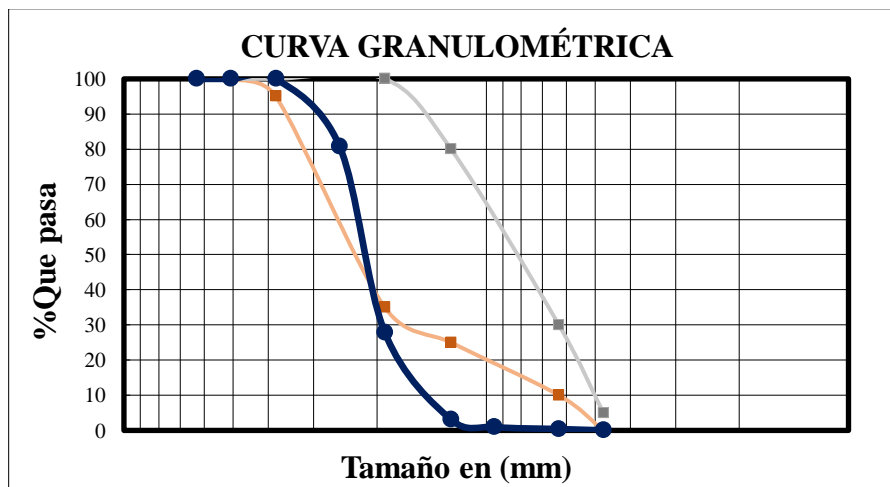
Laboratorista: María Angela Vaca López

Fecha: 29 de marzo del 2023

Peso total (gr) = 15000

Tamices	Tamaño (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido acumulado		% Que pasa del total	% Que pasa (ABC)	
			(gr)	(%)			
2 1/2"	63	0,00	0,00	0,00	100,0		
2	50,8	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100
1 1/2	38,10	0,00	0,00	0,00	100,0	95	100
1	25,40	3544,90	3544,90	23,63	76,4		
3/4	19,05	8232,70	11777,60	78,52	21,5	35	100
1/2	12,50	2918,50	14696,10	97,97	2,0	25	80
3/8	9,50	215,30	14911,40	99,41	0,6		
1/4	6,30	47,40	14958,80	99,73	0,3	10	30
N°4	4,75	39,30	14998,10	99,99	0,0	0	5
BASE	0	1,10	14999,20	99,99	0,0		

TMN = 1 1/2 "



María Angela Vaca López
Laboratorista

Ing. José Ricardo Arce Avendaño
Encargado de laboratorio de suelos

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.



GRANULOMETRÍA – AGREGADO GRUESO

Trabajo final: **Correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a flexión en capas de rodadura de pavimentos rígidos con agregado grueso de concreto reciclado**

Procedencia: San Lorenzo

Muestra: N°3 AGCRSL

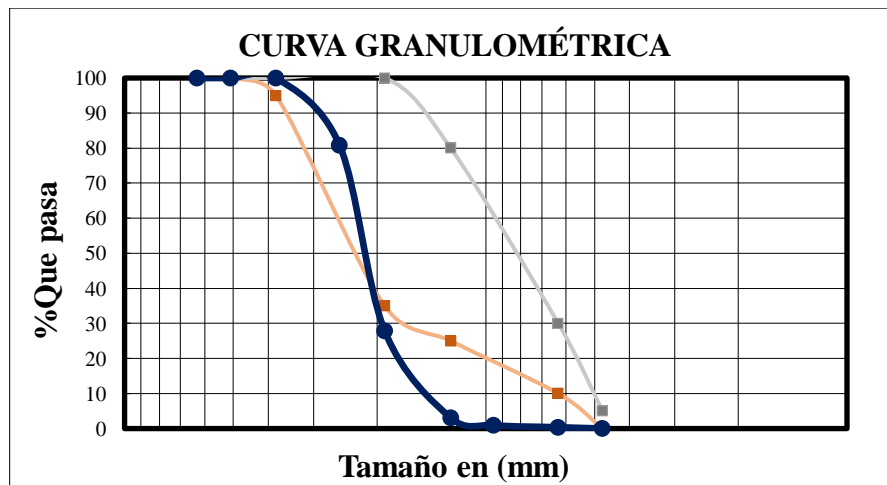
Laboratorista: María Angela Vaca López

Fecha: 29 de marzo del 2023

Peso total (gr) = 15000

Tamices	Tamaño (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido acumulado		% Que pasa del total	% Que pasa (ABC)	
			(gr)	(%)			
2 1/2"	63	0,00	0,00	0,00	100,0		
2	50,8	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100
1 1/2	38,10	0,00	0,00	0,00	100,0	95	100
1	25,40	2875,40	2875,40	19,17	80,8		
3/4	19,05	7944,20	10819,60	72,13	27,9	35	100
1/2	12,50	3719,50	14539,10	96,93	3,1	25	80
3/8	9,50	318,70	14857,80	99,05	0,9		
1/4	6,30	85,10	14942,90	99,62	0,4	10	30
N°4	4,75	55,20	14998,10	99,99	0,0	0	5
BASE	0	1,20	14999,30	100,00	0,0		

TMN = 1 1/2 "



María Angela Vaca López
Laboratorista

Ing. José Ricardo Arce Avendaño
Encargado de laboratorio de suelos

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.



PESO UNITARIO COMPACTADO – AGREGADO FINO

Trabajo final: Correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a flexión en capas de rodadura de pavimentos rígidos con agregado grueso de concreto reciclado

Procedencia: San Mateo

Identificación muestra: AFSM

Laboratorista: María Angela Vaca López

Fecha: 11 de abril del 2023

Muestra N°	Peso del molde (gr)	Calibración			Peso molde + muestra compactada (gr)	Peso de la muestra compactada (gr)	Peso unitario compactado (gr/cm ³)
		Diametro del molde (cm)	Altura del molde (cm)	Volumen del molde (cm ³)			
4	2605,00	15,20	16,50	2994,06	7750,00	5145,00	1,72
5	2605,00	15,20	16,50	2994,06	7620,00	5015,00	1,67
6	2605,00	15,20	16,50	2994,06	7720,00	5115,00	1,71
Promedio							1,70

María Angela Vaca López
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
DOC. RESP. LABORATORIO DE HORMIGON
Y RESISTENCIA DE MATERIALES UAJMS



PESO UNITARIO SUELTO – AGREGADO FINO

Trabajo final: Correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a flexión en capas de rodadura de pavimentos rígidos con agregado grueso de concreto reciclado

Procedencia: San Mateo

Identificación muestra: AFSM

Laboratorista: María Angela Vaca López

Fecha: 20 de abril del 2023

Muestra N°	Peso del molde (gr)	Calibración			Peso molde + muestra suelta (gr)	Peso de la muestra suelta (gr)	Peso unitario suelto (gr/cm ³)
		Diametro del molde (cm)	Altura del molde (cm)	Volumen del molde (cm ³)			
7	2605,00	15,20	16,50	2994,06	7150,00	4545,00	1,52
8	2605,00	15,20	16,50	2994,06	7190,00	4585,00	1,53
9	2605,00	15,20	16,50	2994,06	7160,00	4555,00	1,52
Promedio							1,52

María Angela Vaca López
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
DOC. RESP. LABORATORIO DE HORMIGON
Y RESISTENCIA DE MATERIALES UAJMS



PESO UNITARIO COMPACTADO – AGREGADO GRUESO

Trabajo final: Correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a flexión en capas de rodadura de pavimentos rígidos con agregado grueso de concreto reciclado
Procedencia: San Lorenzo Identificación muestra: AGCRSL
Laboratorista: María Angela Vaca López Fecha: 31 de marzo del 2023

Muestra N°	Peso del molde (gr)	Calibración			Peso molde + muestra compactada (gr)	Peso de la muestra compactada (gr)	Peso unitario compactado (gr/cm ³)
		Diametro del molde (cm)	Altura del molde (cm)	Volumen del molde (cm ³)			
4	5840,00	21,30	28	9977,16	18835,00	12995,00	1,30
5	5840,00	21,30	28	9977,16	19020,00	13180,00	1,32
6	5840,00	21,30	28	9977,16	18975,00	13135,00	1,32
Promedio							1,31

María Angela Vaca López
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
DOC. RESP. LABORATORIO DE HORMIGON
Y RESISTENCIA DE MATERIALES UAJMS



PESO UNITARIO SUELTO – AGREGADO GRUESO

Trabajo final: Correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a flexión en capas de rodadura de pavimentos rígidos con agregado grueso de concreto reciclado

Procedencia: San Lorenzo

Identificación muestra: AGCRSL

Laboratorista: María Angela Vaca López

Fecha: 21 de abril del 2023

Muestra N°	Peso del molde (gr)	Calibración			Peso molde + muestra suelta (gr)	Peso de la muestra suelta (gr)	Peso unitario suelto (gr/cm ³)
		Diametro del molde (cm)	Altura del molde (cm)	Volumen del molde (cm ³)			
7	5740,00	21,30	28	9977,16	17340,00	11600,00	1,16
8	5740,00	21,30	28	9977,16	17160,00	11420,00	1,14
9	5840,00	21,30	28	9977,16	17590,00	11750,00	1,18
Promedio							1,16

María Angela Vaca López
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
DOC. RESP. LABORATORIO DE HORMIGON
Y RESISTENCIA DE MATERIALES UAJMS



PESO ESPECÍFICO – AGREGADO FINO

Trabajo final: Correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a flexión en capas de rodadura de pavimentos rígidos con agregado grueso de concreto reciclado
Procedencia: San Mateo Identificación muestra: AFSM
Laboratorista: María Angela Vaca López Fecha: 3 de abril del 2023

Muestra N°	Peso muestra (gr)	Peso matraz + agua (gr)	Peso matraz + agua + muestra (gr)	Peso muestra seca (gr)	Peso específico a granel " ρ_{RS} " (gr/cm ³)	Peso específico s.s.s " ρ_{RT} " (gr/cm ³)	Peso específico aparente " ρ_N " (gr/cm ³)	Absorción (%)
10	500,00	535,00	1035,00	493,00	2,57	2,60	2,66	1,42
11	500,00	529,80	1029,80	493,00	2,57	2,61	2,67	1,42
12	500,00	495,60	995,60	493,00	2,58	2,61	2,67	1,42
Promedio					2,57	2,61	2,67	1,42

María Angela Vaca López
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
DOC. RESP. LABORATORIO DE HORMIGON
Y RESISTENCIA DE MATERIALES UAJMS



PESO ESPECÍFICO – AGREGADO GRUESO

Trabajo final: Correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a flexión en capas de rodadura de pavimentos rígidos con agregado grueso de concreto reciclado

Procedencia: San Lorenzo

Identificación muestra: AGCRSL

Laboratorista: María Angela Vaca López

Fecha: 14 de abril del 2023

Muestra N°	Peso muestra seca "A" (gr)	Peso muestra saturada sup. seca "B" (gr)	Peso muestra sat. dentro del agua "C" (gr)	Peso específico a granel " ρ_{RS} " (gr/cm ³)	Peso específico s.s.s " ρ_{RT} " (gr/cm ³)	Peso específico aparente " ρ_N " (gr/cm ³)	Absorción (%)
10	4635,00	5000,00	2856,00	2,16	2,33	2,61	7,87
11	4635,00	5000,00	2854,50	2,16	2,33	2,60	7,87
12	4625,00	5000,00	2855,00	2,16	2,33	2,61	8,11
Promedio				2,16	2,33	2,61	7,95

María Angela Vaca López
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
DOC. RESP. LABORATORIO DE HORMIGON
Y RESISTENCIA DE MATERIALES UAJMS



PESO ESPECÍFICO – CEMENTO

Trabajo final: Correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a flexión en capas de rodadura de pavimentos rígidos con agregado grueso de concreto reciclado

Procedencia: Fancesa

Identificación muestra: CPF

Laboratorista: María Angela Vaca López

Fecha: 21 de abril del 2023

Muestra N°	Peso del cemento Portland (gr)	Volumen inicial del líquido (ml)	Volumen final del líquido (ml)	Volumen total desplazado (ml)	Peso específico del cemento (gr/cm ³)
4	64,00	300,00	320,50	20,50	3,12
5	64,00	300,00	320,60	20,60	3,11
6	64,00	300,00	320,60	20,60	3,11
Promedio					3,11

María Angela Vaca López
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
DOC. RESP. LABORATORIO DE HORMIGON
Y RESISTENCIA DE MATERIALES UAJMS



FINURA – CEMENTO

Trabajo final: Correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a flexión en capas de rodadura de pavimentos rígidos con agregado grueso de concreto reciclado

Procedencia: Fancesa

Identificación muestra: CPF

Laboratorista: María Angela Vaca López

Fecha: 19 de abril del 2023

Muestra N°	Peso del cemento Portland (gr)	Peso retenido tamiz N°40 (gr)	Peso retenido tamiz N°200 (gr)	Peso en base (gr)	Finura del cemento Portland (%)
1	50,00	0,19	2,52	46,96	5,04
2	50,00	0,00	2,56	47,10	5,12
3	50,00	0,12	2,49	47,10	4,98
Promedio					5,05

María Angela Vaca López
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
DOC. RESP. LABORATORIO DE HORMIGON
Y RESISTENCIA DE MATERIALES UAJMS



DESGASTE DE LOS ANGELES

Trabajo final: Correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a flexión en capas de rodadura de pavimentos rígidos con agregado grueso de concreto reciclado

Procedencia: San Lorenzo

Identificación muestra: AGCRSL

Laboratorista: María Angela Vaca López

Fecha: 28 de julio del 2023

Gradación		A	B	C	D
Diámetro		Cantidad de material a emplear			
Pasa	Retenido				
1 1/2"	1"	1250 ± 25			
1"	3/4"	1251 ± 25			
3/4"	1/2"	1252 ± 10	2500 ± 10		
1/2"	3/8"	1253 ± 10	2500 ± 10		
3/8"	1/4"			2500 ± 10	
1/4"	N°4			2500 ± 10	
N°4	N°8				5000 ± 10
Peso total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
N° de esferas		12	11	8	6
N° de revoluciones		500	500	500	500
Tiempo de rotación		15	15	15	15

Muestra	Gradación	Peso inicial	Peso final	% de desgaste	Especificación ABC
13	A	5000,00	3342,20	33,16%	40 % MAX

María Angela Vaca López
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
DOC. RESP. LABORATORIO DE HORMIGON
Y RESISTENCIA DE MATERIALES UAJMS



**ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS
DE HORMIGON SIMPLE**

Trabajo final: Correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a flexión en capas de rodadura de pavimentos rígidos con agregado grueso de concreto reciclado

Laboratorista: María Angela Vaca López

Identificación muestra: H-28/MAVL

N°	Identificación	F. de Vaciado	F. de Rotura	Edad (días)	Lectura (KN)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Proyección 28 días (kg/cm ²)
1	CILIND. N°1	8/5/2023	16/5/2023	8	462,6	47185,20	260,03	350,04
2	CILIND. N°2	8/5/2023	16/5/2023	8	422,2	43064,40	237,32	319,47
3	CILIND. N°3	8/5/2023	16/5/2023	8	369,5	37686,41	207,69	279,58
4	CILIND. N°4	8/5/2023	16/5/2023	8	489,8	49959,60	275,32	370,63
5	CILIND. N°5	8/5/2023	16/5/2023	8	478,4	48800,27	268,93	362,03
6	CILIND. N°6	8/5/2023	16/5/2023	8	468,6	47797,20	263,41	354,58
7	CILIND. N°7	8/5/2023	16/5/2023	8	466,3	47562,60	262,11	352,84
8	CILIND. N°8	8/5/2023	16/5/2023	8	504,0	51408,00	283,30	381,37
9	CILIND. N°9	9/5/2023	17/5/2023	8	383,2	39086,40	215,40	289,96
10	CILIND. N°10	9/5/2023	17/5/2023	8	407,9	41605,80	229,29	308,65
11	CILIND. N°11	9/5/2023	17/5/2023	8	441,2	44998,16	247,98	333,82
12	CILIND. N°12	9/5/2023	17/5/2023	8	479,0	48855,68	269,24	362,44
13	CILIND. N°13	9/5/2023	18/5/2023	9	386,5	39423,00	217,26	284,44
14	CILIND. N°14	9/5/2023	18/5/2023	9	433,4	44206,80	243,62	318,96
15	CILIND. N°15	9/5/2023	18/5/2023	9	493,0	50286,00	277,12	362,82
16	CILIND. N°16	9/5/2023	18/5/2023	9	510,6	52081,20	287,01	375,78
17	CILIND. N°17	10/5/2023	19/5/2023	9	421,6	43003,20	236,99	310,28
18	CILIND. N°18	10/5/2023	19/5/2023	9	436,8	44553,60	245,53	321,46
19	CILIND. N°19	10/5/2023	19/5/2023	9	492,1	50194,20	276,62	362,16
20	CILIND. N°20	10/5/2023	19/5/2023	9	489,3	49908,60	275,04	360,10
21	CILIND. N°21	11/5/2023	19/5/2023	8	481,2	49082,40	270,49	364,12
22	CILIND. N°22	11/5/2023	19/5/2023	8	529,5	54009,00	297,64	400,67
23	CILIND. N°23	11/5/2023	19/5/2023	8	435,3	44400,60	244,69	329,39
24	CILIND. N°24	11/5/2023	19/5/2023	8	525,5	53601,00	295,39	397,64
25	CILIND. N°25	15/5/2023	25/5/2023	10	394,2	40210,24	221,59	282,89
26	CILIND. N°26	15/5/2023	25/5/2023	10	487,0	49670,38	273,73	349,44
27	CILIND. N°27	15/5/2023	25/5/2023	10	395,1	40300,20	222,09	283,52
28	CILIND. N°28	15/5/2023	25/5/2023	10	498,2	50818,19	280,05	357,52
29	CILIND. N°29	15/5/2023	25/5/2023	10	465,0	47430,31	261,38	333,68
30	CILIND. N°30	15/5/2023	25/5/2023	10	452,3	46134,60	254,24	324,57

María Angela Vaca López
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
DOC. RESP. LABORATORIO DE HORMIGON
Y RESISTENCIA DE MATERIALES UAJMS



ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCION EN VIGAS DE HORMIGON
SIMPLE

Trabajo final: Correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a flexión en capas de rodadura de pavimentos rígidos con agregado grueso de concreto reciclado

Laboratorista: María Angela Vaca López

Identificación muestra: H-28/MAVL

Nº	Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Dim. "a" (cm)	Carga "F" (KN)	Carga "F" (kg)	Flextr (fct,f) (kg/cm ²)	Tracción (fct) (kg/cm ²)	Res. trac. (fct) 28 días (kg/cm ²)
1	VIGA N° 1	8/5/2023	17/5/2023	9	15,1	28,4	2896,8	38,11	19,06	24,95
2	VIGA N° 2	8/5/2023	17/5/2023	9	15,4	23,4	2386,8	30,19	15,10	19,76
3	VIGA N° 3	8/5/2023	17/5/2023	9	15,2	32,6	3325,2	43,18	21,59	28,26
4	VIGA N° 4	8/5/2023	17/5/2023	9	15,5	24,5	2499,0	31,20	15,60	20,43
5	VIGA N° 5	9/5/2023	18/5/2023	9	15,5	28,3	2886,6	36,04	18,02	23,60
6	VIGA N° 6	9/5/2023	18/5/2023	9	15,6	26,6	2713,2	33,45	16,72	21,90
7	VIGA N° 7	10/5/2023	19/5/2023	9	15,0	25,1	2560,2	34,14	17,07	22,35
8	VIGA N° 8	10/5/2023	19/5/2023	9	15,2	26,9	2743,8	35,63	17,81	23,32
9	VIGA N° 9	10/5/2023	19/5/2023	9	15,5	28,6	2917,2	36,43	18,21	23,85
10	VIGA N° 10	10/5/2023	19/5/2023	9	15,4	29,1	2968,2	37,55	18,77	24,58
11	VIGA N° 11	10/5/2023	19/5/2023	9	15,4	30,2	3080,4	38,97	19,48	25,51
12	VIGA N° 12	10/5/2023	19/5/2023	9	15,5	29,8	3039,6	37,96	18,98	24,85
13	VIGA N° 13	11/5/2023	19/5/2023	8	15,4	27,2	2774,4	35,10	17,55	23,62
14	VIGA N° 14	11/5/2023	19/5/2023	8	15,4	25,4	2590,8	32,77	16,39	22,06
15	VIGA N° 15	11/5/2023	19/5/2023	8	15,4	28,8	2937,6	37,16	18,58	25,01
16	VIGA N° 16	11/5/2023	19/5/2023	8	15,4	29,7	3029,4	38,32	19,16	25,79
17	VIGA N° 17	15/5/2023	25/5/2023	10	15,5	27,9	2845,8	35,54	17,77	22,68
18	VIGA N° 18	15/5/2023	25/5/2023	10	15,5	28,9	2947,8	36,81	18,40	23,50
19	VIGA N° 19	15/5/2023	25/5/2023	10	15,4	26,2	2672,4	33,81	16,90	21,58
20	VIGA N° 20	15/5/2023	25/5/2023	10	15,6	26,2	2672,4	32,94	16,47	21,03
21	VIGA N° 21	17/5/2023	26/5/2023	9	15,4	28,8	2937,6	37,16	18,58	24,33
22	VIGA N° 22	17/5/2023	26/5/2023	9	15,3	27,5	2805,0	35,95	17,97	23,53
23	VIGA N° 23	18/5/2023	26/5/2023	8	15,7	31,0	3162,0	38,48	19,24	25,90
24	VIGA N° 24	18/5/2023	26/5/2023	8	15,5	28,5	2907,0	36,30	18,15	24,43
25	VIGA N° 25	18/5/2023	26/5/2023	8	15,5	27,4	2794,8	34,90	17,45	23,49
26	VIGA N° 26	18/5/2023	26/5/2023	8	15,4	26,8	2733,6	34,58	17,29	23,27
27	VIGA N° 27	22/5/2023	30/5/2023	8	15,6	27,3	2784,6	34,33	17,16	23,10
28	VIGA N° 28	22/5/2023	30/5/2023	8	15,8	28,2	2876,4	34,57	17,28	23,27
29	VIGA N° 29	22/5/2023	30/5/2023	8	15,5	25,6	2611,2	32,61	16,30	21,95
30	VIGA N° 30	22/5/2023	30/5/2023	8	15,5	27,9	2845,8	35,54	17,77	23,92

María Angela Vaca López
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
DOC. RESP. LABORATORIO DE HORMIGON
Y RESISTENCIA DE MATERIALES UAJMS

ANEXO 3
Dosificación

Dosificación de mezclas de hormigón según ACI

a) Selección del asentamiento

Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción y sistemas de colocación y compactación.

Consistencia	Asentamiento (mm)	Ejemplo de tipo de construcción	Sistema de colocación	Sistema de compactación
Muy seca	0-20	Prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantallas de cimentación	Con vibradores de formaleta; hormigones de proyección neumática (lanzado)	Secciones sujetas a vibración extrema, puede requerirse presión
Seca	20-35	Pavimentos	Pavimentadoras con terminadora vibratoria	Secciones sujetas a vibración intensa
Semi - seca	35-50	Pavimentos, fundaciones en hormigón simple	Colocación con máquinas operadas manualmente	Secciones simplemente reforzadas, con vibración
Media	50-100	Elementos compactados a mano, losas muros, vigas	Colocación manual	Secciones medianamente reforzadas, sin vibración
Húmeda	100-150	Elementos estructurales esbeltos	Bombeo	Secciones bastante reforzadas, sin vibración
Muy húmeda	150 o más	Elementos muy esbeltos, pilotes fundidos "in situ"	Tubo-embudo Tremie	Secciones altamente reforzadas, sin vibración (normalmente no adecuados para vibrarse)

Asentamiento = 3 cm

b) Selección del tamaño máximo del agregado

Tamaños máximos de agregados según el tipo de construcción.

Dimensión mínima de la sección (cm)	Tamaño máximo en pulgadas (mm)			
	Muros reforzados, vigas y columnas	Muros sin refuerzo	Losas muy reforzadas	Losas sin refuerzo o poco reforzadas
6 - 15	1/2"(12) - 3/4"(19)	3/4"(19)	3/4"(19) - 1"(25)	3/4"(19) - 1 3/4"(38)
19 - 29	3/4"(19) - 1 1/2"(38)	1 1/2"(38)	1 1/2"(38)	1 1/2"(38) - 3"(76)
30 - 74	1 1/2"(38) - 3"(76)	3"(76)	1 1/2"(38) - 3"(76)	3"(76)
75 o más	1 1/2"(38) - 3"(76)	6"(152)	1 1/2"(38) - 3"(76)	3"(76) - 6"(152)

Tamaño máximo del agregado = 1 1/2"

c) Estimación del contenido de aire

Sin aire incorporado.

d) Estimación del contenido de agua de mezclado

Requerimiento aproximado de agua de mezclado para diferentes asentamientos y tamaños máximos de agregado, con partículas de forma angular y textura rugosa, en hormigón con aire incluido.

Asentamiento		Tamaño máximo del agregado, en mm (pulg)							
		9,51	12,7	19	25,4	38,1	50,8	64	76,1
		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"
mm	pulg	Agua de mezclado, en Kg/m ³ de hormigón							
0	0	198	176	166	152	143	132	130	122
25	1	206	183	174	158	149	138	136	128
50	2	211	189	179	164	155	144	142	134
75	3	216	193	183	169	159	149	146	138
100	4	219	196	186	172	163	152	150	141
125	5	222	200	190	176	167	156	153	144
150	6	226	205	194	180	171	161	157	148
175	7	230	210	199	185	177	166	162	153
200	8	235	215	204	190	182	177	169	158

Agua de mezclado = 151 kg/m³

e) Determinación de la resistencia de diseño

Resistencia de diseño cuando no hay datos que permitan determinar la desviación estándar.

Resistencia específica f_{ck} en (kg/cm ²)	Resistencia de diseño de la mezcla f_{cm} en (kg/cm ²)
Menos de 210 kg/cm ²	$f_{ck} + 70$ kg/cm ²
De 210 a 350 kg/cm ²	$f_{ck} + 85$ kg/cm ²
Más de 350 kg/cm ²	$f_{ck} + 100$ kg/cm ²

Resistencia específica = 280 kg/cm²

f) Selección de la relación agua-cemento

Correspondencia entre la resistencia a la compresión a los 28 días de edad y la relación agua-cemento para los cementos colombianos, pórtland tipo I, en hormigones con aire incluido.

Resistencia a la compresión Kg/cm ²	Relación agua-cemento en peso		
	Límite superior	Línea media	Límite inferior
140	-	0,65	0,58
175	-	0,59	0,52
210	0,65	0,54	0,49
230	0,63	0,52	0,47
245	0,61	0,5	0,46
280	0,55	0,44	0,41
315	0,51	0,41	0,39
350	0,46	0,37	0,36

Relación agua-cemento = 0,41

g) Cálculo del contenido de cemento

Volumen de agregado grueso, seco y compactado convarilla, por volumen de hormigón para diferentes módulos de finura de la arena.

Tamaño máximo nominal		Módulo de finura de la arena			
mm	pulg	2,4	2,6	2,8	3
9,5	3/8"	0,5	0,48	0,46	0,44
12,7	1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
19	3/4"	0,66	0,64	0,62	0,6
25,4	1"	0,71	0,69	0,67	0,65
38,1	1 1/2"	0,75	0,73	0,71	0,69
50,8	2"	0,78	0,76	0,74	0,72
76,1	3"	0,82	0,8	0,78	0,76
152	6"	0,87	0,85	0,83	0,81

Volumen de agregado grueso = 0,70

Cálculos

Datos iniciales:

Peso unitario compactado de agregado grueso = 1313 kg/m³

Peso específico de agregado grueso = 2,61 gr/cm³

Peso específico de cemento = $3,11 \text{ gr/cm}^3$

Peso específico de agregado fino = $2,67 \text{ gr/cm}^3$

Modulo finura de agregado fino = 3,35

Contenido de agregado grueso = Volumen de hormigón * Peso unitario compactado de agregado grueso

Contenido de agregado grueso = $919,10 \text{ kg/m}^3$

Contenido de cemento = Agua de mezclado/ Relación agua-cemento

Contenido de cemento = $368,29 \text{ kg/m}^3$

Volumen de agregado grueso = Contenido de agregado grueso/Peso específico de agregado grueso

Volumen de agregado grueso = $352,55 \text{ l/m}^3$

Volumen de cemento = Contenido de cemento/Peso específico de cemento

Volumen de cemento = $118,35 \text{ l/m}^3$

Volumen de agregado fino = $1000 - \text{volumen de cemento} - \text{agua de mezclado} - \text{volumen de agregado grueso}$

Volumen de agregado fino = $378,10 \text{ l/m}^3$

Contenido de agregado fino = volumen de agregado fino * peso específico de agregado fino

Contenido de agregado fino = $1009,17 \text{ kg/m}^3$

Dosificación

	Cemento	Arena	Grava	Agua
	1	2,74	2,50	0,41

Peso de material para probetas cilíndricas

$$\text{Volumen probeta cilíndrica} = \pi \cdot R^2 \cdot h$$

Datos iniciales:

$$\pi = 3,14$$

$$r = 7,5 \text{ cm}$$

$$h = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Volumen probeta cilíndrica} = 5301,44 \text{ cm}^3 = 0,0053 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen para 4 probetas cilíndricas} = 0,021 \text{ m}^3$$

Peso de cada material

$$\text{Agregado grueso} = 19,49 \text{ kg}$$

$$\text{Cemento} = 7,81 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 3,20 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = 21,40 \text{ kg}$$

Peso de material para probetas prismáticas

$$\text{Volumen vigas} = a \cdot b \cdot h$$

$$a = 15 \text{ cm}$$

$$b = 15 \text{ cm}$$

$$h = 45 \text{ cm}$$

$$\text{Volumen viga} = 10125 \text{ cm}^3 = 0,010 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen para 2 vigas} = 0,020 \text{ m}^3$$

Peso de cada material

$$\text{Agregado grueso} = 18,61 \text{ kg}$$

$$\text{Cemento} = 7,46 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 3,06 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = 20,44 \text{ kg}$$

ANEXO 4

Costos

Análisis de precio unitario

N° de ítem: 1

Unidad: m³

Ítem: Mezcla de concreto simple con agregado grueso reciclado

Moneda: Bs

Descripcion		Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1.- MATERIALES					
1	Cemento portland IP-40	kg	369,00	0,9	332,10
2	Agregado grueso de concreto reciclado	m ³	0,35	80	28,00
3	Agregado fino común	m ³	0,38	95	36,10
4	Agua	m ³	0,15	2,93	0,44
TOTAL MATERIALES=					396,64
2.- MANO DE OBRA					
2	Albañil	hr	1,60	20,50	32,80
3	Ayudante	hr	4,80	15,00	72,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA =					104,80
CARGAS SOCIALES = (% DEL SUBTOTAL DE MANO DE OBRA) (71.18%)				71,18%	74,60
IMPUESTOS IVA MANO DE OBRA = (%DE SUMA DE; SUBTOTAL DE MANO DE OBRA + CARGAS SOCIALES) (14.94%)				14,94%	26,80
TOTAL MANO DE OBRA =					206,20
3.-EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					
1	Mezcladora	hr	1,00	22,00	22,00
2	Vibradora	hr	0,80	15,00	12,00
HERRAMIENTAS = (% DEL TOTAL DE MANO DE OBRA) (5%)				5,00%	10,31
TOTAL, EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS =					44,31
4.-GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					
GASTOS GENERALES = (% DE 1+2+3) (10%)				10,00%	64,71
TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS =					64,71
5.- UTILIDAD					
UTILIDAD = (% DE 1+2+3+4) (10%)				10,00%	71,19
TOTAL DE UTILIDAD =					71,19
6.- IMPUESTOS					
IMPUESTOS IT = (% DE 1+2+3+4+5) (3,09%)				3,09%	24,20
TOTAL DE IMPUESTOS =					24,20
TOTAL PRECIO UNITARIO 1+2+3+4+5+6 (Bs.) =					807,25

ANEXO 5

Diseño de capa de rodadura de pavimento rígido

Diseño de pavimento rígido con método AASHTO

$$\log(W_{18}) = Z_R * S_o + 7,35 * \log(D + 1) - 0,06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5}\right)}{1 + \frac{1,624 * 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 * P_t) * \log\left(\frac{MR * C_d * (D^{0,75} - 1,132)}{215,63 * J * \left(D^{0,75} - \frac{18,42}{\left(\frac{E_c}{K}\right)^{0,25}}\right)}\right)$$

Donde:

$W_{(18)}$ = Número de cargas de 18 kips (80 kN) previstas

Z_R = Valor de Z correspondiente a la curva estandarizada, para una confiabilidad R.

S_o = Desvío estándar de todas las variables

D = Espesor de la losa de pavimento, en pulg

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño

P_t = Serviciabilidad final

MR = Módulo de rotura, en psi

C_d = Coeficiente de drenaje

J = Coeficiente de transferencia de carga

E_c = Módulo de elasticidad del concreto, en psi

K = Módulo de reacción de la subrasante (coeficiente de balastro), en pci (psi/pulg)

a) Tráfico

$$W_{(18)} = TPDA * GF * DD * LD * TF * 365$$

Donde:

TPDA = Tráfico promedio diario anual inicial

GF = Factor de crecimiento

DD = Factor de distribución direccional

LD = Factor de distribución por carril

TF = Factor de camiones

Año	Normal	Derivado	Generado	Total	Índice crecimiento
2005	90	120	83	293	
2006	96	127	86	309	5,46
2007	102	135	88	325	5,18
2008	108	144	91	343	5,54
2009	114	153	94	361	5,25
2010	121	163	96	380	5,26
2011	129	173	99	401	5,53
2012	136	185	103	424	5,74
2013	145	196	105	446	5,19
2014	154	209	108	471	5,61
2015	163	222	112	497	5,52
2016	173	236	115	524	5,43
2017	183	251	119	553	5,53
2018	195	267	122	584	5,61
2019	206	284	126	616	5,48
2020	219	303	130	652	5,84
2021	232	321	133	686	5,21
2022	247	342	138	727	5,98
2023	262	364	141	767	5,50
2024	278	388	146	812	5,87

TPDA = 767

Índice de crecimiento = 5,51 %

Periodo de diseño = 20 años

$$GF = \frac{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^n - 1}{\frac{i}{100}}$$

GF = 34,91

DD = 1

LD = 0,5

TF = 1

$W_{(18)} = 4886842,11$

b) Confiabilidad

Tipo de camino	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85 – 99,9	80 – 99,9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Confiabilidad R = 80 %

Confiabilidad R %	Desviación normal estandar Z_R
50	0,000
60	0,253
70	0,524
75	0,674
80	0,841
85	1,037
90	1,282
91	1,340
92	1,405
93	1,476
94	1,555
95	1,645
96	1,751
97	1,881
98	2,054
99	2,327
99,9	3,090
99,99	3,750

$Z_R = 0,841$

c) Desviación estándar

Condición de diseño	Desviación estándar	
	Pav. rígido	Pav. flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito	0,34	0,44
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito	0,39	0,49

$$S_o = 0,34$$

d) Serviciabilidad

Serviciabilidad inicial	
Pav. rígido	Pav. flexible
4,5	4,2

$$P_o = 4,5$$

Serviciabilidad final	Clasificación
3,00	Autopistas
2,50	Colectores
2,25	Calles comerciales e industriales
2,00	Calles residenciales y estacionamientos

$$P_t = 2$$

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

$$\Delta PSI = 2,5$$

e) Drenaje

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1 %	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Excelente	1,25 – 1,20	1,20 – 1,15	1,15 – 1,10	1,10
Bueno	1,20 – 1,15	1,15 – 1,10	1,10 – 1,00	1,00
Regular	1,15 – 1,10	1,10 – 1,00	1,00 – 0,90	0,90
Pobre	1,10 – 1,00	1,00 – 0,90	0,90 – 0,80	0,80
Muy pobre	1,00 – 0,90	0,90 – 0,80	0,80 – 0,70	0,70

Año	Días de lluvia
2009	80
2010	50
2011	76
2012	61
2015	59
2017	59
2018	79
2019	73
2020	62
2021	93
2022	61
Promedio	68

% tiempo de humedad al año = 19 %

Cd = 0,9

f) Transferencia de carga

Soporte lateral	Si	No	Si	No	Si	No	Tipo
ESALs en millones	Con pasadores con o sin refuerzo de temperatura		Con refuerzo continuo		Sin pasadores (fricción entre agregados)		
Hasta 0,3	2,7	3,2	2,8	3,2	–	–	Calles y caminos vecinales
0,3 – 1	2,7	3,2	3	3,4	–	–	
1 – 3	2,7	3,2	3,1	3,6	–	–	
3 – 10	2,7	3,2	3,2	3,8	2,5	2,9	Caminos principales y autopistas
10 – 30	2,7	3,2	3,4	4,1	2,6	3	
más de 30	2,7	3,2	3,6	4,3	2,6	3,2	

$$J = 3,2$$

g) Características de subrasante

$$MR = 46,76 \text{ kg/cm}^2 = 665,07 \text{ psi}$$

$$f_c = 349,31 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 15000 * \sqrt{f_c} = 280347,55 \text{ kg/cm}^2 = 3987383,23 \text{ psi}$$

Para un CBR malo

$$CBR = 3$$

$$K = 0,25 + 5,15 * \log (CBR\%) = 2,71 \text{ kg/cm}^3 = 97,78 \text{ pci}$$

Espesor de la losa de pavimento

$$D = 8,6 \text{ pulg} = 21,84 \text{ cm}$$

Para un CBR regular

$$CBR = 10$$

$$K = 4,51 + 0,89 * (\log (CBR\%))^{4,34} = 5,40 \text{ kg/cm}^3 = 195,03 \text{ pci}$$

Espesor de la losa de pavimento

$$D = 8,27 \text{ pulg} = 21,01 \text{ cm}$$

Para un CBR bueno

CBR = 30

$$K = 4,51 + 0,89 * (\log (\text{CBR}\%))^{4,34} = 7,86 \text{ kg/cm}^3 = 283,78 \text{ pci}$$

Espesor de la losa de pavimento

$$\mathbf{D = 7,91 \text{ pulg} = 20,09 \text{ cm}}$$