

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**INFLUENCIA DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL
CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CONSTRUCCIÓN Y MATERIALES

AUTORES:

BR. CHERO CÓRDOVA, KAREN JANETTE

BR. RODRÍGUEZ PÉREZ, JHOMNY MARLON

ASESOR:

ING. JUAN MANUEL URTEAGA GARCÍA

TRUJILLO - PERÚ

2020

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**INFLUENCIA DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL
CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD**

**PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CONSTRUCCIÓN Y MATERIALES

AUTORES:

BR. CHERO CÓRDOVA, KAREN JANETTE

BR. RODRÍGUEZ PÉREZ, JHOMNY MARLON

ASESOR:

ING. JUAN MANUEL URTEAGA GARCÍA

TRUJILLO - PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mi mamá, Nancy Córdova, por la paciencia, por el apoyo que siempre tuve y estoy segura tendré siempre, por el ejemplo de esfuerzo, dedicación y persistencia que ha sido y es para mí, por su cuidado en todos estos años y sobre todo por su amor incondicional. Es a ella a quien dedico este trabajo, pues gracias a su esfuerzo es que ha sido posible.

También dedico este trabajo a Juana Rosario y Fabriciano Córdova, mis papás, por el tiempo y el infinito amor que he recibido de ellos, por los valiosos consejos que me han dado y espero me sigan dando, por sus enseñanzas y por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo y dedicación.

A Dios, por haberme permitido ser parte de la familia más bonita que puedo imaginar, por haberme dado salud y fortaleza cuando la he necesitado para superar o sobrellevar dificultades que se han presentado en años pasados.

Gracias mamá por ser mi mayor ejemplo de vida, la mejor hermana, la mejor hija y la mejor madre que pude haber tenido.

Br. Karen Janette Chero Córdova

DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido llegar a estos momentos tan difíciles que estamos aconteciendo y que valoramos muchísimo a nuestra familia y a los que tenemos a nuestro alrededor que sumaron para que este trabajo se logre.

A mis padres, Yoni Rodríguez Mendoza y Martha Pérez Calderón por ser mi soporte constante, su paciencia y esfuerzo que dedicaron para que este trabajo salga adelante y se realice, gracias por nunca dudar y ayudarme a nunca rendirme ni dar marcha atrás.

También dedico este trabajo a mis hermanas, Cynthia y Lorena Rodríguez Pérez quienes me apoyaron y me indicaron constantemente a conseguir mis objetivos planteados sin ustedes nada de esto hubiese tenido una directriz constante.

Br. Jhomny Marlon Rodríguez Pérez

AGRADECIMIENTOS

A:

DIOS:

A Dios por que estuvo con nosotros guiándonos y bendiciéndonos en todo momento y por darnos la fuerza necesaria para superar los obstáculos que nos tocó vivir y sobrellevar en estos momentos tan difíciles.

PADRES:

Por todo su apoyo en cada momento de nuestras vidas y en especial en nuestra formación profesional, por el apoyo moral y económico que nos permitió alcanzar esta meta.

DOCENTES:

A nuestros docentes que con sus enseñanzas y conocimiento aportaron al desarrollo de nuestra formación profesional y personal.

ING. JUAN MANUEL URTEAGA GARCÍA:

A nuestro asesor Ing. Juan Manuel Urteaga García por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia, colaboración y aporte brindado que permitió a nosotros poder terminar con éxito en el presente trabajo de investigación.

RESUMEN

“INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD”

Por: Br. CHERO CÓRDOVA KAREN JANETTE

Br. RODRÍGUEZ PÉREZ JHOMNY MARLON

La presente investigación busca determinar en qué medida influye el PET adicionado en el módulo de elasticidad de concretos de 210 kg/cm², 280 kg/cm² y 350 kg/cm² con respecto a un concreto tradicional. Para esto se utilizaron agregados de la cantera “LEKERSA” ubicada en el centro poblado El Milagro, distrito de Huanchaco, Trujillo – La Libertad. Además, se utilizó el aditivo Chema Plast para reducir la relación agua/cemento. El cemento utilizado fue de la marca Inka Tipo ICo.

Específicamente en nuestra investigación, hemos preparado 12 diseños de mezcla correspondientes a los distintos porcentajes de PET agregado y los diferentes f'c requeridos. Fijamos resistencias de 210kg/cm², 280 kg/cm² y 350 kg/cm², donde se ejecutó 3 dosificaciones para concreto patrón y 3 adicionando el porcentaje de aditivo (5, 10 y 15%).

Al realizar las mezclas se determinó las principales propiedades del concreto fresco, como son la trabajabilidad, homogeneidad, consistencia y densidad, para posteriormente tomar las muestras y curarlas correctamente. Todos los ensayos para concreto endurecido se realizaron a la edad de 28 días.

Determinamos el módulo de elasticidad estático experimental del concreto para cada resistencia según lo especificado en la norma ASTM C- 469, y se calculó la fórmula el módulo de elasticidad teórico propuesta por el ACI 318-11, 8.5,1 y con respecto a la fórmula del reglamento nacional de edificaciones, E- 060 concreto armado y ACI 318 concluimos que las formulas representan lo mismo y haciendo la comparativa el M.E.E. Experimental varían en -11% a +6%.

ABSTRACT

The present investigation seeks to determine to what extent the added PET influences the modulus of elasticity of concrete of 210 kg / cm², 280 kg / cm² and 350 kg / cm² with respect to traditional concrete. For this, aggregates from the "LEKERSA" quarry located in the El Milagro town center, Huanchaco district, Trujillo - La Libertad, were used. In addition, the Chema Plast additive was used to reduce the water / cement ratio. The cement used was of the Inka Type ICo brand.

Specifically in our research, we have prepared 12 mix designs corresponding to the different percentages of added PET and the different f'c required. We set resistances of 210kg / cm², 280 kg / cm² and 350 kg / cm², where 3 dosages for standard concrete were carried out and 3 adding the percentage of additive (5, 10 and 15%).

When making the mixtures, the main properties of fresh concrete were determined, such as workability, homogeneity, consistency and density, to subsequently take the samples and cure them correctly. All tests for hardened concrete were performed at the age of 28 days.

We determined the experimental static modulus of elasticity of concrete for each resistance as specified in ASTM C-469, and calculated the formula for the theoretical modulus of elasticity proposed by ACI 318-11, 8.5,1 and with respect to the formula of the national building regulations, E-060 reinforced concrete and ACI 318 we conclude that the formulas represent the same and making the comparison the MEE Experimental vary from -11% to + 6%.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento y conforme a las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos y Reglamento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, se pone a vuestra consideración el Informe del Trabajo de Investigación Titulado:

“INFLUENCIA DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD”. El presente trabajo fue realizado con el propósito de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Atentamente,

Trujillo, 14 de febrero del 2020.

Br. Chero Córdova Karen Janette

Br. Rodríguez Pérez Jhomny Marlon

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
PRESENTACIÓN	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE IMÁGENES	XX
ÍNDICE DE FIGURAS	XXI
I. INTRODUCCIÓN	24
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	24
1.2 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	25
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	25
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	26
II. MARCO DE REFERENCIA	28
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	28
2.2 MARCO TEÓRICO	31
2.2.1 ELASTICIDAD	31
2.2.2 MÓDULO DE ELASTICIDAD	32
2.2.3 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO	33
2.2.4 MÉTODOS PARA DETERMINAR EL MÓDULO DE ELASTICIDAD	33
2.2.5 MÉTODO DINÁMICO PARA LA MEDIDA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD. (ENSAYO DE RESONANCIA CON EQUIPO V-E-400 ENDUMETER)	35
2.2.6 VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO	37
2.2.7 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	39
2.3 MARCO CONCEPTUAL	39
2.3.1 AGREGADOS	39
2.3.2 AGREGADO FINO	39
2.3.3 AGREGADO GRUESO	41

2.3.4 ARENA	43
2.3.5 GRAVA	43
2.3.6 CEMENTO	44
2.3.7 CEMENTO PORTLAND (ASTM C150)	45
2.3.7.1 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CEMENTO	45
2.3.7.2 COMPUESTOS PRINCIPALES DEL CEMENTO PORTLAND	47
2.3.7.3 PROPIEDADES FÍSICAS DEL CEMENTO PORTLAND	47
2.3.7.4 TIPOS DE CEMENTO PORTLAND (NTP 334.009)	50
2.3.7.5 CONTROL DE CALIDAD DEL CEMENTO	51
2.3.7.6 ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO	51
2.3.7.7 CEMENTO A GRANEL	52
2.3.7.8 CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO PORTLAND	52
2.3.7.9 USOS Y APLICACIONES DEL CEMENTO PORTLAND	52
2.3.8 TEREFTALATO DE POLIETILENO (PLÁSTICO PET)	53
2.3.8.1 PROPIEDADES DEL PLÁSTICO PET	53
2.3.8.2 RECICLAJE DEL PLÁSTICO	54
2.3.8.3 TIPOS DE RECICLAJE	55
2.3.8.4 PROCESO DE RECICLADO MECÁNICO DEL PLÁSTICO PET	55
2.3.9 CONCRETO	57
2.3.10 ADITIVOS	57
2.3.10.1 CLASIFICACIÓN	58
2.8 HIPÓTESIS	58
VARIABLES	58
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)	59
III. METODOLOGÍA EMPLEADA	60
3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	60
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO	60
3.2.1 POBLACIÓN	60
3.2.2 MUESTRA	60
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	61
3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	62
3.4.1 SELECCIÓN Y ESTUDIO DE LOS AGREGADOS (NTP 400.010,2001)	62
3.4.2 ENSAYO A LOS AGREGADOS	62

3.4.2.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO (NTP 400.012,2001)	62
3.4.2.2 CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO Y GRUESO. (NTP 339.185,2002)	64
3.4.2.3 CANTIDAD DE FINOS QUE PASAN POR EL TAMIZ N° 200 POR LAVADO EN AGREGADOS (NTP 400.018,2002)	66
3.4.2.4 DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO (NTP 400.022,2013)	67
3.4.2.5 DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO (NTP 400.021,2002)	69
3.4.2.6 PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO (NTP 400.017,2011)	71
3.4.3 DISEÑO DE MEZCLA (ACI 211.1)	72
3.4.4 ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	72
3.4.4.1 MUESTREO DE MEZCLA DE CONCRETO FRESCO (NTP 339.036,1999)	72
3.4.4.2 ASENTAMIENTO O SLUMP DEL CONCRETO CON EL CONO DE ABRAHMS (NTP 339.035,2009)	73
3.4.4.3 PESO UNITARIO DEL CONCRETO (NTP 339.046)	74
3.4.4.4 ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO (NTP 339.033,2009)	74
3.4.5 ENSAYO DE CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	75
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	84
4.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	84
4.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO FINO Y GRUESO	84
4.1.2 DISEÑO DE MEZCLA	90
4.1.2.1 MÉTODO DE DISEÑO ACI 211.1	90
4.1.2.2 DISEÑO PATRÓN DE CONCRETO DE RESISTENCIA F'C=210 KG/CM2.	90
4.1.2.3 DISEÑO DE CONCRETO DE RESISTENCIA F'C=280 KG/CM2	96
4.1.2.4 DISEÑO DE CONCRETO DE RESISTENCIA F'C=350 KG/CM2	101
4.1.3 RESUMEN DE DISEÑOS DE MEZCLAS	107
4.1.4 ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	107
4.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	107

4.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE 210 KG/CM ² + DIFERENTES PORCENTAJES DE PET	107
4.2.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE 280 KG/CM ² + ADITIVO (T-32-33)	109
4.2.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE 350 KG/CM ² + ADITIVO (T-34-35)	111
4.2.4 RESUMEN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	113
4.3 MÓDULO DE ELASTICIDAD ELÁSTICO EXPERIMENTAL	114
4.3.1 MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO PARA UN CONCRETO DE 210 KG/CM ²	114
4.3.1.1 0% PET	114
4.3.1.2 5% PET	118
4.3.1.3 10% PET	122
4.3.1.4 15% PET	126
4.3.2 MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO PARA UN CONCRETO DE 280 KG/CM ²	131
4.3.2.1 0% PET	131
4.3.2.2 5% PET	136
4.3.2.3 10% PET	140
4.3.2.4 15% PET	145
4.3.3 MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO PARA UN CONCRETO DE 350 KG/CM ²	150
4.3.3.1 0% PET	150
4.3.3.2 5% PET	155
4.3.3.3 10% PET	160
4.3.3.4 15% PET	165
4.3.4 MÓDULO DE ELASTICIDAD TEÓRICA	170
4.3.5 COMPARACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL Y TEÓRICO	174
4.4 RESULTADOS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO	175
4.4.1 CONCRETO 210 KG/CM ²	175
4.4.1.1 CONCRETO 210 KG/CM ² + 0% DE ADICIÓN PET	175
4.4.1.2 CONCRETO 210 KG/CM ² + 5% DE ADICIÓN PET	176
4.4.1.3 CONCRETO 210 KG/CM ² + 10% DE ADICIÓN PET	177

4.4.1.4 CONCRETO 210 KG/CM ² + 15% DE ADICIÓN PET	178
4.4.2 CONCRETO 280 KG/CM ²	179
4.4.2.1 CONCRETO 280 KG/CM ² + 0% DE ADICIÓN PET	179
4.4.2.2 CONCRETO 280 KG/CM ² + 5% DE ADICIÓN PET	180
4.4.2.3 CONCRETO 280 KG/CM ² + 10% DE ADICIÓN PET	181
4.4.2.4 CONCRETO 280 KG/CM ² + 15% DE ADICIÓN PET	182
4.4.3 CONCRETO 350 KG/CM ²	183
4.4.3.1 CONCRETO 350 KG/CM ² + 0% ADICIÓN DE PET	183
4.4.3.2 CONCRETO 350 KG/CM ² + 5% ADICIÓN DE PET	184
4.4.3.3 CONCRETO 350 KG/CM ² + 10% ADICIÓN DE PET	185
4.4.3.4 CONCRETO 350 KG/CM ² + 15% ADICIÓN DE PET	186
4.5 COMPARACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL VS MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO	187
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	190
5.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS.	190
5.1.1. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO (NTP 400.037).	190
5.1.2. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.037).	190
5.1.3. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185 / ASTM C-566.)	191
5.1.4. MATERIAL PASANTE LA MALLA N° 200 (NTP 400.018 / ASTM C-117)	191
5.1.5. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (NTP 400.022/ASTM C-127 Y C- 128).	191
5.1.6. PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (NTP 400.017 / ASTM C-29).	192
5.2. ENSAYOS DE CONCRETO FRESCO.	192
5.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	192
5.3.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA RESISTENCIA PATRÓN 210 KG/CM ² +ADITIVO CHEMA PLAST. Y 210 KG/CM ² +ADITIVO CHEMA PLAST + DIFERENTES ADICIONES DE % DE PET.	193
5.3.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE 280 KG/CM ² +ADITIVO CHEMA PLAST. Y 280 KG/CM ² +ADITIVO CHEMA PLAST + DIFERENTES ADICIONES DE % DE PET.	193
5.3.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN GEL CONCRETO GE 350 KG/CM ² +ADITIVO CHEMA PLAST. Y 350 KG/CM ² +ADITIVO CHEMA PLAST + DIFERENTES ADICIONES DE % DE PET.	194
5.4. MÓDULO DE ELASTICIDAD.	194

CONCLUSIONES	197
RECOMENDACIONES	198
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	199
ANEXOS	202
ANEXO 1 (PANEL FOTOGRÁFICO)	204

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Granulometría del Agregado Fino (NTP 400.037).....	40
Tabla 2. Requisitos granulométricos del Agregado Grueso (NTP 400.037).....	42
Tabla 3. Porcentaje de variación de los compuestos del cemento (Norma ASTM C150)	47
Tabla 4. Calor de hidratación para cada tipo de cemento Portland (NTP 334.064)	49
Tabla 5. Datos técnicos del Tereftalato de Polietileno.....	54
Tabla 6. Clasificación de aditivos	58
Tabla 7. Operacionalización de las variables	59
Tabla 8. Cantidad de testigos para cada resistencia.....	62
Tabla 9. Cantidad mínima de la muestra de Agregado Grueso.....	63
Tabla 10. Cantidad mínima de la muestra de Agregado Fino	64
Tabla 11. Tamaño de la muestra de Agregado	65
Tabla 12. Cantidad mínima de la muestra de ensayo	66
Tabla 13. Peso mínimo de la muestra de ensayo	70
Tabla 14. Diseños de mezcla para cada $f'c$ y % de PET adicionado.....	72
Tabla 15. Dimensiones de espécimen para cada rango de frecuencia.	82
Tabla 16. Granulometría del Agregado Fino	84
Tabla 17. Módulo de Fineza de Agregado Fino.....	85
Tabla 18. Granulometría del Agregado Grueso.....	85
<i>Tabla 19. Módulo de Fineza del Agregado Grueso.....</i>	<i>86</i>
Tabla 20. Módulo de Fineza del Agregado Grueso	87
Tabla 21. Contenido de Humedad del Agregado Fino	87
Tabla 22. Contenido de Humedad del Agregado Grueso.....	87
Tabla 23. Material que pasa la malla N°200 Agregado Fino	88
Tabla 24. Material que pasa la malla N°200 Agregado Grueso.....	88
Tabla 25. Peso específico y absorción del Agregado Fino.....	88
Tabla 26. Peso específico y absorción del Agregado Grueso	89
Tabla 27. Calibración de moldes	89
Tabla 28. Peso Unitario del Agregado Fino y Grueso	89
Tabla 29.	90
Tabla 30.	91
<i>Tabla 31.</i>	<i>91</i>

Tabla 32.	91
Tabla 33. Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto. ...	92
Tabla 34. Módulo de fineza de la combinación de agregados	93
Tabla 35.	93
Tabla 36.	94
Tabla 37.	94
Tabla 38.	94
Tabla 39.	95
Tabla 40.	95
Tabla 41.	95
Tabla 42.	95
Tabla 43.	96
Tabla 44.	96
Tabla 45.	96
Tabla 46.	97
Tabla 47.	97
Tabla 48.	98
Tabla 49.	99
Tabla 50.	99
Tabla 51.	100
Tabla 52.	100
Tabla 53.	100
Tabla 54.	100
Tabla 55.	101
Tabla 56.	101
Tabla 57.	101
Tabla 58.	102
Tabla 59.	102
Tabla 60.	102
Tabla 61. Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto. .	102
Tabla 62, Módulo de fineza de la combinación de agregados.....	103
Tabla 63.	104
Tabla 64.	105
Tabla 65.	105

Tabla 66.	105
Tabla 67.	105
Tabla 68.	106
Tabla 69.	106
Tabla 70.	106
Tabla 71.	107
Tabla 72.	107
Tabla 73.	107
Tabla 74.	108
Tabla 75.	108
Tabla 76.	109
Tabla 77.	109
Tabla 78.	110
Tabla 79.	110
Tabla 80.	111
Tabla 81.	111
Tabla 82.	112
Tabla 83.	112
Tabla 84.	113
Tabla 85.	113
Tabla 86. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-1E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET.....	114
Tabla 87. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-2E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET.....	115
Tabla 88. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-3E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET.....	116
Tabla 89. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-4E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET.....	118
Tabla 90. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-5E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET.....	119
Tabla 91. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-6E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET.....	121
Tabla 92. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-7E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	122

Tabla 93. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-8E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	123
Tabla 94. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-9E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	125
Tabla 95. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-10E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Adicionado PET.....	126
<i>Tabla 96. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-11E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Adicionado PET.....</i>	<i>127</i>
Tabla 97. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-12E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Adicionado PET.....	129
Tabla 98. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-1E $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET.....	131
Tabla 99. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-2E $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET.....	132
Tabla 100. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-3E $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET.....	134
Tabla 101. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-4E $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET.....	136
Tabla 102. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-5E $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET.....	137
Tabla 103. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-6E $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET.....	139
Tabla 104. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-7E $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	140
Tabla 105. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-8E $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	142
Tabla 106. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-9E $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	143
Tabla 107. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-10E $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	145
Tabla 108. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-11E $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	147
Tabla 109. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-12E $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	149

Tabla 110. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-1E $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET.....	150
Tabla 111. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-2E $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET.....	152
Tabla 112. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-3E $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET.....	154
Tabla 113. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-4E $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET.....	155
Tabla 114. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-5E $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET.....	157
Tabla 115. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-6E $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET.....	159
Tabla 116. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-7E $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	160
Tabla 117. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-8E $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	162
Tabla 118. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-9E $f'c= 350\text{kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	164
Tabla 119. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-10E $f'c= 350\text{kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	165
Tabla 120. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-11E $f'c= 350\text{kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	167
Tabla 121. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-12E $f'c= 350\text{kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	169
Tabla 122. Módulo de Elasticidad Estático Teórico para un Concreto de 210 kg/cm^2	170
Tabla 123. Módulo de Elasticidad Estático Teórico para un Concreto de 280 kg/cm^2	172
Tabla 124. Módulo de Elasticidad Estático Teórico para un Concreto de 350 kg/cm^2	173
Tabla 125. Comparación del Módulo de Elasticidad Estático Experimental y Teórico para un concreto de 210 kg/cm^2 al 0%,5%,10%,15 de adición del PET	174
Tabla 126. Comparación del Módulo de Elasticidad Estático Experimental y Teórico para un concreto de 280 kg/cm^2 al 0%,5%,10%,15 de adición del PET	174

Tabla 127. Comparación del Módulo de Elasticidad Estático Experimental y Teórico para un concreto de 350 kg/cm ² al 0%,5%,10%,15 de adición del PET	175
Tabla 128. Espécimen #210-1D f'c= 210 kg/cm ² +0% de Adición PET	175
Tabla 129. Espécimen #210-2D; f'c= 210 kg/cm ² +0% de Adición PET	175
Tabla 130. Espécimen #210-3D ; f'c= 210 kg/cm ² +0% de Adición PET	176
Tabla 131. Espécimen #210-4D; f'c= 210 kg/cm ² +5% de Adición PET	176
Tabla 132. Espécimen #210-5D; f'c= 210 kg/cm ² +5% de Adición PET	176
Tabla 133. Espécimen #210-6D; f'c= 210 kg/cm ² +5% de Adición PET	177
Tabla 134. Espécimen #210-7D; f'c= 210 kg/cm ² +10% de Adición PET	177
Tabla 135. Espécimen #210-8D; f'c= 210 kg/cm ² +10% de Adición PET	177
Tabla 136. Espécimen #210-9D; f'c= 210 kg/cm ² +10% de Adición PET	178
Tabla 137. Espécimen #210-10D; f'c= 210 kg/cm ² +15% de Adición PET	178
Tabla 138. Espécimen #210-11D; f'c= 210 kg/cm ² +15% de Adición PET	178
Tabla 139. Espécimen #210-12D; f'c= 210 kg/cm ² +15% de Adición PET	179
Tabla 140. Espécimen #280-1D; f'c= 280 kg/cm ² +0% de Adición PET	179
Tabla 141. Espécimen #280-2D; f'c= 280 kg/cm ² +0% de Adición PET	179
Tabla 142. Espécimen #280-3D; f'c= 280 kg/cm ² +0% de Adición PET	180
Tabla 143. Espécimen #280-4D; f'c= 280 kg/cm ² +5% de Adición PET	180
Tabla 144. Espécimen #280-5D; f'c= 280 kg/cm ² +5% de Adición PET	180
Tabla 145. Espécimen #280-6D; f'c= 280 kg/cm ² +5% de Adición PET	181
Tabla 146. Espécimen #280-7D; f'c= 280 kg/cm ² +10% de Adición PET	181
Tabla 147. Espécimen #280-8D; f'c= 280 kg/cm ² +10% de Adición PET	181
Tabla 148. Espécimen #280-9D; f'c= 280 kg/cm ² +10% de Adición PET	182
Tabla 149. Espécimen #280-10D; f'c= 280 kg/cm ² +15% de Adición PET	182
Tabla 150. Espécimen #280-11D ; f'c= 280 kg/cm ² +15% de Adición PET	182
Tabla 151. Espécimen #280-12D; f'c= 280 kg/cm ² +15% de Adición PET	183
Tabla 152. Espécimen #350-1D; f'c= 350 kg/cm ² +0% de Adición PET	183
Tabla 153. Espécimen #350-2D; f'c= 350 kg/cm ² +0% de Adición PET	183
Tabla 154. Espécimen #350-3D; f'c= 350 kg/cm ² +0% de Adición PET	184
Tabla 155. Espécimen #350-4D; f'c= 350 kg/cm ² +5% de Adición PET	184
Tabla 156. Espécimen #350-5D; f'c= 350 kg/cm ² +5% de Adición PET	184
Tabla 157. Espécimen #350-6D; f'c= 350 kg/cm ² +5% de Adición PET	185
Tabla 158. Espécimen #350-7D; f'c= 350 kg/cm ² +10% de Adición PET	185
Tabla 159. Espécimen #350-8D; f'c= 350 kg/cm ² 10% de Adición PET	185

Tabla 160. Espécimen #350-9D; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ +10% de Adición PET.....	186
Tabla 161. Espécimen #350-10D; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ +15% de Adición PET.....	186
Tabla 162. Espécimen #350-11D; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ +15% de Adición PET.....	186
Tabla 163. Espécimen #350-12D; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ +15% de Adición PET.....	187
Tabla 164. Resumen M.E.E vs M.E.D Concreto 210 Kg/cm^2 a diferentes % de Adición PET.....	187
Tabla 165. Resumen M.E.E vs M.E.D Concreto 280 Kg/cm^2 a diferentes % de Adición PET.....	188
Tabla 166. Resumen M.E.E vs M.E.D Concreto 350 Kg/cm^2 a diferentes % de Adición PET.....	189

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Equipo de resonancia V-E-400 Emodumeter.	37
Imagen 2. Proceso de fabricación del cemento.....	45
Imagen 3. Elaboración de las diferentes mezclas de concreto.....	73
Imagen 4. Medición y Verificación del Slump.....	74
Imagen 5. Curado del Concreto en una posa de Curado	75
Imagen 6. Resistencia a la compresión del concreto	76
Imagen 7. Diagrama de desplazamiento.....	78
Imagen 8. Análisis del Módulo Estático experimental con: sistema de análisis + diales de deformación.	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva Típica Esfuerzo – Deformación.....	34
Figura 2. Módulos de Elasticidad Curva Esfuerzo – Deformación.....	35
Figura 3. Curva Granulométrica del Agregado Fino	85
Figura 4. Curva Granulométrica del Agregado Grueso	86
Figura 5. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-1E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET.....	115
Figura 6. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-2E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET.....	116
Figura 7. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-3E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET.....	117
Figura 8. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-4E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET.....	119
Figura 9. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-5E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET.....	120
Figura 10. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-6E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET.....	122
Figura 11. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-7E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	123
Figura 12. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-8E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	124
Figura 13. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-9E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	126
Figura 14. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-10E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Adicionado PET.....	127
Figura 15. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-11E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Adicionado PET.....	129
Figura 16. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-12E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Adicionado PET.....	130
Figura 17. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-1E $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET.....	132
Figura 18. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-2E $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET.....	134

Figura 19. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-3E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET.....	135
Figura 20. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-4E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET.....	137
Figura 21. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-5E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET.....	138
Figura 22. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-6E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET.....	140
Figura 23. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-7E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	141
Figura 24. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-8E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	143
Figura 25. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-9E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	145
Figura 26. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-10E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	147
Figura 27. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-11E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	148
Figura 28. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-12E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	150
Figura 29. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-1E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET.....	152
Figura 30. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 2E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$ de 7 días	153
Figura 31. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-3E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET.....	155
Figura 32. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-4E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET.....	157
Figura 33. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-5E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET.....	158
Figura 34. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-6E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET.....	160
Figura 35. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-7E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	162

Figura 36. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-8E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	163
Figura 37. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-9E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	165
Figura 38. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-10E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	167
Figura 39. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-11E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	169
Figura 40. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-12E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET.....	170
Figura 41. Resumen M.E.E vs M.E.D Concreto 210 Kg/cm^2 a diferentes % de Adición PET.....	188
Figura 42. Resumen M.E.E vs M.E.D Concreto 280 Kg/cm^2 a diferentes % de Adición PET.....	188
Figura 43. Resumen M.E.E vs M.E.D Concreto 350 Kg/cm^2 a diferentes % de Adición PET.....	189

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema de investigación

A lo largo de los años los materiales de construcción a nivel mundial han ido desarrollándose tecnológicamente en beneficio del hombre y la sociedad siempre en constante mejora, teniendo como interés enfocarse en uno de sus materiales como lo es el concreto, mezcla de aglomerantes de cemento, agregados y agua utilizado en gran escala para la construcción a nivel global; es por ello que se empezó a investigar e analizar sus propiedades físicas y mecánicas tales como durabilidad, la resistencia a compresión y la resistencia a la flexión, así también como su capacidad de deformación en sus diferentes aplicaciones mediante el módulo de elástica.

Durante la evolución de la humanidad se ha descubierto muchos materiales entre ellas la cerámica, metales y polímeros, estos son combinados entre dos o más materiales y se convierte en materiales compuestos. En el Perú en el rubro de la construcción existes materiales compuestos que se usan como: fibras de carbono, hormigón, cerámicas, etc. Sin embargo, en el Perú las empresas envasadoras producen botellas de bebidas a gran cantidad, según Ruiz (2014) afirma: “que el problema es mayor si se toma en cuenta que en el Perú está prohibido que los desechos reciclados de combinaciones de estas botellas elaborados con PET sirvan como insumo para elaborar envases nuevos”, frase anunciada en la reunión de la COP20. Esta prohibición trae la acumulación de cantidades de botellas de PET sin tener en cuenta alternativas para su uso como materiales reciclables.

Se han realizado investigaciones previas en los que se analizan las propiedades mecánicas de concretos elaborados con PET sin embargo se reducen considerablemente la resistencia a la compresión del mismo a medida que el porcentaje de plástico PET aumenta por lo que el motivo de esta investigación es investigar la influencia de la adición de un aditivo plastificante a la mezcla con el fin de conservar la resistencia a la compresión de diseño.

En La Libertad los materiales de construcción tales como el concreto ciclópeo, concreto armado, concreto reforzado, concreto postensado, entre

otros; vienen siendo adicionados con diferentes elementos que son distribuidos por empresas nacionales e internacionales los cuales mejoran sus características, propiedades físicas y mecánicas dando así la necesidad de realizar evaluaciones mediante ensayos confiables destructivos y no destructivos para determinar el módulo de Elasticidad entre otros.

En Trujillo la evaluación del módulo de elasticidad del concreto se viene estudiando por métodos convencionales destructivos tales como el uso del compresómetro y la prensa hidráulica, por lo cual la presente investigación pretende dar una comparativa de resultados mediante el uso de un equipo alternativo conocido como lo es el “Equipo de Resonancia” el cual ha sido adquirido por una de las universidades del norte del Perú. Es así que buscamos reducir el coste en la determinación del módulo de elasticidad con un método no destructivo el cual a través de nuestra investigación deberá ser igual o de mayor confiabilidad que los métodos convencionales.

Lo que nos lleva a formular el siguiente problema de investigación:

¿En qué medida influye el PET adicionado en el módulo de elasticidad de concretos de 210 kg/cm², 280 kg/cm² y 350 kg/cm² con respecto a un concreto tradicional?

1.2 Objetivo de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Determinar en qué medida influye el PET adicionado en el módulo de elasticidad de concretos de 210 kg/cm², 280 kg/cm² y 350 kg/cm² con respecto a un concreto tradicional.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar las características de los agregados (A. Fino y A. Grueso) mediante la Norma Técnica Peruana NTP 400.012.
- Realizar el correcto diseño de mezcla incluyendo el aditivo super plastificante Sika siguiendo las normas que dicta el Instituto Americano del Concreto ACI.

- Elaboración de testigos de concreto basándonos en el método ACI 211.
- Determinar el esfuerzo a la compresión del concreto tradicional y el concreto adicionado con PET en diferentes porcentajes siguiendo la normativa ASTM C78.
- Determinar el valor de módulo de elasticidad estático para el concreto tradicional y el concreto adicionado con PET, teniendo en cuenta la norma ASTM C39.
- Determinar el valor de módulo de elasticidad dinámico para el concreto tradicional y el concreto adicionado con PET, teniendo en cuenta las normas ASTM C215, ASTM C-600 y ASTM C469 con ensayos no destructivos.
- Elaborar los gráficos comparativos a partir de los resultados obtenidos mediante el equipo de resonancia y compresómetro.

1.3 Justificación del estudio

El módulo de elasticidad es un parámetro fundamental para la realización de análisis estructurales pues indica la deformación de los materiales a causa de las fuerzas que actúan sobre ellas. A mayor capacidad de deformación de los materiales, la seguridad de las personas cercanas o habitantes de las estructuras construidas con estos materiales estará menos expuesta ante eventuales sismos o movimientos telúricos.

Por otro lado, esta investigación es de suma importancia pues el plástico PET es uno de los materiales reciclables más abundantes en nuestro planeta, según Ruiz & Mansilla (2009) en una Revista señala: "Las botellas de PET (tereftalato de polietileno) pueden ser recuperadas y recicladas, a fin de obtener nuevos productos. Dado que, los envases de bebidas gaseosas son elaboradas mayoritariamente de PET ", estos PET son desechados a las calles por los usuarios sin conocer la importancia de su valor; se puede obtener otros productos compuestos. Los más interesados en proyectos como estos son las familias recicladoras quienes ven sus ingresos reducidos por la falta de mercado para el PET reciclado. Por lo

que se facilitará información y alternativas solución para este problema con evaluaciones de mezclas elaboradas con concreto, PET y aditivo plastificante para empresas concretaras para uso en la construcción.

Es menester que con el aporte técnico podamos crear políticas municipales e incentivar el recojo de basuras por su clasificación orgánica, residuos sólidos, plásticos, vidrios, etc. Dando un valor agregado a la importancia de reciclar.

Por último, esta investigación se justifica en la recomendación del investigador Miller Morales Carhuayano quien, en su trabajo de investigación para obtener el título profesional de ingeniero, "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO INCORPORANDO PET RECICLADO", recomienda ampliar el estudio a otras características importantes, como el módulo de elasticidad, conductividad térmica, índice de porosidad, de manera que se determine usos adicionales del concreto.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Antecedentes del estudio

Se realizaron investigaciones previas para poder realizar este proyecto de tesis tomando como antecedentes otras tesis e investigaciones del ámbito local, nacional e internacional.

Frías y Alberto (2019), en su investigación de título “ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD MEDIANTE EL COMPRESÓMETRO Y EL EQUIPO DE RESONANCIA, PARA CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA F'C 420 KG/CM² USANDO CEMENTO INKA TIPO ICO ADICIONADO CON MICROFILLER CALIZO” realizada para la Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo-Perú, presenta como objetivo principal, determinar la variación del módulo de elasticidad del concreto de alta resistencia F´c 420 kg/cm² usando cemento Inka Tipo ICo adicionado con microfiller calizo. Se obtuvieron los siguientes resultados:

- Granulometría: Los valores determinados cumplen con los parámetros permisibles en módulo de finura y en granulometría, dando por entendido que los ensayos realizados cumplen con la Norma Técnica Peruana (NTP), siendo posible realizar los ensayos de dosificación y así poder determinar los módulos de elasticidad.
- Dosificación: Asumiendo que usamos materiales calificados, el manejo de la dosificación indica que el mayor agregado de aditivo en porcentaje (3%, 5%), disminuye la relación cemento / agua, por ende, disminuye la cantidad de cemento y agua, eh incrementa los agregados a medida que se agrega el aditivo, para generar concreto de alta resistencia.
- La resistencia a compresión en el patrón nos da un estimado de una variación aproximada de 10% más de lo que no da en el diseño.
- El cemento INKA TIPO ICo. Demuestra cumplir con su propiedad de diseño para concreto de alta resistencia.
- Las probetas que se realizaron con el aditivo SIKA CEM Plastificante, aumentaron en un rango de 20% a 40% su resistencia, por lo cual podemos hacer una reducción en la cantidad de cemento a emplear en los diseños de mezcla para la resistencia F´c=420 kg/cm².

- La norma E-060 indica que el rango elástico para ensayo estático debe estar entre el 40% de la resistencia obtenida en ruptura de probetas, con lo cual también nos indica que el rango elástico está entre el 0.000050.
- Al evaluar los resultados promedios entre el módulo de elasticidad estático vs módulo de elasticidad dinámico, damos como resultado que el porcentaje de diferencia varía entre (0% - 10%), teniendo como resultado máximo en módulo de elasticidad dinámico 38.6 (GPa) a los 28 días, y como resultado máximo en módulo de elasticidad estático 34.6(GPa) a los 28 días, además que los porcentajes de error en compresómetro (0% - 5%) y equipo de resonancia (5% - 10%).

Morales (2016), en su investigación de título “ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO INCORPORANDO PET RECICLADO” realizada para la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú, presenta como objetivo principal, determinar la variación de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, sustituyendo parcialmente el agregado grueso por PET (Tereftalato de Polietileno) reciclado. Los principales resultados obtenidos fueron:

- Para el concreto en estado fresco, el peso unitario del concreto con PET disminuye su valor a mayor reemplazo de PET, así mismo, se obtuvo un concreto ligero para la muestra con 15% de PET.
- Para el concreto endurecido, los valores de las resistencias mecánicas a compresión axial, a compresión diametral y a flexión en vigas, disminuyen conforme mayor PET reciclado presentan las muestras.

El CONICET (2015) Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE, CONICET-AVE) - Argentina afirma que “usamos PET procedente de envases descartables de bebidas y cemento portland como ligante, más un aditivo químico que mejora la adherencia de las partículas plásticas al cemento”. Esta institución desarrolló con un grupo de colaboradores las etapas para el uso de plásticos reciclados en la elaboración de materiales para uso constructivos.

El centro de investigaciones del estado peruano no existe una investigación de estudio sobre estos materiales compuestos, lo cual dificulta que las empresas

nacionales concreteras produzcan estas mezclas con PET, incluso no se sabe las ventajas las propiedades mecánicas, económicas y usos que le podemos dar al concreto con PET como material compuesto utilizados en la construcción.

El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) planteo que uso el PET de granos triturados y cemento portland como ligante además un aditivo químico que mejora la adherencia de las partículas mejorando el peso del ladrillo a 1.4 kg, son cinco veces más aislantes térmicos que los convencionales e indican los ladrillos de PET y cemento tienen buena resistencia al fuego y los ensayos indica de clase RE.

Aguirre (2014), en su investigación de título "IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS DE ENSAYOS PARA MODULO DE ELASTICIDAD, CONTRACCIÓN Y FLUENCIA EN EL CONCRETO" realizada para la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú, presenta como objetivo principal, estimar la deformación que sufre el concreto. sometido a carga constante, para lo cual se implementó métodos de ensayo para la fluencia, contracción y módulo de elasticidad. Las conclusiones obtenidas fueron:

- Los ciclos de carga del marco se realizaron comprimiendo al 10%, 15% y 20% de la resistencia a la compresión en edades de ensayo requerido (36 horas, 28 días y 60 días); lo cual se desarrolló con la finalidad de verificar las deformaciones en cada punto de contacto, ya que si se incrementa la carga también incrementa la deformación en cada probeta.
- Los ciclos de carga del marco se realizaron comprimiendo al 10%, 15% y 20% de la resistencia a la compresión en edades de ensayo requerido (36 horas, 28 días y 60 días); lo cual se desarrolló con la finalidad de verificar las deformaciones en cada punto de contacto, ya que si se incrementa la carga también incrementa la deformación en cada probeta.

Bruno (2014), en su investigación de título "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE" realizada para la Universidad Nacional del Santa, Chimbote-Perú, presenta como objetivo principal, determinar la variación del módulo de elasticidad estático a

compresión del concreto según la Norma ASTM C-469, respecto a la Norma ACI 318-11,8.5.1, en la Concretera DINO-CHIMBOTE. Los principales resultados obtenidos fueron:

- El Módulo de Elasticidad del Concreto en la Planta de DINO, presentó una variación promedio del +5.77% respecto a la fórmula del ACI 318- 11, 8.5.1 y +19.85% con respecto a la Fórmula del Reglamento Nacional de Edificaciones, E-060, Concreto Armado, ítem 8.5.1, por lo tanto, la hipótesis es aceptada.
- Se obtuvo un factor de corrección a la Fórmula del ACI 318-11, 8.5.1 de "k1" = 1.0577 y de "k2" = 1.1985 a la Fórmula del Reglamento Nacional de Edificaciones, E-060, Concreto Armado, ítem 8.5.1.
- En base a los análisis efectuados se proponen las siguientes ecuaciones para la determinación del módulo de elasticidad del concreto para la Ciudad de Chimbote:

$$E_{cr} = 0.15(\gamma)^{1.5}\sqrt{f'c} \text{ kg/cm}^2 \text{ ACI 318-11, 8.5.1}$$

$$E_{cr} = 18,000\sqrt{f'c} \text{ kg/cm}^2 \text{ RNE,E-060, 8.5.1}$$

- Se obtuvo un valor promedio del peso unitario del concreto de 2450 kg/m³ en la Planta Concretera de DINO-CHIMBOTE.
- Se obtuvo un valor promedio del módulo de elasticidad del concreto de 260,217.4 kg/cm² en la Planta Concretera de DINO-CHIMBOTE.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Elasticidad

En general, es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. El concreto no es un material elástico estrictamente hablando, ya que no posee un comportamiento lineal visible en su diagrama carga vs deformación durante la compresión; sin embargo, convencionalmente se acostumbra definir un módulo de elasticidad estático del concreto mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama, o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido normalmente en un porcentaje de la tensión última.

2.2.2 Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad longitudinal o módulo de Young es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza. Este modelo puede ser utilizado para lograr pronosticar el estiramiento o la compresión de un objeto determinado, siempre y cuando la fuerza no sobrepase el límite elástico del material. Fue Thomas Young quien en el siglo XIX observó y estudió este comportamiento, sin embargo, fue Leonhard Euler en 1727 quien desarrolló el concepto como tal. Veinticinco años después del trabajo de Young, en 1782, Giordano Riccati realizó los primeros experimentos que utilizaron el concepto de módulo de Young en su forma actual. El término proviene del término latino “modus” que significa “medida”.

Cuando hablamos del módulo de Young es importante saber qué es la elasticidad. Definimos elasticidad como la propiedad que tienen los materiales sólidos para lograr volver a su forma y tamaño originales luego de que se hayan eliminado las fuerzas que causaban una deformación en ellos.

El módulo de Young, representado por la letra E (esfuerzo/deformación), se define como la relación que se da entre la tensión que es aplicada al material a lo largo del eje longitudinal de la muestra probada y la deformación medida en ese mismo eje.

El concreto no es un material elástico, pero el concreto endurecido completamente y cargado en forma moderada tiene una curva de esfuerzo de compresión-deformación que, en esencia, es una recta dentro del rango de los esfuerzos usuales de trabajo.

El módulo de elasticidad de un material indica la relación que existe entre el esfuerzo al que está sometido un material y su deformación unitaria. Representa la rigidez del material ante una carga impuesta sobre el mismo. (Casas, 2015).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:

σ = esfuerzo normal

ε = deformación normal.

2.2.3 Importancia del estudio del módulo de elasticidad del concreto

El módulo de Young es de suma importancia para poder determinar la resistencia a la tracción, compresión y otros esfuerzos mecánicos en un material determinado.

Específicamente sobre el concreto, el módulo de elasticidad es de gran importancia, pues refleja la capacidad del concreto para deformarse elásticamente. Por ejemplo, en las estructuras de concreto pretensado, el encogimiento elástico es uno de los principales factores que contribuyen a la pérdida de fuerza de pretensado. También, la pérdida de pretensado debido a la contracción elástica podría disminuir la resistencia de una estructura de concreto, e incluso llevarla al colapso. Además, para emplear al máximo el potencial de resistencia a la compresión, las estructuras que utilizan concreto de alta resistencia tienen la tendencia a ser más delgadas y requerir un módulo elástico más alto a fin de mantener su rigidez. Por tanto, el conocimiento del módulo de elasticidad de concretos de alta resistencia lograría diseños más eficientes, reduciendo así costos.

2.2.4 Métodos para determinar el módulo de elasticidad

Existen distintos y variados métodos de ensayo para determinar el módulo de elasticidad de un material. Siendo los más conocidos y utilizados el ASTM C39 (Método de ensayo normalizado para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto) y el ASTM C-469 (Método para determinar el módulo de elasticidad estático y la relación de Poisson del concreto a compresión).

No se conoce un método normalizado para obtener estos datos en tracción, sin embargo, se pueden utilizar los ensayos de flexión en vigas, ASTM C-78 (Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto utilizando viga simple con carga en los tercios del claro).

El límite elástico proporcional según ASTM E-6 es el mayor esfuerzo que un material es capaz de sostener sin desviarse de la ley de proporcionalidad esfuerzo-deformación (Ley de Hooke).

El límite elástico es el mayor esfuerzo que un material es capaz de sostener, sin que ocurra una deformación permanente al relevar completamente el esfuerzo. (Pineda, 2009).

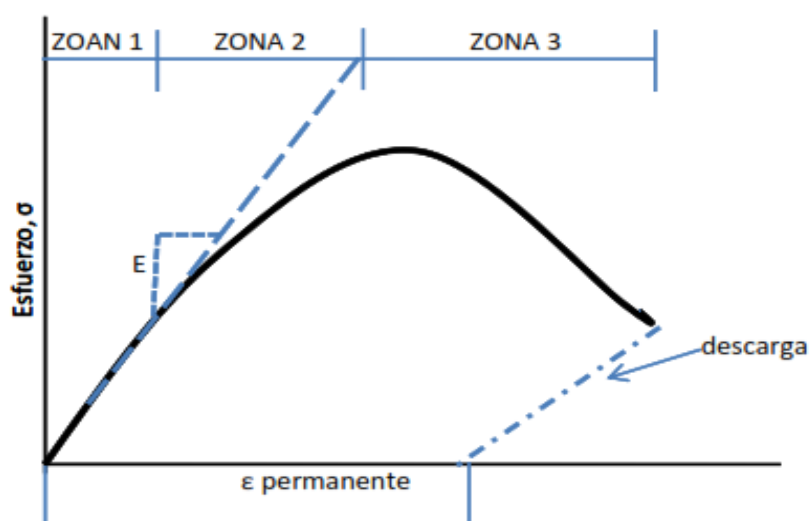


Figura 1. Curva Típica Esfuerzo – Deformación
Fuente: "Materiales para Ingeniería Civil", Mamlouk Z.

- En la zona 1, la relación σ / ε es relativamente lineal, lo que ocurre en niveles bajo el 50% del esfuerzo máximo y a deformaciones del orden de 1000 millonésimas ($\mu\epsilon$).
- En la zona 2, la relación σ / ε , ya no es lineal, debido al desarrollo de grietas en la pasta.
- En la zona 3, la curva cae después de alcanzar el máximo esfuerzo y los esfuerzos bajan rápidamente debido a la abertura progresiva de las micro grietas, en la pasta entre los agregados.

Dado que el concreto no tiene un límite proporcional, ni un límite elástico bien definidos se han propuesto varias formas de estimar el módulo de elasticidad como se indica en la Figura 2.

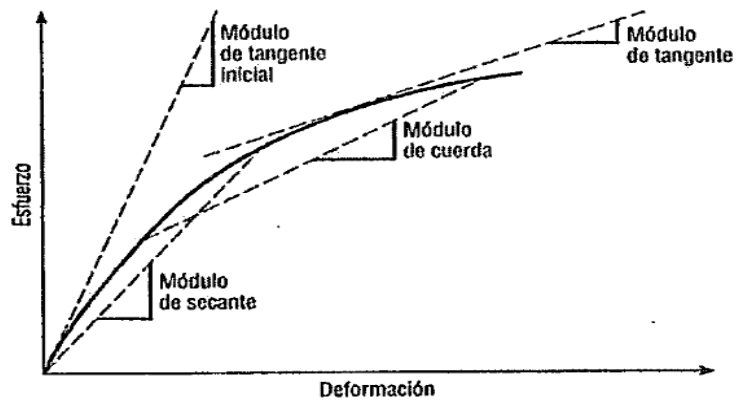


Figura 2. Módulos de Elasticidad Curva Esfuerzo – Deformación
Fuente: Materiales para Ingeniería Civil de Mamlouk Z.

El módulo tangente, es dado por la línea tangente a la curva trazada en cualquier punto de la curva. Generalmente se define el módulo tangente al origen y el módulo tangente al punto seleccionado dentro de la zona de esfuerzos de trabajo previstos.

El módulo secante, es dado por la pendiente de la línea trazada desde el origen a un punto de la curva, (del 40% al 50% del esfuerzo máximo). El método más usado, ASTM C-469 (método cuerda), estipula una cuerda entre dos puntos de la curva esfuerzo-deformación: El más bajo corresponde a una deformación unitaria de 50 millonésimas ($\mu\epsilon$) y el punto más alto corresponde a un esfuerzo igual al 40% del máximo esfuerzo del concreto que se está ensayando. (Casas Tuanama, 2015, pág. 9)

2.2.5 Método dinámico para la medida del módulo de elasticidad. (Ensayo de resonancia con equipo V-E-400 Endumeter)

El método de medida, consiste en someter a una probeta del material objeto de estudio, siendo en este caso: el concreto, a una vibración elástica y en determinar la frecuencia de resonancia de la misma, que es la que corresponde a la amplitud máxima de vibración.

Cuando se somete una probeta a una excitación de magnitud suficiente, en forma de pequeños impulsos sucesivos, adecuadamente espaciados, la probeta entra en vibración con una amplitud que varía con la

frecuencia aplicada; la frecuencia particular que corresponde a la amplitud máxima de vibración se denomina frecuencia de resonancia.

La frecuencia de resonancia -que se expresa en Hz- es característica del material, y su valor depende de las propiedades elásticas del mismo, pero también del tamaño, forma (esbeltez) y grado de humedad de la probeta ensayada, así como del modo de vibración aplicado a la misma (ya se trate de vibraciones longitudinales, de flexión o de torsión). Por esta razón, el resultado de la medida del módulo de elasticidad dinámico de un material deberá ir acompañado por las características de la probeta utilizada en la medida.

El Emodometer ® realiza una transformada rápida de Fourier que permite la identificación de la frecuencia de resonancia en el espectro de frecuencia.

El probador de frecuencia de resonancia se puede utilizar en el laboratorio con fines de investigación o en el campo para evaluar el control de calidad y la evolución de la rigidez del concreto o el daño inducido por la congelación y descongelación del concreto. Es un método no destructivo para determinar las frecuencias resonantes transversales, torsionales, flexurales o longitudinales de una variedad de materiales. La especificación cumple con la norma ASTM C-215, ASTM C-666, BS 1991 y JISA 1127 para analizar muestras de concreto mediante el método de frecuencia resonante. También cumple con las normas para medir el módulo de elasticidad de rocas y otros materiales.

El instrumento consta de Probador de frecuencia resonante, un banco de pruebas para mediciones de resonancia longitudinal, flexural y torsional para tomar muestras de hasta 28 "x 6" x 6 ", se utiliza un acelerómetro en miniatura como receptor y un juego de 6 bolas de acero endurecido. se utilizan para generar las vibraciones en la muestra por un impacto mecánico. Para obtener la frecuencia de resonancia de la muestra, la señal recibida se analiza en el dominio del tiempo y el espectro de frecuencias se muestra en la pantalla del instrumento.

El sistema Emodumeters viene con 6 tamaños diferentes de bolas (de acero): 6 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm, 14 mm y 16 mm. La frecuencia máxima que puede generar cada tamaño se puede encontrar en la tabla a continuación.

Diámetro de la bola de acero frecuencia de resonancia máxima posible
6 mm 48.5 kHz frecuencia máx.

8 mm -36,4 kHz máx. Frecuencia.

10 mm 29,1 kHz máx. Frecuencia.

12 mm 24,3 kHz máx. Frecuencia.

14 mm 20,8 kHz máx. Frecuencia.

16 mm 18,2 kHz máx. Frecuencia.

(Nota: todos los impactadores vendidos y fabricados en Jameese Instruments, Inc. son de acero.)



Imagen 1. Equipo de resonancia V-E-400 Emodumeter.
Fuente propia

2.2.6 Variables que intervienen en el módulo de elasticidad del concreto

Existen múltiples variables de las que depende el módulo de elasticidad del concreto, siendo las que más intervienen las siguientes:

- El módulo de Young de la pasta de cemento (matriz). La relación agua/cemento de la pasta de cemento está relacionada con la porosidad de la misma. A mayor relación a/c, mayor el nivel de porosidad de la pasta., lo que a su vez reduce el módulo de elasticidad (E_c). Por tal razón, existe una dependencia entre el módulo de elasticidad del concreto y su resistencia a la compresión (f'_c).

- El módulo de elasticidad de los agregados. Los agregados de peso normal tienen un módulo de elasticidad que varía entre 1.5 a 5 veces el módulo de elasticidad de la pasta. Por lo tanto, el tipo de agregado y su porcentaje en la mezcla de concreto influyen fuertemente en el valor de E_c . (Castillo & Peralta, 2014)
- El Instituto Americano del Concreto (ACI) permite estimar el valor del módulo de elasticidad para concretos de peso específico entre 1500 y 2500 kg/cm³ utilizando la siguiente ecuación:

$$E = 0.14(\gamma)^{1.5}\sqrt{f'c} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

γ = peso específico del concreto en kg/m³.

- Los estudios que condujeron a la expresión para el módulo de elasticidad del concreto en 8.5.1 se resumen en la Referencia 8.5 en donde E_c se define como la pendiente de la secante trazada desde un esfuerzo nulo hasta un esfuerzo de compresión de 0.45 $f'c$. El módulo de elasticidad del concreto es sensible al módulo de elasticidad del agregado y puede diferir del valor especificado. Los valores medidos varían típicamente de 120% a 80% del valor especificado. (ACI-318-11, 2005, pág. 109)
- El Instituto Americano del Concreto (ACI) y la Norma Peruana permiten estimar el valor del módulo de elasticidad para concretos de peso normal (2300 kg/cm³) utilizando la siguiente ecuación:

$$E = 15,000\sqrt{f'c} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Ya que estas ecuaciones ignoran el tipo de agregado utilizado, su dispersión es amplia, los valores medidos en ensayos varían entre 0.8 y 1.2 del predicho por las ecuaciones.

Cuando sea necesario una mejor estimación del módulo de elasticidad para cargas de corta duración, por ejemplo, para el caso en que las deflexiones o vibraciones sean determinantes en el diseño, se recomienda obtener mediante ensayos el módulo de elasticidad del concreto a utilizarse. (Castillo & Peralta, 2014, pág. 100).

2.2.7 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (Psi).

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión, se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada ($f'c$) para una estructura determinada.

La resistencia a la compresión se determina a partir de ensayos de laboratorio en probetas estándar cargadas axialmente. Este ensayo se utiliza para monitorear la resistencia del concreto tanto para el control de la calidad como para la aceptación del concreto fabricado. La confección de las probetas y el ensayo están regulados por las Normas ASTM y ACI, y en ellas se especifica el proceso de confección de las probetas.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Agregados

Llamados también áridos, los cuales constituyen entre el 60% al 75% del volumen total de cualquier mezcla típica de concreto. Se definen como un conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la Norma Técnica Peruana 400.011 o la norma ASTM C 33. Dependiendo de sus características y dimensiones la Norma Técnica Peruana los clasifica en: agregado fino y agregado grueso.

2.3.2 Agregado fino

La norma NTP 400.011 o la norma ASTM C 33, define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9.51 mm (3/8") y queda retenido en el tamiz 0.074 mm (Nº200).

Según la norma NTP 400.011 o la norma ASTM C 33, el agregado fino deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- Puede estar constituido de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente.
- Deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.
- El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.

En general, es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los límites de la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C 33, según la Tabla 1.

Tabla 1. *Granulometría del Agregado Fino (NTP 400.037)*

TAMIZ	PORCENTAJE DE PESO (MASA) QUE PASA			
	LÍMITES TOTALES	C*	M	F
9.50 mm 3/8"	100	100	100	100
4.75 mm N°4	95-100	95-100	89-100	89-100
2.36 mm N°8	80-100	80-100	65-100	80-100
1.18 mm N°16	50-85	50-85	45-100	70-100
0.60 mm N°30	25-60	25-60	25-80	55-100
0.30 mm N°50	10-30	10-30	5-48	5-70
0.15 mm N°100	2-10	2-10	0-12*	0-12

* Incrementar a 5% para agregado fino triturado, excepto cuando se use para pavimentos

El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro del límite de ± 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto, siendo recomendable que el valor asumido esté entre 2.30 y 3.10.

El agregado fino no deberá indicar presencia de materia orgánica cuando ella es determinada de acuerdo a los requisitos de la norma NTP 400.013 o la norma ASTM C40.

2.3.3 Agregado grueso

La norma NTP 400.011 o la norma ASTM C 33, define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm (N^o 4). El agregado grueso podrá consistir de grava o piedra partida de origen natural o artificial. El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial.

Según la norma NTP 400.011 o la norma ASTM C 33, el agregado grueso deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- Deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.
- Las partículas deberán ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.
- La granulometría seleccionada deberá ser de preferencia continua.
- La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.
- La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de ¼".
- Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño nominal máximo del agregado grueso sea el mayor que pueda ser económicamente disponible, siempre que él sea compatible con las dimensiones y características de la estructura. Se considera que, en 18 ningún caso el tamaño nominal máximo del agregado no deberá ser mayor de:
 - Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados.
 - Un tercio del peralte de las losas.
- El agregado grueso empleado en concreto para pavimentos, en estructuras sometidas a procesos de erosión, abrasión o cavitación,

no deberá tener una pérdida mayor del 50% en el ensayo de abrasión realizado de acuerdo a la norma NTP 400.019 y norma NTP 400.020, o la norma ASTM C 131.

- El lavado de las partículas de agregado grueso se deberá hacer con agua preferentemente potable. De no ser así, el agua empleada deberá estar libre de sales, materia orgánica, o sólidos en suspensión.
- Volviendo a la granulometría, en general el agregado grueso debe estar gradado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C 33., tal como se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. *Requisitos granulométricos del Agregado Grueso (NTP 400.037)*

Nº A.S.T.M.	TAMAÑO NOMINAL	% QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		100	90	75	63	50	37.5	25	19	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18
		mm 4"	mm 3.5"	mm 3"	mm 2.5"	mm 2"	mm 1.5"	mm 1"	mm 3/4"	mm 1/2"	mm 3/8"	mm Nº4	mm Nº8	mm Nº16
1	90 a 37.5 mm		90		25		0		0					
	(3 1/2" a 1 1/2")	100	a		a		a		a					
			100		60		15		5					
2	63 a 37.5 mm				90	35	0		0					
	(2 1/2" a 1 1/2")			100	a	a	a		a					
					100	70	15		5					
3	50 a 25 mm					90	35	0		0				
	(2" a 1")				100	a	a	a		a				
						100	70	15		5				
357	50 a 25 mm					95		35		10		0		
	(2" a Nº4)				100	a		a		a		a		
						100		70		30		5		
4	37.5 a 19 mm						90	20	0		0			
	(1 1/2" a 3/4")					100	a	a	a		a			
							100	55	15		5			
467	37.5 a 4.75 mm						95		35		10	0		
	(1 1/2" a Nº4)					100	a		a		a	a		
							100		70		30	5		
5	25 a 12.5 mm							90	20	0	0			
	(1" a 1/2")						100	a	a	a	a			
								100	55	10	5			
56	25 a 9.5 mm							90	40	10	0	0		
	(1" a 3/8")						100	a	a	a	a	a		
								100	85	40	15	5		
57	25 a 4.75 mm							95		25		0	0	
	(1" a Nº4)						100	a		a		a	a	
								100		60		10	5	

6	19 a 9.5 mm (3/4" a 3/8")	100	90	20	0	0		
			a	a	a	a		
			10	55	15	5		
67	19 a 4.75 mm (3/4" a N°4)	100	90		20	0	0	
			a		a	a	a	
			100		55	10	5	
7	12.5 a 4.75 mm (1/2" a N°4)	100		90	40	0	0	
			a	a	a	a		
				100	70	15	5	
8	9.5 a 2.36 mm (3.8" a N°8)	100			85	10	0	0
			a	a	a	a		
				100	30	10	5	

2.3.4 Arena

La norma NTP 400.011 o la norma ASTM C 33, define a la arena como el agregado fino proveniente de la desintegración natural de las rocas. También se define la arena como el conjunto de partículas o granos de rocas, reducidas por fenómenos mecánicos, naturales acumulados por los ríos y corrientes acuíferas en estratos aluviales y médanos o que se forman in situ por descomposición; o el conjunto de piedras producidas por acción mecánica artificial, las primeras son las arenas naturales; y las segundas, las arenas artificiales.

Se clasifican según la "Comisión de Normalización" de la Sociedad de Ingenieros del Perú como sigue:

Arena Fina	:	0.05 mm	a	0.5 mm
Arena Media	:	0.5 mm	a	2.0 mm
Arena Gruesa	:	2.0 mm	a	5.0 mm

2.3.5 Grava

La norma NTP 400.011 o la norma ASTM C 33, define a la grava como el agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de materiales pétreos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural.

Piedra triturada o chancada. La norma NTP 400.011 o la norma ASTM C 33, define como el agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas.

Agregado global. La norma NTP 400.011 o la norma ASTM C 33, definen al agregado global como al material compuesto de grava y arena empleado en forma natural de extracción.

En lo que sea aplicable, se seguirá para el agregado global las recomendaciones correspondientes a los agregados fino y grueso:

- Deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica u otras sustancias dañinas para el concreto. Su granulometría deberá estar comprendida entre la malla de 2" como máximo y la malla N°100 como mínimo.
- Deberá ser manejado, transportado y almacenado de manera tal de garantizar la ausencia de contaminación con materiales que podrían reaccionar con el concreto.
- Deberá emplearse únicamente en la elaboración de concretos con resistencias en compresión, hasta de 100 kg/cm² a los 28 días. El contenido mínimo de cemento será 255 kg/m³.

2.3.6 Cemento

El cemento es una sustancia conglomerante que, mezclado con agregados pétreos (árido grueso o grava, más árido fino o arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica; la misma que fragua y se endurece al reaccionar con el agua, adquiriendo consistencia pétreo, denominado hormigón o concreto.

Su uso está muy generalizado en construcción e ingeniería civil, su principal función es la de aglutinante.

Definición de cemento. Rivva (2000, pág. 45), define como cemento a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables.

2.3.7 Cemento Portland (ASTM C150)

Según la NTP 334.009, se define como un aglomerante hidráulico producido mediante la pulverización del Clínter, compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio con una adición de yeso u otro material durante la molienda.

2.3.7.1 Proceso de fabricación del cemento

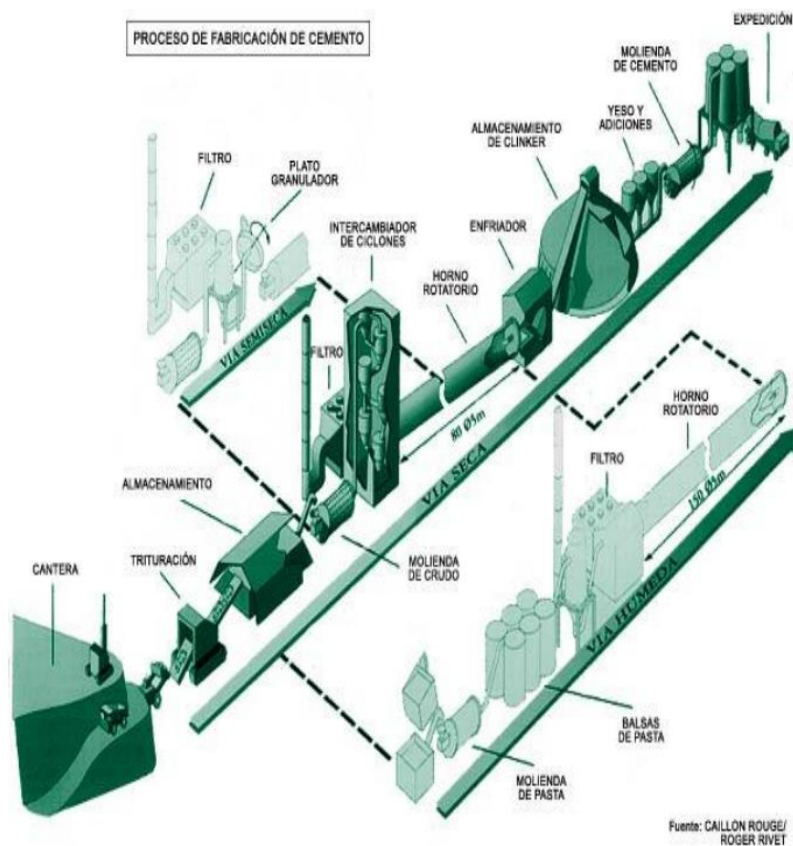


Imagen 2. Proceso de fabricación del cemento

- a) **Extracción de materia prima.** A partir de explosiones a cielo abierto (Canteras), se extrae la piedra caliza, materia prima del proceso, mediante micro detonaciones controladas. También se extraen arcillas de tierras de cultivo, sin necesidad de utilizar explosivos.
- b) **Trituración.** En la misma cantera, las rocas fragmentadas, que pueden llegar a medir un metro, se trituran en fases sucesivas para

obtener fragmentos de hasta un máximo de 50 mm, que serán transportados a los parques o almacenes de pre homogenización.

c) Prehomogenización y almacenamiento de materia prima.

Partiendo de las calidades y proporciones más o menos variables de la piedra, tiene como finalidad conseguir desde el inicio del proceso una composición mineralógica uniforme y óptima.

d) Molienda de crudo. La mezcla del material prehomogenizado se transporta con medios mecánicos a los molinos de crudo, de barras o bolas de acero. La molienda tiene la finalidad de conseguir la composición química adecuada según el tipo de Clínter a producir y la granulometría deseada, con el mínimo consumo energético. Al mismo tiempo que la molienda se realiza el secado del material, aprovechando y conduciendo los gases residuales del horno hacia los molinos.

e) Precalentamiento. Antes de entrar en el horno, la harina de crudo homogenizada pasa por el intercambiador de ciclones de precalcificación.

f) Clínterización. La harina de crudo pasa a los hornos rotatorios de calcificación, formado por grandes cilindros de acero recubiertos internamente de material refractario. El crudo sufre una serie de transformaciones físicas y químicas a medida que aumenta la temperatura.

- Secado, hasta los 150°C.
- Deshidratación de la arcilla, hasta los 500°C.
- Descarbonatación, entre 550°C y 1100°C.
- Clínterización, entre 1300°C 1500°C.

g) Enfriamiento. El Clínter pasa de 1450°C a 140°C aproximadamente mediante parrillas de refrigeración o tubos satélite adosados al final del 23 horno. Los gases liberados con el calor residual del horno se envían a los ciclones de precalcificación en un proceso continuo.

h) Almacenamiento de Clínter. El Clínter se almacena en grandes hangares o silos antes de llegar a la fase final del proceso de producción.

- i) **Yeso y adiciones.** Antes de efectuar la molienda del Clínter se dosifican cantidades variables de yeso (3-10%) para alargar el tiempo de fraguado del cemento, y de otras adiciones (filler calcáreo, cenizas, puzolanas, etc.), con lo que se obtiene diferentes calidades de cemento según los procesos de construcción a los que serán destinados.
- j) **Molienda del cemento.** Una vez dosificados el yeso y las adiciones, los materiales se muelen y homogenizan dentro de molinos de bolas de acero, con lo que se obtiene el producto final: Cemento Portland.
- k) **Expedición.** El proceso de distribución del cemento se realiza en sacos de papel krap extensible tipo Klupac, generalmente compuesto de 2 a 3 capas y con capacidad de 25 a 45 kg; o a granel, mediante camiones cisterna que suelen transportar entre 28 y 30 toneladas.

2.3.7.2 Compuestos principales del cemento Portland

Los óxidos principales (C= CaO, S= SiO₂, A= Al₂O₃, F= FeO₃) constituyen prácticamente más del 90% en peso del Clínter. De los cuatro óxidos principales la cal es de carácter básico y los otros tres de carácter ácido, de ellos la sílice y la cal son componentes activos, y la alúmina y el hierro actúan como fundentes. Podemos ver los porcentajes de variación de los compuestos en la Tabla 3.

Tabla 3. Porcentaje de variación de los compuestos del cemento (Norma ASTM C150)

NOMBRE DEL COMPUESTO	NOMENCLATURA	% DE VARIACIÓN
Silicato Tricálcico	C3S	40-60
Silicato Dicálcico	C2S	15-30
Aluminato Tricálcico	C3A	2-14
Ferroaluminato Tetracálcico	C4AF	8-12

2.3.7.3 Propiedades físicas del cemento portland

- a) **Superficie específica o finura del cemento (NTP 334.002, ASTM C 150).** La finura es el tamaño de las partículas que componen el cemento; llamada también superficie específica, se expresa en

cm²/gr y se dice que, a mayor superficie específica, mejor y más rápido el tiempo de fraguado. Entre mayor sea la superficie de contacto, mayor será la superficie del cemento. La superficie específica del cemento está comprendida entre los valores de 2500 a 4500 cm²/gr.

b) Peso específico (NTP 334.005, ASTM C 150). El peso específico o densidad aparente expresa la relación entre el peso de una muestra de cemento y el volumen absoluto del mismo; se expresa en gr/cm³. Se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{m}{V_{\text{absoluto}}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

m = Peso de la muestra de cemento

V_{absoluto} = Volumen de la materia sólida

El peso específico del cemento es el valor usado en el diseño de mezclas; el cual debería estar comprendido entre los valores de 3.10 a 3.15 gr/cm³. Cabe resaltar que un valor bajo de peso específico, nos indica poca presencia de Clínter y alta de yeso.

c) Consistencia normal del cemento (NTP 334.003, ASTM C 150).

La consistencia normal del cemento se expresa como: un porcentaje en peso o volumen de agua con relación al peso seco de del cemento, necesario para obtener una pasta con fluidez. Siendo esta una propiedad óptima de hidratación.

$$\% \text{C} \cdot \text{N} = \frac{W_{\text{Agua}}}{W_{\text{Cemento}}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

W_{Agua} = Peso del agua

W_{Cemento} = Peso del cemento

Lo que determina la consistencia normal de cemento es la viscosidad de la pasta (Cemento), la lubricación de los agregados (concretos), entre otros factores. Siendo sus valores normales los comprendidos entre 24% y 32%.

d) Tiempo de fraguado (NTP 334.056, ASTM C 150):

- Fraguado Inicial: Es el transcurrido desde la adición de agua hasta alcanzar el estado de plasticidad y dureza, en este tiempo la pasta se deforma por la acción de pequeñas cargas. Es el tiempo que disponemos para fabricar, transportar, vibrar y colocar el concreto en las obras.
- Fraguado Final: Va desde el fraguado inicial hasta que la pasta se endurezca se vuelva indeformable. En este caso se produce la unión con los agregados en una mezcla de concreto.

e) Falso fraguado (NTP 334.052, ASTM C 150). Fenómeno que produce endurecimiento rápido y rigidez prematura anormal del cemento, durante los primeros minutos de su hidratación; restableciéndose las propiedades de la pasta en el transcurso del tiempo. El falso fraguado se debe a dos factores fundamentales:

- A la falta de adición de yeso suficiente al cemento.
- A la falta de adición del Clínter mediante la fabricación.

f) Calor de hidratación (NTP 334.064, ASTM C 150). Al reaccionar el agua con el cemento, genera un calor de hidratación en los procesos de fraguado y endurecimiento, incrementándose la temperatura del concreto originando una rápida evaporación del agua, que lleva a la contracción del material y un ocasional agrietamiento. El calor de hidratación de cada tipo de cemento portland se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4. *Calor de hidratación para cada tipo de cemento Portland (NTP 334.064)*

TIPO	CARACTERÍSTICA	% DE CALOR GENERADO
I	Uso general	100
II	Moderada resistencia a los sulfatos	80 a 85
III	Desarrollo de altas resistencias iniciales	150
IV	Desarrollo de bajo calor de hidratación	40 a 60
V	Alta resistencia a los sulfatos	60 a 95

g) Estabilidad de volumen (NTP 334.004, ASTM C 150)

Un cemento es estable, cuando ningún elemento principal experimenta expansión perjudicial o destructiva después del fenómeno de hidratación. Pero generalmente el concreto endurecido presenta ligeros cambios de volumen (retracción), debido a variaciones en la temperatura, en la humedad, en los esfuerzos aplicados, entre otros. Estos cambios de volumen o de longitud pueden variar de aproximadamente 0.01% hasta 0.08%.

Los principales factores que afectan la estabilidad del cemento son:

- Composición química.
- Finura del cemento.
- Cantidades de agregado empleado.
- Tamaño y forma de la masa de concreto.
- Temperatura y humedad relativa del medio ambiente.
- Condiciones de curado.
- Grado de hidratación y tiempo transcurrido

h) Resistencia mecánica (NTP 334.051, ASTM C 150).

Es la propiedad más importante del cemento endurecido en cuanto a los requisitos estructurales, la resistencia mecánica debe ser a la tracción, flexión y compresión. Es un requisito que debe cumplir todo cemento, se mide a la compresión y mide la calidad de cemento.

La resistencia a la compresión se hace sobre mortero (Agua + Cemento+ Arena), en cubos de 2"x2"x2"; la proporción de la mezcla debe ser 1:3 en volumen. A los 28 días adquiere la resistencia de 100%.

2.3.7.4 Tipos de cemento Portland (NTP 334.009)

Los cementos portland por lo general, se fabrican en cinco tipos, cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de las especificaciones de la norma ASTM C 150.

- Cemento portland tipo I: para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- Cemento portland tipo II: uso general, y específico cuando se desea moderada resistencia a sulfatos o moderado calor de hidratación.

- Cemento portland tipo III: para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- Cemento portland tipo IV: para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- Cemento portland tipo V: para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

2.3.7.5 Control de calidad del cemento

Las empresas de cemento han incorporado criterios de control de calidad. Que permiten obtener productos de elevadas cualidades. Dichas plantas cuentan con modernos laboratorios para ensayos y análisis de las materias primas. Los ensayos de rutina de carácter químico, físico y mecánico se ejecutan paralelamente a técnicas modernas como: Difracción de rayos X, absorción atómica, la espectrofotometría, los rayos láser, entre otros.

2.3.7.6 Almacenamiento del cemento

Según, Rivva (2000, pág. 33) el cemento puede conservarse indefinidamente, sin deteriorarse, en la medida que esté protegido de la humedad, incluyendo la existente en el aire. En las plantas de hormigón, en las obras y en el transporte de larga duración, el cemento tiende a deteriorarse, por lo que deben observarse ciertas precauciones para su almacenamiento.

Cemento en bolsas. Rivva (2000) recomienda para el almacenamiento de cemento en bolsas tener en cuenta los siguientes criterios:

- Se almacenará en un lugar techado, fresco, con ventilación adecuada, libre de humedad y protegido de la externa, sin contacto con el agua o suelo.
- Las bolsas se almacenarán en pilas hasta de diez a fin de facilitar su control y manejo y se cubrirán con material plástico u otro medio de protección adecuado.

- No se aceptará en obra bolsas cuya envoltura esté deteriorada o perforada, que presenten humedad, o aquellas cuyo peso no corresponda a la norma.

2.3.7.7 Cemento a granel

Rivva (2000, pág. 60) recomienda para el almacenamiento de cemento a granel tener en cuenta los siguientes criterios:

- Se almacenará en sitios metálicos cerrados, a fin de garantizar sus propiedades e impedir cambios en su composición y propiedades físicas y químicas.
- Los silos deberán ser aprobados por la supervisión, debiendo su geometría facilitar la salida del material e impedir el ingreso de humedad o sustancias contaminantes.
- Deberá tenerse especial cuidado durante el traslado del cemento de los camiones a los silos, a fin de evitar que se humedezca o contamine con sustancias extrañas.

2.3.7.8 Características del cemento Portland

Entre sus principales características tenemos:

- Es un producto obtenido de la molienda conjunta de clínker y yeso.
- Ofrece un fraguado controlado.
- Por su buen desarrollo de resistencias a la compresión a temprana edad, es usado en concretos de muchas aplicaciones.
- El acelerado desarrollo de sus resistencias iniciales permite un menor tiempo de desencofrado

2.3.7.9 Usos y aplicaciones del cemento Portland

Entre sus principales usos y aplicaciones tenemos:

- Para construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requiera características especiales o no se especifique otro tipo de cemento.
- Elementos Pre-fabricados de concreto (hormigón).
- En la fabricación de bloques, tubos para acueductos y alcantarillados, terrazos, adoquines, etc.

- Mortero para asentado de ladrillos, tarrajeos, enchapes de mayólicas y otros materiales.

2.3.8 Tereftalato de polietileno (plástico PET)

Es una sustancia sintética de estructura macromolecular por su gran cantidad de moléculas de hidrocarburos, alcoholes y otros compuestos orgánicos. Fue patentado como un polímero para fibra por J. R. Whinfield y J.T. Dicknson en 1941 y comenzó a ser utilizado a partir de 1955 para la producción de envases de líquidos y es totalmente reciclable, lo que le da un valor agregado. (Ambientum, 2000).

El PET es producido a partir del petróleo crudo, gas y aire. Está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire. Y se caracteriza por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión, alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y aroma de los alimentos, es una barrera contra los gases, reciclable 100% y con posibilidad de producir envases reutilizables, lo cual ha llevado a desplazar a otros materiales. (Luis et al, 2008).

El PET es el material plástico con el cual se elaboran los envases de bebidas gaseosas y aguas minerales, entre otras. Las botellas son desechables, por lo que su destino suele ser la bolsa de basura y, por extensión, los rellenos sanitarios. (Luis et al, 2008).

2.3.8.1 Propiedades del plástico PET

En general los plásticos se caracterizan por alta resistencia respecto de su densidad, aislamiento térmico, aislamiento eléctrico, resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes, entre otros. Específicamente el Tereftalato de Polietileno (PET) presenta las siguientes características relevantes:

- Buen comportamiento ante esfuerzos permanentes.
- Alta resistencia al desgaste.
- Buen coeficiente de deslizamiento.
- Buena resistencia química.
- Buenas propiedades térmicas.

Con estos datos se puede asumir que el PET posee propiedades adecuadas para utilizarlo como material alternativo en la mezcla del concreto. (Angumba, 2016).

Tabla 5. Datos técnicos del Tereftalato de Polietileno

DATOS TÉCNICOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO (PET)		
PROPIEDADES MECÁNICAS		
Peso específico	134	g/cm ³
Resistencia a la tracción	825	kg/cm ²
Resistencia a la flexión	1450	kg/cm ²
Añargamiento a la rotura	15	%
Módulo de elasticidad (tracción)	28550	kg/cm ²
Resistencia al desgaste por roce	MUY BUENA	
Absorción de humedad	0.25	%
PROPIEDADES TÉRMICAS		
Temperatura de fusión	255	°C
Conductividad térmica	BAJA	
Temperatura de deformabilidad por calor	170	°C
Temperatura de ablandamiento de Vicat	175	°C
Coefficiente de dilatación lineal de 23 a 100°C	0.00008	mm por °c
PROPIEDADES QUÍMICAS		
Resistencia a alcálisis débiles a Temperatura Ambiente	BUENA	
Resistencia a ácidos débiles a Temperatura Ambiente	BUENA	
Comportamiento a la combustión	ARDE CON	
	MEDIANA	
	DIFICULTAD	
Propagación de llama	MANTIENE LA LLAMA	
Comportamiento al quemado	GOTEA	

Fuente: Adaptado de Plásticos Mecanizables, 2017

2.3.8.2 Reciclaje del plástico

Las posibles vías de reutilización de los plásticos son de diferente naturaleza, abarcando desde su reciclado directo, incineración con o sin recuperación energética, hasta su transformación en productos más nobles y de mayor valor agregado mediante el reciclaje químico. La selección del procedimiento para el reciclado depende de su composición, legislación medioambiental, precio de las materias vírgenes y estrategias de reciclaje. (Ramirez, 2011)

2.3.8.3 Tipos de reciclaje

- **Reciclado Químico.** Se define como la ruptura de los residuos plásticos en fracciones utilizables para su posterior transformación en monómeros u otros productos químicos.
- **Reciclado Mecánico.** Este proceso es menos costoso que el reciclado químico, está dirigido a la recolección y separación de envases, trituración, lavado y extrusión del material polimérico. Con este proceso se obtienen hojuelas que mediante la acción del calor se utiliza para obtener nuevas piezas. Así mismo, estas hojuelas se emplean como agregado fino en concretos para disminuir costos en obra.
- **Recuperación Energética.** Aquellos productos y materiales que no pueden ser reciclados de una forma económica y medio ambientalmente viable son generalmente incinerados bajo condiciones controladas para la obtención de energía. (Ramirez, 2011)

2.3.8.4 Proceso de reciclado mecánico del plástico PET

El proceso de reciclaje mecánico es fundamentalmente el mismo para los distintos plásticos. Argueta (2006), definió el proceso en los siguientes pasos:

- Acopio. Las botellas de PET para reciclado provienen de programas de recolección y de acopiadores ambulantes, éstos contribuyen, a limpiar las calles y a reducir las cantidades de residuos que llegan al relleno sanitario. Idealmente, la separación de desechos se debe hacer por los consumidores, antes del recojo de desechos y una vez separados llevarlos a centros de acopio, a falta de una recolección diferenciada, el papel de los recolectores es fundamental.
- Compactado. El material se compacta para reducir su volumen y así facilitar su transporte y almacenamiento. Generalmente las dimensiones de estos bloques o pacas de PET es de 153 x 130 x 85 cm., donde cada una podría alcanzar un peso de 200 a 600 kg, según el grado de compactación o la eficiencia del prensado.

Cuando se realiza el compactado, las pacas deben ser posteriormente abiertas y picadas tal como llegan a la planta, es decir con tapas y etiquetas. Sin embargo, cuando a la planta llegan botellas sueltas, el volumen es mayor, pero la posibilidad de realizar el desetiquetado y destapado permiten obtener un producto más fácil de tratar.

- Molido. Se realiza el molido (o picado) para facilitar la separación de los diferentes tipos de polímeros del material (si es que éste ha sido compactado) y la limpieza del material picado. En la reducción de tamaño del PET puede llegarse a obtener hojuelas de media, un cuarto de pulgada o finalmente polvo, según el diseño y el tipo de molino del que se disponga.
- Separación. La separación libera al PET de diferentes tipos de materiales, como otros tipos de polímeros, metales, vidrio o papel. Si existiesen familias de polímeros inmiscibles juntas, las unas crearían fases dentro de las otras y durante el procesado puede existir degradación o quemado, éstos perjudicarían el proceso de reciclaje; y si existiesen partículas metálicas afectarían la calidad del producto. La macro separación se hace destapando y desetiquetando la materia prima completa (botellas desechadas) manualmente. La micro separación se hace por una propiedad física específica como el tamaño, peso o densidad. La separación molecular, involucra procesar el plástico por disolución y luego separar los plásticos basados en temperatura. Otra alternativa es tener sistemas de flotación o burbujeo, en las tinajas de flotación vibratorias con bandas transportadoras el PET con una densidad mayor cae al fondo y es recogido por un tornillo sinfín que lo transporta a la siguiente etapa.
- Limpieza. Las hojuelas o flakes de PET están generalmente contaminados con comida, papel, piedras, polvo, aceite, solventes y en algunos casos pegamento. De ahí que tienen que ser limpiados en un baño que garantice la eliminación de contaminantes. El uso de hidrociclones cuando el desecho plástico está muy contaminado es una alternativa, el plástico contaminado es removido al ser ligero

ya que flota en la superficie donde es expulsado. Los contaminantes caen al fondo y se descargan. Después del proceso de limpieza, se obtiene hojuelas limpias.

- Secado. Este proceso elimina el remanente de humedad del material. Pueden usarse secadores centrifugados o secadores de aire, ya sea caliente o frío, que circula entre el material molido, eliminando la humedad.

El granulado limpio y seco puede ser usado en diferentes industrias

2.3.9 Concreto

“Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos”. (Sencico, 2009, pág. 26).

El concreto se constituye aproximadamente de entre 70-80% de agregados (grava y arena) en volumen, el resto es pasta de cemento. La pasta de cemento a su vez se compone de un 30-50% de cemento en volumen y el resto es agua. El cemento, es sin lugar a dudas el ingrediente más caro con el que se elabora el concreto, gran parte de los conocimientos que contiene la tecnología del concreto va encaminado hacia el uso racional de este ingrediente, el cemento se debe emplear solo en las cantidades adecuadas para cumplir con la resistencia y durabilidad. ***Fuente especificada no válida.***

CONCRETO = CEMENTO + AGREGADO + AIRE + AGUA

2.3.10 Aditivos

El aditivo es definido, por el comité 116R del ACI y la Norma ASTM C 125, como “un material que, no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado”.

Nuestra Norma técnica peruana NTP 339.086 define a los aditivos como sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con

el propósito de modificar alguna de sus propiedades. (Torre Carrillo, 2004).

2.3.10.1 Clasificación

La clasificación de aditivos está en función de sus efectos, no es fácil debido a que ellos pueden ser clasificados genéricamente; pueden modificar más de una propiedad del concreto; así como que hay diversos productos que existentes en el mercado no cumplen las mismas especificaciones (Rivva, 2000).

En las clasificaciones que a continuación se presentan, aquellos aditivos que poseen propiedades identificables con más de un grupo son considerados en aquel que identifica a sus efectos más importantes (Rivva, 2000).

De acuerdo con la Norma ASTM C 494, los aditivos se clasifican en:

Tabla 6. *Clasificación de aditivos*

TIPO DE ADITIVO	CARACTERÍSTICAS
TIPO A	Reductores de agua
TIPO B	Retardadores de fragua
TIPO C	Acelerantes
TIPO D	Reductores de agua - retardadores de fragua
TIPO E	Reductores de agua – acelerantes
TIPO F	Súper reductores de agua
TIPO G	Súper reductores de agua - acelerantes

Fuente: Tópicos de tecnología del concreto – Enrique Pascal Carbajal

2.8 Hipótesis

El PET adicionado en concretos de 210 kg/cm², 280 kg/cm² y 350 kg/cm² aumentará el módulo de elasticidad con respecto a un concreto tradicional.

Variables

Variable independiente

y1 = Dosificación de f'c del concreto

y2 = Porcentaje de PET adicionado

Variable dependiente

x1 = Módulo de elasticidad

Operacionalización de variables (dimensiones e indicadores)

Tabla 7. Operacionalización de las variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN	ESQUEMA DE MARCO TEÓRICO
Variable independiente	PET	Granulometría por tamizado	% Retenido Acumulado	Prueba de Laboratorio	Ensayos del agregado NTP 400.012
Variable dependiente	Asentamiento	Asentamiento en cono de Abrams	Cm	NTP 339.035 - ASTM 143	Ensayo asentamiento en el cono de Abrams NTP 339.035 - ASTM 143
	Peso unitario	Ensayo de peso unitario	Kg	NTP 339.046 - ASTM C138	Ensayo peso unitario y rendimiento NTP 339.046 - ASTM C138
	Módulo de elasticidad	Carga/deformación	Kg/cm ³	ASTM C469-02	Ensayo de módulo de elasticidad estática y relación de Poisson del hormigón en compresión
Variable Interviniente:	Resistencia a la compresión	Fuerza/área (210-280-350)	Kg/cm ²	NTP 339 - ASTM C39	Ensayo de resistencia a la compresión NTP 339.034 -ASTM C39

Fuente: Propia

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1 Tipo y nivel de investigación

El presente trabajo de investigación emplea el diseño experimental con el objetivo de conocer en qué medida influye el PET adicionado en el módulo de elasticidad del concreto, utilizando para esto el razonamiento analítico. Separamos muestras representativas con diferentes porcentajes de PET adicionado para diferentes resistencias a la compresión de diseño, de esta manera analizamos cada una de ellas en comparación al concreto tradicional.

Consideramos este trabajo una investigación exploratoria, correlacional y explicativa. Exploratoria pues investigamos un problema que ha sido poco estudiado; en este caso, la influencia del PET adicionado en el módulo de elasticidad. Correlacional ya que ofrecemos predicciones de comportamientos; explicamos y cuantificamos la relación entre las variables. Finalmente, esta investigación es explicativa porque determinamos y explicamos las causas de los fenómenos que observamos.

3.2 Población y muestra de estudio

3.2.1 Población

La población tomada para la presente investigación es el concreto fabricado en la ciudad de Trujillo, departamento La Libertad.

3.2.2 Muestra

La muestra de estudio es el concreto con PET adicionado.

La muestra se realizó con agregados de la cantera LEKERSA, y también la adición del aditivo Chema Plast - tipo A (Reductor de Agua) conforme a la NTP C494, se tomaron como muestra 108 especímenes 15 x 30 cm de concreto en diferentes resistencias diseñadas los cuales se sometieron a ensayos de compresión y también al compresómetro, lo que nos sirvió para medir su deformación y de esta manera poder determinar el Módulo de Elasticidad.

Las muestras se elaboraron según los lineamientos de la norma ACI 2100.

El tamaño de la piedra a utilizar fue de $\frac{3}{4}$ pulgadas.

Las características de la mezcla de concreto en su estado fresco fueron de un asentamiento de 2-4". Esto se logró a partir de la aplicación de aditivo Chema – Plast, que permite una reducción de agua de hasta el 10% generando aumento en la resistencia al compresión y durabilidad de concreto.

Se le dio una denominación a cada diseño de mezcla que se elaboró, siendo para las resistencias de $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$, 280 kg/cm^2 y 350 kg/cm^2 .

3.3 Técnicas e instrumentos de investigación

Para el desarrollo del proyecto se realizará la recolección y análisis de agregados (grueso y fino) provenientes de la cantera LEKERSA en el centro poblado El Milagro de la ciudad de Trujillo. Los ensayos serán analizados en los Laboratorios de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego sede Trujillo, estos servirán como base para realizar la correcta dosificación en cada resistencia a la compresión diseñada: 210,280 y 350 kg/cm^2 adicionando el plastificante de la marca CHEMA y PET (tereftalato de polietileno) en diferentes porcentajes.

Los testigos de concreto (CEMENTO TIPO ICo +AGREGADO FINO+AGUA+ AGREGADO GRUESO+ ADITIVO PLASTIFICANTE SIKA+ PET) se dispuso en su total 3 unidades por cada variable identificada anteriormente como lo son: porcentaje de incremento de PET y los diseños de resistencia del concreto a continuación se graficará mediante el siguiente cuadro:

Tabla 8. Cantidad de testigos para cada resistencia

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	MÉTODO ESTÁTICO				MÉTODO DINÁMICO				COMPRESIÓN				CANTIDADES		
	F'c (Kg/ cm ²)	0%	5%	10%	15%	0%	5%	10%	15%	0%	5%	10%	15%	PARCIAL	TOTAL
210	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36	
280	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36	108
350	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36	

Fuente: propia

3.4 Procesamiento y análisis de datos

3.4.1 Selección y estudio de los agregados (NTP 400.010,2001)

Se extrajo muestras de agregados de la cantera “LEKERSA”, ubicada en El Milagro, luego fueron llevadas al laboratorio de la Universidad Privada Antenor Orrego para la determinación de sus propiedades físicas y así utilizarlos en los diseños de mezclas de concreto para la investigación.

La ubicación exacta de la cantera se presenta en el anexo N°04

3.4.2 Ensayo a los agregados

3.4.2.1 Análisis granulométrico de los agregados fino y grueso (NTP 400.012,2001)

Esta Norma Técnica Peruana establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino, grueso y global por tamizado.

Una muestra de agregado seco, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

- Como primer paso se realizó el cuarteo de la muestra dos veces, esto con el fin de conservar solo la cuarta parte para el análisis granulométrico.
- Se continuó con el secado de la muestra a peso constante a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por un período de $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$.

- Seleccionar los tamices adecuados para el análisis del material y de esta manera proporcionar la información requerida por las especificaciones según la Norma.
- La medida mínima de la muestra luego del secado para el agregado fino será de 1 kg.
- La medida mínima de la muestra para el agregado grueso será acorde a lo indicado en la Tabla 9, según su tamaño máximo nominal.

Tabla 9. Cantidad mínima de la muestra de Agregado Grueso

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	CANTIDAD DE LA MUESTRA DE ENSAYO
Aberturas cuadradas mm (pulg)	Mínimo Kg (lb)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)

Fuente: NTP 400.012, 2001

- Se agitó los tamices manualmente por un periodo suficiente, de tal manera que todas las partículas puedan alcanzar la abertura del tamiz.
- Se determinó el peso de la muestra de cada incremento de tamiz sobre una balanza. El peso total de material luego del tamizado deberá ser verificada con el peso de la muestra colocada sobre cada tamiz.

Este ensayo nos ayudó a determinar los módulos de fineza tanto como para el agregado grueso y fino.

Tabla 10. Cantidad mínima de la muestra de Agregado Fino

AGREGADO FINO		
ABERTURA	DESIGNACIÓN PREVIA	LIMITES ASTM C33-84
9,5mm	3/8"	100
4,75mm	N°4	95-100
2,36mm	N°8	80-100
1,18mm	N°16	50-85
600µm	N°30	25-60
300µm	N°50	5-30
150µm	N°100	0-10

Fuente: NTP 400.012

Módulo de fineza

Criterio establecido en 1925 por Duff Abrams. Es un parámetro que da una idea del grosor o finura del agregado. Se calcula sumando el porcentaje acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulado retenido) y dividir la suma entre 100: 150 µm (N° 100); 300 µm (N° 50); 600 µm (N° 30); 1,18 mm (N° 16); 2,36 mm (N° 8); 4,75 mm (N° 4); 9,5 mm (3/8 de pulgada); 19,0 mm (3/4 de pulgada); 37,5 mm (1 1/2 pulgada) y mayores; incrementando en la relación 2 a 1.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulado (1 1/2" , 3/4" , 3/8" , N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 Y N°100)}}{100}$$

Los valores de M.F. de 2.5 a 3 son normales para el agregado fino.

3.4.2.2 Contenido de humedad de agregado fino y grueso. (NTP 339.185,2002)

Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una

muestra de agregado fino o grueso por secado. La humedad evaporable incluye la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado, pero no considera el agua que se combina químicamente con los minerales de algunos agregados y que no es susceptible de evaporación, por lo que no está incluida en el porcentaje determinado por este método.

La importancia de este ensaño reside en su capacidad de variar la relación agua – cemento del diseño de mezcla y por tanto influir en la resistencia y la trabajabilidad del concreto.

- Como primer paso, el muestreo se realizará de acuerdo a la NTP 400.010, con excepción del tamaño de la muestra.
- Deberá disponerse de una muestra representativa del contenido de humedad de la fuente de abastecimiento que está evaluándose con una masa no menor de la cantidad indicada en la Tabla 11. La muestra deberá protegerse contra la pérdida de humedad antes de determinar su masa.

Tabla 11. *Tamaño de la muestra de Agregado*

Tamaño Máximo Nominal	Masa Mínima de la muestra de
Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Agregado de Peso Normal en Kg
9.5 (3/8)	1.5
12.5 (1/2)	2.0
19.0 (3/4)	3.0
25.0 (1)	4.0
37.5 (1 ½)	6.0
50 (2)	8.0
63 (2 ½)	10.0
75 (3)	13.0
90 (3 ½)	16.0
100 (4)	25.0

Fuente: NTP 339.185,2002

- Determinamos el tamaño de la muestra con una precisión del 0.1%.

- Secamos la muestra colocándola al horno por 24 horas, a una temperatura de 110°C ± 5°C para eliminar la humedad.
- Pasadas las 24 horas en el horno, se retira la muestra y se deja enfriar a temperatura ambiente.
- Se determina el peso de la muestra seca y se realiza el cálculo del contenido de humedad mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{(\text{Peso humedo} - \text{Peso seco}) * 100}{\text{Peso seco}}$$

3.4.2.3 Cantidad de finos que pasan por el tamiz N° 200 por lavado en agregados (NTP 400.018,2002)

El tamaño de la muestra para este ensayo será conforme a lo indicado en la Tabla N°12, según su tamaño máximo nominal de Agregado Grueso.

Tabla 12. Cantidad mínima de la muestra de ensayo

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	CANTIDAD MÍNIMA
mm (pulg)	(gr)
4.75 (N° 4) o más pequeño	300.0
9.5 (3/8)	1000.0
19 (3/4)	2500.0
37.5 (1 ½) o más grande	5000.0

Fuente: NTP 400.018,2002

- Después de determinar la cantidad de muestra a utilizar, secamos la muestra a una temperatura de 100°C ± 5°C y determinamos su masa.
- Colocamos la muestra de ensayo en el recipiente y agregamos suficiente agua para cubrirla. Agitamos la muestra rigurosamente para poder separar todas las partículas más finas que el tamiz N° 200 de las partículas gruesas y llevar el material fino a la suspensión.

- Vertimos el agua de lavado conteniendo los sólidos suspendidos y disueltos sobre los tamices.
- Adicionamos agua por segunda vez a la muestra en el recipiente, agitamos y decantamos como lo anterior.
- Retornamos todo el material retenido sobre los tamices mediante un chorro de agua.
- Secamos el agregado lavado a una temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas y finalmente determinamos la masa de la muestra.
- Para calcular el porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz N°200, utilizamos la siguiente fórmula:

$$A = \frac{(P1 - P2)}{P1} * 100$$

Donde:

P1 : Peso seco de la muestra original (gr.)

P2 : Peso seco de la muestra ensayada (gr.)

3.4.2.4 Densidad y absorción de agregado fino (NTP 400.022,2013)

La presente norma tiene por objeto establecer un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado fino (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino.

Para mayor entendimiento de la norma, se aplican las siguientes definiciones:

- **Absorción:** Es el aumento de la masa del agregado debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un período de tiempo prescrito, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Absorción, \%} = \frac{(S - A)}{A} * 100$$

Donde:

A: Masa de la muestra seca al horno (gr)

S: Masa de la muestra de saturado superficialmente seca (gr)

- **Densidad:** Es la masa por unidad de volumen de un material, expresado como kilogramos por metro cúbico.
- **Secado al horno (OD):** Relacionados a las partículas del agregado, es la condición en la que los agregados se han secado por calentamiento en un horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante un tiempo suficiente para alcanzar una masa constante.
- **Densidad relativa (gravedad específica o peso específico):** Es la relación de la densidad de un material a la densidad del agua a una temperatura indicada; los valores son adimensionales. Se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Peso Especifico} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

Donde:

A: Masa de la muestra seca al horno (gr)

B: Masa del picnómetro llenado de agua (gr)

C: Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua (gr)

S: Masa de la muestra de saturado superficialmente seca (gr)

- **Saturada superficialmente seco (SSD):** Relacionado a las partículas del agregado, es la condición en la que los poros permeables de las partículas de agregado están llenos de agua por inmersión, durante el período de tiempo determinado, pero sin contener agua libre en la superficie de las partículas.

El procedimiento es el siguiente:

- Se cubrió la muestra con agua y se dejó reposar durante 24 horas.
- Pasada las 24 horas, se extendió la muestra sobre una superficie plana y se deja secar a temperatura ambiente removiendo con frecuencia para obtener un secado uniforme.

- Se coloca la muestra seca en el molde cónico, se golpea la superficie 25 veces con la barra de metal y se levanta el molde verticalmente.
- Si la muestra se derrumba al quitar el molde esto indica que el agregado fino ha alcanzado una condición de superficie seca.
- Se introduce la muestra en un frasco y se llena de agua hasta alcanzar aproximadamente la marca de 500 cm³ a una temperatura de 23°C ± 2°C.
- Luego se determina el peso total del agua introducida en el frasco con aproximación de 0.1gr.
- Se saca el agregado fino del frasco y se seca a peso constante a una temperatura de 100°C ± 5°C.
- Finalmente se deja enfriar el agregado fino a temperatura ambiente y se procede a pesar.

3.4.2.5 Densidad y absorción de agregado grueso (NTP 400.021,2002)

Esta Norma Técnica Peruana establece un procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado grueso. El peso específico saturado con superficie seca y la absorción están basadas en agregados remojados en agua después de 24 horas.

Absorción:

$$\text{Absorción, \%} = \frac{(B - A)}{A} * 100$$

Donde:

A : Peso de la muestra seca en el aire (gr)

B : Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr)

Densidad relativa (gravedad específica o peso específico):

$$\text{Peso Especifico} = \frac{A}{(A - C)}$$

Donde:

A: Peso de la muestra seca en el aire (gr)

C: Peso en el agua de la muestra saturada (gr)

El procedimiento para hallar el porcentaje de absorción y la densidad relativa o peso específicos del agregado grueso, es el siguiente:

- El tamaño de la muestra para agregado grueso será conforme a lo indicado en la Tabla 13 según su tamaño máximo nominal.

Tabla 13. *Peso mínimo de la muestra de ensayo*

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PESO MÍNIMO DE LA
ABERTURAS CUADRADAS	MUESTRA DE ENSAYO
mm (pulg)	Kg (lb)
12.5 (1/2) o menos	2 (4.4)
19.0 (3/4)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1 ½)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 ½)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 ½)	25 (55)
100 (4)	40 (88)

Fuente: NTP 400.021, 2002

- Removimos la muestra del agua y se rodó sobre un paño grande y absorbente.
- Se procedió a pesar la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca.
- Se colocó la muestra en una cesta con malla de alambre para sumergirla totalmente y se determina su peso en agua a una temperatura entre 23°C ± 1.7°C.

- Secamos la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, dejar enfriar a temperatura ambiente durante 1h a 3h y proceder a pesar.

3.4.2.6 **Peso unitario del agregado fino y grueso (NTP 400.017,2011)**

Existen dos tipos de pesos unitarios:

a) Peso Unitario Suelto (P.U.S.)

En este ensayo se busca determinar el peso del agregado que llenaría un recipiente de volumen unitario.

- Se calibró el recipiente de medida donde se iba a depositar el agregado.
- Se coloca el agregado dentro del recipiente de medida y el agregado sobrante se elimina con la ayuda de la varilla usándola como regla.
- Se determinó el peso del recipiente de medida más el contenido del agregado

$$\text{P. U. S} = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

b) Peso Unitario Compactado (P.U.C.)

Es la relación entre el peso del material compactado y el volumen del recipiente que lo contiene. Este ensayo nos determina el grado de compactación que puede presentar los materiales en su estado natural.

- Se calibró el recipiente de medida donde se iba a depositar el agregado.
- Se llenó la tercera parte del recipiente de medida. Se apisona la capa de agregado con la varilla compactadora, mediante 25 golpes uniformemente.
- Se llenó hasta las dos terceras partes de la medida y de igual forma se compacta con 25 golpes como lo anterior.
- Se llenó el recipiente de medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la varilla compactadora; el agregado sobrante se elimina utilizando la varilla como regla.

- Se determinó el peso del recipiente de medida más el contenido del agregado.

$$P. U. C = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

3.4.3 Diseño de mezcla (ACI 211.1)

Para este proyecto realizamos 12 diferentes tipos de diseños con cemento tipo Ico Inka y la adición de Aditivo Chema Plast. Fueron los siguientes:

Tabla 14. *Diseños de mezcla para cada f'c y % de PET adicionado*

f/c (kg/cm ²)	PET (%)			
	0%	5%	10%	15%
210	3	3	3	3
280	3	3	3	3
350	3	3	3	3

Además, la normativa que utilizamos para el diseño de mezcla fue la ACI 211.1 la cual es un guía de “Práctica estándar para el proporcionamiento de concreto de peso normal, pesado y masivo”.

3.4.4 Ensayos del concreto en estado fresco

3.4.4.1 Muestreo de mezcla de concreto fresco (NTP 339.036,1999)

La norma establece que el tamaño mínimo de la muestra para ensayo de resistencia debe ser 28 L, puede permitirse muestras más pequeñas para ensayos de rutina de asentamiento o de contenido de aire.

Se inició el ensayo de asentamiento, de contenido de aire, ambos dentro de los 5 minutos después de haber obtenido la porción final de la muestra.

Se inició el moldeo de los especímenes para el ensayo de resistencia dentro de los 15 minutos después de elaborar la muestra.



Imagen 3. Elaboración de las diferentes mezclas de concreto

3.4.4.2 Asentamiento o Slump del concreto con el cono de Abrahms (NTP 339.035,2009)

Para este ensayo es necesario primero humedecer el molde y colocarlo sobre una superficie plana.

Se asegura el cono pisándolo por ambos lados y se comienza a llenar en 3 capas. Cada capa se compacta aplicando 25 golpes con la varilla compactadora de forma uniforme en toda la sección de la capa.

Se procede a enrasar el cono con la ayuda de la varilla compactadora para eliminar el exceso.

Se retira inmediatamente el molde del concreto levantándolo cuidadosamente en dirección vertical. Se levanta el molde en 5s \pm 2s con un movimiento ascendente firme.

Finalmente se mide inmediatamente el asentamiento.



Imagen 4. Medición y Verificación del Slump

3.4.4.3 Peso unitario del concreto (NTP 339.046)

Para este ensayo, primero se seleccionó el tamaño del molde según el tamaño máximo nominal y se determinó la masa del molde vacío. Se colocó el concreto dentro del recipiente en 3 capas de aproximadamente igual volumen.

Se procedió a compactar cada capa penetrando 25 veces con la varilla en forma de espiral.

Al terminar de compactar cada capa, se golpea el molde 3 veces por lado, para llenar los vacíos y eliminar las burbujas de aire.

Luego se enrasa el molde con la ayuda de la varilla compactadora para eliminar el material sobrante.

Finalmente determinamos el peso del molde más el concreto.

El peso unitario del concreto se determinará utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Peso Unitario del Concreto} = \frac{(P1 - P2)}{V}$$

Donde:

P1: Peso del molde más peso de concreto fresco (Kg)

P2: Peso molde (Kg)

V: Volumen del molde (m³)

3.4.4.4 Elaboración y curado de especímenes de concreto (NTP 339.033,2009)

En este ensayo nos guiamos del procedimiento indicado en la Norma Técnica Peruana 339.033 el cual proporciona los siguientes pasos:

- Registrar la identificación de la muestra de concreto con respecto a la fecha y hora de preparación de los especímenes.
- Moldear los especímenes rápidamente sobre una superficie nivelada y rígida.
- Seleccionar la barra compactadora apropiada según lo establecido en la norma.
- Colocar el concreto en los moldes en tres capas de aproximadamente igual volumen y por cada capa la barra debe penetrar toda la capa a través de su altura, de manera que la barra penetre hasta la capa precedente aproximadamente 25 mm.
- Golpear ligeramente las paredes del molde unas 10 a 15 veces con el martillo, con el fin de eliminar los vacíos y burbujas de aire.
- Realizar el acabado final de la superficie expuesta del espécimen utilizando la barra compactadora para enrasar.
- Para el curado inicial del concreto se sumergió inmediatamente los especímenes en agua saturada con hidróxido de calcio.



Imagen 5. Curado del Concreto en una poza de Curado

3.4.5 Ensayo de concreto en estado endurecido

3.4.5.1 Resistencia a la Compresión del Concreto (NTP 339.034,2008)

En nuestro caso, todos los ensayos de concreto en estado endurecido serán realizados a los 28 días.

Se retira los especímenes a ser ensayados del pozo de curado y los ponemos a secar a temperatura ambiente para posteriormente realizar el ensayo.

- Se le colocan las almohadillas de neopreno a la probeta.
- Se coloca la probeta de ensayo en la máquina de compresión de forma centrada hasta completar la rotura. La carga será aplicada a una velocidad de movimiento correspondiendo a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de 0.25 ± 0.05 MPa/s.

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

$f'c$: Resistencia a la Compresión del Concreto (Kg/cm²)

P : Máxima Carga Aplicada (Kg)

A : Área de la Sección (cm²)



Imagen 6. Resistencia a la compresión del concreto

3.4.5.2 Determinación del Módulo de Elasticidad (ASTM C-469)

El ensayo se desarrolló a partir de la norma ASTM C-469 para determinar el módulo de elasticidad estático.

Los especímenes que utilizaremos son cilíndricos de medidas 150x300 mm y deben cumplir con la norma ASTM C-192 o ASTM C-31.

Según lo establecido en la norma ASTM C469, este método proporciona una relación entre el esfuerzo y su deformación unitaria.

- Se realizó la medición de diámetro y longitud de los especímenes de cada resistencia, antes de realizar el ensayo. Para medir las variaciones de deformación por compresión, se acoplo al espécimen un sistema que consta de dos anillos, uno superior y otro inferior los mismos que se aseguran a la probeta llamado compresómetro. A través del ajuste de los diales el anillo inferior permanecerá fijo, mientras que el anillo superior es el que gira en un pivot o eje, conforme se comprime el concreto.
- Se coloca el espécimen en la máquina de ensayo y se carga inicialmente para comprobar su funcionamiento.
- Se cargó una segunda vez y se tomaron las deformaciones, se pueden tomarse continuamente para determinar la curva esfuerzo-deformación, El módulo de elasticidad será la pendiente de la línea que une los puntos de la curva, correspondientes a una deformación unitaria de 0.00005 y al 40% de la carga máxima.

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{L_0}$$

$$\Delta = \frac{\text{Lectura}}{2}$$

$$\varepsilon = \frac{\text{Lectura}}{2 * L_0}$$

Donde:

ε : Deformación específica.

Δ : Deformación al eje axial de la muestra.

L_0 : Longitud inicial de medida (10mm).

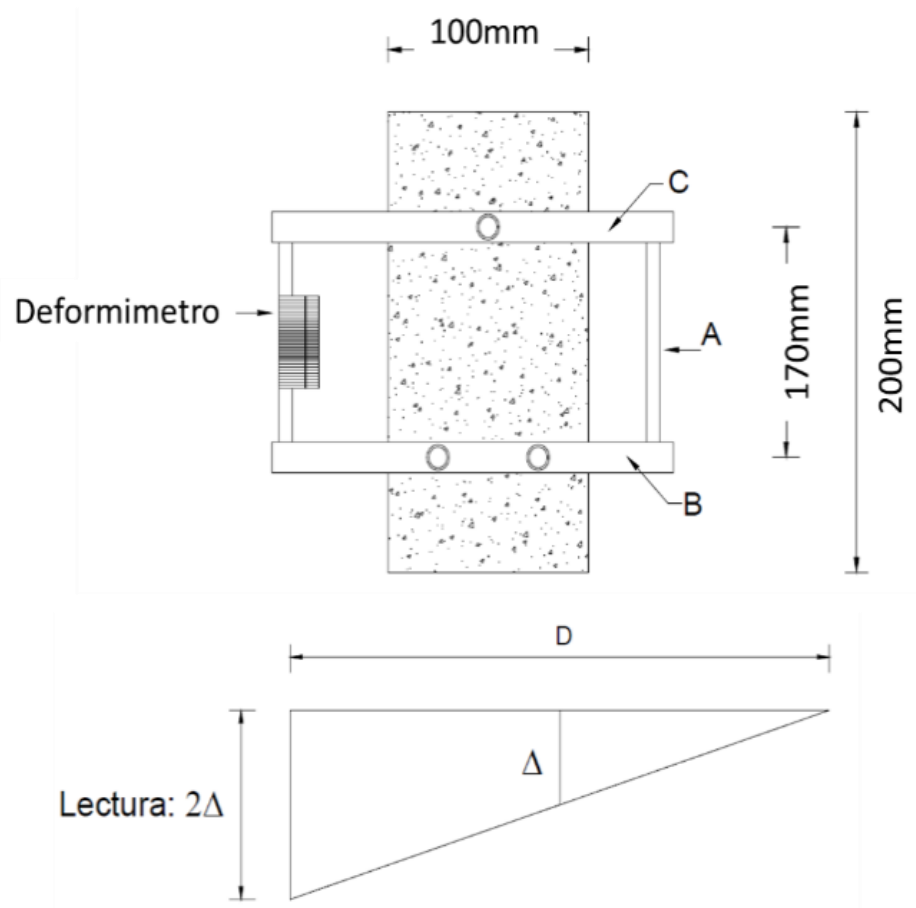


Imagen 7. Diagrama de desplazamiento

Los valores de módulo de elasticidad estático experimental se determinarán con una aproximación de 344.74 Mpa (50,000 psi) de la siguiente manera.

$$E_c = \frac{0.40 \sigma_{\text{máx}} - \sigma(0.00005)}{\epsilon 0.40 \sigma_{\text{máx}} - 0,00005}$$

Donde:

E_c : Módulo de elasticidad del hormigón.

$\Sigma_{\text{máx}}$: Esfuerzo de rotura.

$\sigma(0.00005)$: Esfuerzo conforme a una deformación unitaria de 0.00005.

$\epsilon_{0.40}$ □ máx.: Deformación conforme al 40 por ciento del esfuerzo de rotura



Imagen 8. Análisis del Módulo Estático experimental con: sistema de análisis + diales de deformación.

3.4.5.3 Determinación del Módulo de Elasticidad Dinámico (ASTM C-469)

Procedimiento de prueba: V-E-400 Endumeter de ensayo no destructivo

Procedimiento de prueba Desde el menú principal puede elegir entre 3 modos de prueba o métodos:

- Frecuencia longitudinal (E)
- Frecuencia transversal (E)
- Torsional (G)

Modo de frecuencia longitudinal:

El modo de frecuencia longitudinal se selecciona colocando el cursor en la primera línea, y presionando 'Enter'. Para este modo, el usuario puede ingresar el valor deseado del Módulo de Rigidez (G) que se utilizará para los cálculos de la Relación de Poisson. El usuario debe ingresar los parámetros requeridos a continuación utilizando las teclas de flecha.

Forma del espécimen - Cilíndrica o Prismática

M: masa de muestra (kg)

L: longitud de la muestra (m)

d: diámetro del cilindro (m)

t, b: dimensiones de la sección transversal del prisma (m), siendo t la dirección del impulsor (o impacto) en la que se conduce (Nota: Es importante distinguir entre t y b para la frecuencia transversal).

G: supuesto valor de módulo de rigidez para calcular (u) Por lo general, el usuario debe ingresar el valor de G en G Pa obtenido en una prueba de torsión ejecutada previamente.

E: valor asumido del Módulo de Elasticidad para calcular u. Por lo general, el usuario debe ingresar el valor de E en GPa obtenido en una prueba Longitudinal o Flexural ejecutada previamente.

El sistema proporciona la frecuencia longitudinal fundamental (n') de la FFT, el valor de frecuencia de la amplitud máxima en la FFT, que se aplica a una señal de dominio de tiempo obtenida al golpear ligeramente el cilindro con una pequeña bola de acero endurecida.

Procedimiento de prueba El sistema calculará el módulo dinámico de Young de elasticidad utilizando parámetros obtenidos y calculados:

$M =$ masa de la muestra (kg)

$n' =$ frecuencia longitudinal fundamental (Hz)

$D = 5.093 (L / d^2)$ para un cilindro ($N s / (kg m^2)$) o

$D = 4 (L / bt)$ para un prisma ($N s / (kg m^2)$)

$E = D M (n')^2 \dots\dots (i)$

Con estos parámetros, el sistema calculará las constantes elásticas de la muestra. Si solo se requieren valores de frecuencia, el sistema asumirá los valores predeterminados y las constantes elásticas no se tiene un significado.

Cuando se prueba la frecuencia resonante longitudinal fundamental, hay un punto nodal en el centro en la dirección longitudinal de un prisma o cilindro y la muestra debe colocarse en el soporte central del banco de pruebas en el punto nodal. La muestra puede apoyarse o sujetarse simplemente con la barra de sujeción provista.

Coloque el acelerómetro en la ubicación requerida (punto de contacto en el centro de la cara), se requiere un contacto íntimo entre el acelerómetro y la muestra. Para que los extremos de las muestras puedan vibrar libremente en una dirección longitudinal, es esencial que se imponga una restricción mínima en los extremos.

El acelerómetro puede moverse libremente en montajes compatibles y solo es necesario mover el soporte del acelerómetro a lo largo de los rieles hasta que la punta de contacto del acelerómetro solo haga contacto con el centro de los extremos de la muestra.

Se puede usar un agente de acoplamiento para asegurar un buen contacto entre ellos (se puede requerir un agente de acoplamiento para asegurar un contacto íntimo).

Ahora se puede bloquear el soporte utilizando los tornillos de sujeción moleteados. El acelerómetro también se puede colocar en la superficie de la muestra sin utilizar su soporte. Se puede colocar en la superficie de la muestra utilizando cera y presionándola contra la superficie (como se describe en el capítulo "Menú de revisión").

Al presionar la tecla de flecha hacia la derecha, aparecerá el mensaje "La habilitación de ejecución está activada" en la pantalla. Luego, toque la muestra con una bola de acero endurecida, lo que provocará que el instrumento se dispare y aparecerá una señal en la pantalla. Se debe tener precaución

para aplicar justo impacto sólido; de lo contrario, la prueba debe realizarse nuevamente porque los resultados no serán consistentes. Se recomienda repetir la prueba tres veces para verificar la consistencia de los resultados.

Procedimiento de prueba: Para obtener el espectro de la señal y la frecuencia de resonancia, se debe presionar la tecla Intro. En la pantalla aparecerá el mensaje calculando el espectro por favor, espere. Tomará aproximadamente 45 segundos. espere ". Tomará. El sistema mostrará la frecuencia fundamental del valor de frecuencia de frecuencia de la amplitud máxima en la FFT.

El sistema obtendrá la frecuencia fundamental de la FFT. La frecuencia fundamental aparecerá en la primera pantalla con el valor correspondiente. Para ver el espectro de frecuencia completo, puede usar las teclas de flecha izquierda y derecha para cambiar de diferentes pantallas. El espectro de frecuencia se presenta en 2 a 4 pantallas diferentes.

Para muestras concretas, la frecuencia de resonancia generalmente estará en el rango de 1 kHz a 10 kHz dependiendo de las dimensiones de la muestra.

Tabla 15. Dimensiones de espécimen para cada rango de frecuencia.

Dimensión de espécimen (pulgadas)	Rango aproximado de frecuencia (Hz)
6" x 6" x 30"	1700 – 3000
6" x 6" x 28"	2000 - 3200
4" x 4" x 30"	1700 - 3000
4" x 4" x 20"	3000 - 4500
4" x 4" x 12"	5000 - 7000
6" x 12" cvlinder	5000 - 7000

Nota: Fuente V-E-400 Emodumeter Operator's manual.

Gama de frecuencias resonantes fundamentales longitudinales de prismas de hormigón y probetas de cilindros.

El sistema calculará la relación dinámica de Poisson según la eq. $\mu = E/(2G) - 1$... (ii), usando el valor obtenido de (E) de la prueba Longitudinal y asumiendo un valor de (G) que se ingresará antes para ejecutar la prueba Longitudinal.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis e interpretación de datos

4.1.1 Propiedades físicas del agregado fino y grueso

GRANULOMETRÍA Y MÓDULO DE FINEZA

Tabla 16. Granulometría del Agregado Fino

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO							
AGREGADO DE LA CANTERA LEKERSA - MILAGRO – TRUJILLO							
Datos de la muestra							
Identificación		ARENA GRUESA					
Descripción		ARENA ZARANDEADA					
Masa Inicial (gr)		2300					
Masa final (gr)		2299.3					
Diferencia (Max 0.3%)		0.03%					
Características Físicas							
Tamaño Máx. Nominal							
Material < Malla 200		3.80%					
Contenido de Humedad		0.17%					
Módulo de Finura		2.71					
GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO							
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido (%)	Retenido Acum. (%)	Pasante (%)	Rango	
						Inferior	Superior
3"	75	--	--	--	--	--	--
2"	50	--	--	--	--	--	--
1 1/2"	37.5	--	--	--	--	--	--
1"	25	--	--	--	--	--	--
3/4"	19	--	--	--	--	--	--
1/2"	12.5	--	--	--	--	--	--
3/8"	9.5	0	0	0	100	100	100
Nº 4	4.75	14.77	0.64	0.64	99.36	95	100
Nº 8	2.36	115.97	5.04	5.68	94.32	80	100
Nº 16	1.18	416.67	18.12	23.80	76.20	50	85
Nº 30	0.6	896.17	38.96	62.76	37.24	25	60
Nº 40	0.425	402.07	17.48	80.25	19.75	10	60
Nº 60	0.25	316.97	13.78	94.03	5.97	5	30
Nº 80	0.18	67.67	2.94	96.97	3.03	2	30
Nº 100	0.15	24.57	1.07	98.04	1.96	0	10
Nº 200	0.075	26.87	1.17	99.21	0.79	0	5
Fondo	-	18.27	0.79	100.00	0.00		
Total		1098	100				

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO

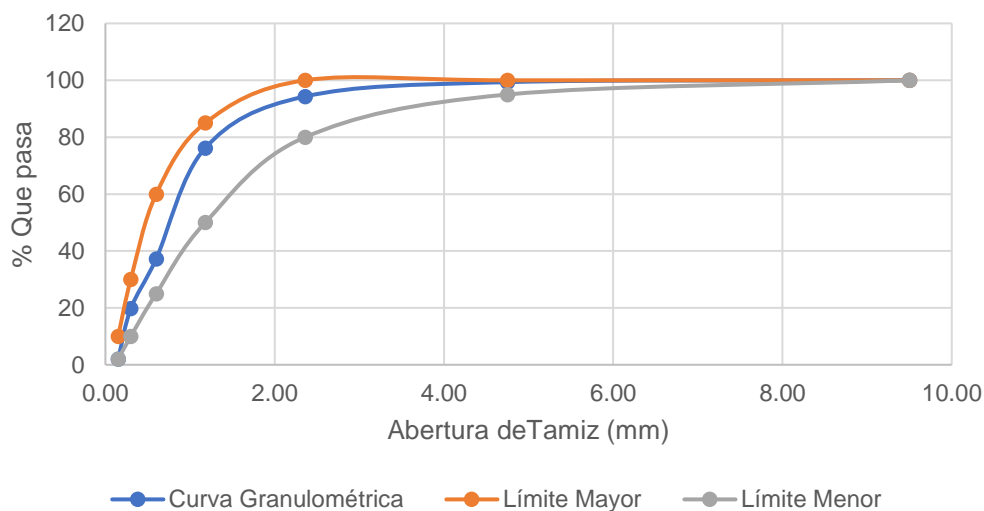


Figura 3. Curva Granulométrica del Agregado Fino

Tabla 17. Módulo de Fineza de Agregado Fino

MF	2.71
----	------

Tabla 18. Granulometría del Agregado Grueso

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO	
AGREGADO DE LA CANTERA LEKERSA - MILAGRO – TRUJILLO	
Datos de la muestra	
Identificación	PIEDRA HUSO 67
Descripción	PIEDRA ZARANDEADA
Masa Inicial (gr)	6300
Masa final (gr)	6297.8
Diferencia (Max 0.3%)	0.03%
Características Físicas	
Tamaño Máx. Nominal	3/4"
Material < Malla 200	0.40%
Contenido de Humedad	0.84%
	6.86
Módulo de Finura	

GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO

Tamiz	Abert. (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido (%)	Retenido Acum (%)	Pasante (%)	Rango	
						Inferior	Superior
1"	25	--	--	--	100	100	100
3/4"	19	1087.37	17.26	17.26	82.74	90	100
1/2"	12.5	2127.87	33.78	51.04	48.96	--	--
3/8"	9.5	1323.97	21.02	72.05	27.95	20	55
1-Abr	4.75	1235.97	19.62	91.67	8.33	0	10
Nº 4	2.36	290.17	4.61	96.28	3.72	0	5
Fondo	-	234.67	3.72	100.00	0.00	--	--
Total		6300.00	100				

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO

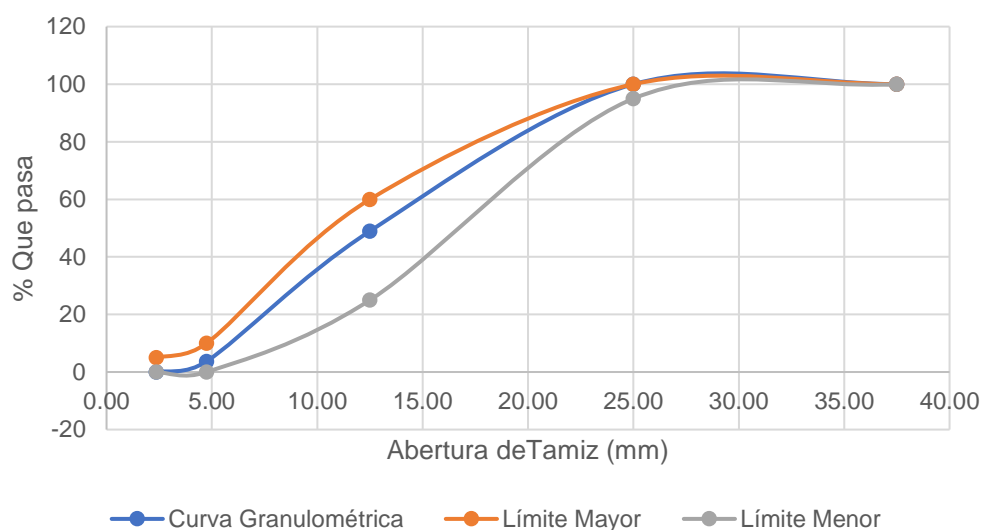


Figura 4. Curva Granulométrica del Agregado Grueso

Tabla 19. Módulo de Fineza del Agregado Grueso

MF	6.86
----	------

DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO

Tabla 20. Abrasión del agregado grueso

NTP 400.019 - ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO	
TAMIZ	W RETENIDO (Kg)
$\frac{3}{4}$	2500
$\frac{1}{2}$	2,500
METODO	B
N° ESFERA	11
N°REVOLUCIONES	500
P. inicial	5000
P. final	3226
% DESGASTE=	35.48

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tabla 21. Contenido de Humedad del Agregado Fino

AGREGADO FINO	
DESCRIPCIÓN	VALOR
Peso del recipiente (gr)	117
Peso del recipiente + material húmedo (gr)	1,117
Peso del recipiente + material seco (gr)	1,044
Peso del material húmedo (gr)	1,000
Peso del material seco (gr)	927
Peso de agua contenida (gr)	73
Contenido de humedad (%)	0.17

Tabla 22. Contenido de Humedad del Agregado Grueso

AGREGADO GRUESO	
DESCRIPCIÓN	VALOR
Peso del recipiente (gr)	311
Peso del recipiente + material húmedo (gr)	5,311
Peso del recipiente + material seco (gr)	4,772
Peso del material húmedo (gr)	5,000
Peso del material seco (gr)	4,461

Peso de agua contenida (gr)	539
Contenido de Humedad (%)	0.84

MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200

Tabla 23. *Material que pasa la malla N°200 Agregado Fino*

AGREGADO FINO	
DESCRIPCIÓN	VALOR
Peso del recipiente (gr)	117
Peso del recipiente + material seco (gr)	1,112
Peso del recipiente + material seco lavado (gr)	1,076
Peso del material seco (gr)	995
Peso del material seco lavado (gr)	959
Peso de material pasante malla 200 (gr)	36
Material pasante malla 200 (%)	3.8

Tabla 24. *Material que pasa la malla N°200 Agregado Grueso*

AGREGADO GRUESO	
DESCRIPCIÓN	VALOR
Peso del recipiente (gr)	311
Peso del recipiente + material seco (gr)	3,289
Peso del recipiente + material seco lavado (gr)	3,277
Peso del material seco (gr)	2,978
Peso del material seco lavado (gr)	2,966
Peso de material pasante malla 200 (gr)	12
Material pasante malla 200 (%)	0.4

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

Tabla 25. *Peso específico y absorción del Agregado Fino*

AGREGADO FINO	
A	495.39
B	1341.20
S	500.00
M	377.70
Va	795.00
C	1654.50
Pea	= 2.65340118
PeSSS	= 2.6780932

Pen	=	2.72057774
Abs (%)	=	0.93057995

Tabla 26. Peso específico y absorción del Agregado Grueso

AGREGADO GRUESO	
A	4215.50
B	4252.10
C	2602.00

Pem	=	2.61264332
PeSSS	=	2.57687413
Pea	=	2.55469365
Abs (%)	=	0.86822441

PESO UNITARIO

Tabla 27. Calibración de moldes

CALIBRACIÓN DE MOLDES					
Molde	Peso molde (g)	Peso molde + agua + vidrio (g)	Peso vidrio (g)	Densidad (Kg/m ³)	Calibración (m ³)
1/3	5022.00	16477.00	2133.50	997.92	0.0093
1/10	2739.00	7663.00	2133.50	997.92	0.0028

Tabla 28. Peso Unitario del Agregado Fino y Grueso

CÁLCULO DE PESOS UNITARIOS						
Agregado	Molde (g)	Peso molde (g)	Peso molde + agregado (g)	Calibración (m ³)	Peso Unitario (Kg/m ³)	
Fino (Suelto)	1/10	2739.00	7022.00	0.0028	1531.6651	P.U.S. (Fino)
Fino (Compactado)	1/10	2739.00	7378.00	0.0028	1658.9761	P.U.C. (Fino)

Grueso (Suelto)	1/3	5022.00	19792.00	0.0093	1581.2206	P.U.S. (Grueso)
Grueso (Compactado)	1/3	5022.00	21155.00	0.0093	1727.1382	P.U.C. (Grueso)

4.1.2 Diseño de mezcla

4.1.2.1 Método de diseño ACI 211.1

El procedimiento pertenece al comité ACI 211.1. Donde podemos encontrar toda la metodología, riesgos, tablas y consideraciones a tener en cuenta para la dosificación de cada uno de los $F'c$ en análisis 210, 280 y 350 kg/cm^2 seleccionando para ello el método de los valores absolutos como se presenta a continuación.

Condiciones iniciales para el Diseño de mezcla:

- Se consideró un asentamiento de 2" a 4" para obtener una consistencia plástica normal y así tener una trabajabilidad adecuada del concreto en los elementos estructurales.
- Se usó agua potable de Trujillo.
- También se consideró la temperatura ambiente.

4.1.2.2 Diseño patrón de concreto de resistencia $f'c=210$ KG/CM2.

Para el diseño del concreto, se utilizó Cemento Inka tipo ICO el cual, así como presenta su ficha técnica se tiene los siguientes parámetros.

Datos para diseño:

Tabla 29. Resumen de las propiedades de los agregados

Materiales	P.e.	% Hum.	% Abs.	P.U.c	P.U.s
Agua	1	-----	-----	-----	-----
Cemento	3.08	-----	-----	-----	-----
Piedra 3/4"	2.58	0.84	0.86	1727.14	1581.22
Arena	2.65	0.17	0.93	1658.98	1531.66
Aditivo	1.23				

a. Resistencia promedio requerida.

Usamos el caso 3 debido a que no contamos con datos estadísticos, conforme a la Tabla 30 hallamos la resistencia promedio.

Tabla 30.

Tipo de Concreto	$F'c=210\text{kg/cm}^2$
M.F =	2.71
TMN =	3/4 "
Asentamiento	4" - 10 [cm]

Tabla 31.

$F'c$	$F'cr$
Menos de 210	$F'c + 70$
210-350	$F'c + 84$
>350	$F'c + 98$

b. Volumen de agua.

- De acuerdo con la Tabla 31 calculamos la aproximación de agua de mezclado y contenido de aire, de acuerdo con el asentamiento y tamaño máximo de agregado.
- Reducimos el 10% de agua de acuerdo a la ficha técnica del aditivo Chema Plast.

Tabla 32.

TMN =	3/4 "
Asent. =	10 [cm]
A =	205 [t/m ³]
Aire incorporado =	2.00%

c. Relación agua/cemento

Se calcula la relación a/c interpolando los valores de la Tabla 32 con respecto a la resistencia, este dato obtenido de la interpolación nos será de ayuda para conocer más adelante cuantas bolsas de cemento se requiere para dicho diseño de f'c.

Tabla 33. *Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto.*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (F'c)(kg/cm2)*	RELACIÓN AGUA/CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71
.		
F'cr =	294	[kg/cm ²]

Fuente: Parámetros extraídos de la Norma ACI 211 .1.

Interpolación

250	-----	0.62
294	-----	X
300	-----	0.55

$x = 0.5584$

$a/c = 0.558$

d. Cantidad de cemento

La cantidad de cemento resulta de dividir la cantidad de agua entre la relación a/c entre el peso de cada bolsa de cemento (42.5 kg).

$$C = \frac{A}{a/c} = \frac{205}{0.56}$$

$$C = 367.1 \text{ Kg}$$

$$C = 8.64 \text{ bolsas}$$

e. Cantidad de agregado.

Tomando como referencia la tabla 34: módulo de fineza de la combinación de agregados y en relación al número de bolsas de cemento a usar y Tamaño máximo nominal, se procede a interpolar entre los parámetros que te establece la tabla.

Tabla 34. *Módulo de fineza de la combinación de agregados*

TNM del agregado Grueso	Módulo de fuerza de la combinación de agregados el cual da las mejores condiciones de trabajabilidad para los distintos contenidos de cemento en bolsas/m3 (m)			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: Parámetros extraídos de la Norma ACI 211 .1.

Interpolación

8	-----	5.11
8.6	-----	X
9	-----	5.19

$$x = 0.5158 = 5.16 \text{ m}^3$$

f. Combinación de los agregados

Teniendo como referencia los valores obtenidos de la interpolación anterior, se procede a calcular la cantidad de los agregados a usar en la colada.

%V. AF	g.4 kg/m ³
--------	------------------------------

g. Sumatoria de Volúmenes Absolutos.

Teniendo como referencia los valores obtenidos, el peso unitario del cemento, agua, aire atrapado se calcula su volumen actuante en la combinación del concreto, para luego despejar la cantidad a usar de los agregados (grueso y fino).

Tabla 35.

	CANT.PESO (KG)	P.e (kg/m3)	VOLUMEN (m3)
CEMENTO	367	3100	0.118
AGUA	205	1000	0.205
AIRE ATRAPADO	-----		0.02
TOTAL			0.343

h. Cantidad de Agregados

Los valores obtenidos se difieren del volumen total para determinar cada acción de los materiales actuantes en volumen.

Tabla 36.

VOLUMEN TOTAL	1 m3
V.T. AGREGADOS	0.66 m3
V. AF	0.38 m3
V. AG	0.27 m3

i. Peso de Agregados

Conociendo los volúmenes actuantes de cada agregado, se procede a calcular los pesos en Kg.

Tabla 37.

A.F	1016.18	kg/m3
A.G	704.62	kg/m3

j. Sumatoria de la Colada

Conociendo los volúmenes actuantes de cada agregado, se procede a calcular los pesos en Kg/m3.

Tabla 38.

CEMENTO	367	kg/m3
A. FINO	1016	kg/m3
A. GRUESO	705	kg/m3
AGUA	205	kg/m3
TOTAL	k	kg/m3

k. Pesos corregidos por humedad

El reglamento en mención y guía, especifica una corrección por humedad el cual implica la absorción de los agregados (grueso y fino)

los cuales los parámetros ya están estipulados, los cuales obtuvieron como resultado.

Tabla 39.

A. GRUESO	711 kg/m ³
A. FINO	1018 kg/m ³

I. Agua Efectiva

Dado la corrección de los pesos de los agregados por humedad se procede a corregir el agua interviniente en la dosificación por acción de la humedad y su alcance en los agregados corregidos anteriormente.

Tabla 40.

A. GRUESO	-0.14 Lts.
A. FINO	-7.72 Lts.
AGUA EFECTIVA	213 Lts./m ³

m. Pesos Corregidos Finales

Finalmente se logra obtener la cantidad de Kg por cada m³ a ser utilizado teniendo como resultado:

Tabla 41

CEMENTO	367 kg/m ³
A. FINO	1018 kg/m ³
A. GRUESO	711 kg/m ³
AGUA	213 kg/m ³
TOTAL	2308 kg/m ³

n. Proporciones en peso

Las proporciones a usar en cualquier contenedor para diferentes tamaños de tandas, se expresará a dimensionalmente, para ello, se dividirá entre el peso del Cemento para tener como unidad el cemento y en base a ello se calcule lo restante de los agregados.

Tabla 42.

CEMENTO	1
A. FINO	2.77
A. GRUESO	1.94
AGUA	24.64 Lts/Bls

1:2.77:1.94:24.64 Lt/bol

Nota: El ADITIVO CHEMA PLAST se diseñó de acuerdo a la ficha técnica donde especifica de 154 a 306 ml por bolsa de cemento el cual fue incorporado al concreto: 200 ml por bolsa

4.1.2.3 Diseño de concreto de resistencia $f'c=280$ KG/CM²

Para el diseño del concreto, se utilizó Cemento Inka tipo ICO el cual, así como presenta su ficha técnica se tiene los siguientes parámetros.

Datos para diseño:

Tabla 43.

Materiales	P.e.	% Hum.	% Abs.	P.U.c	P.U.s
Agua	1	-----	-----	-----	-----
Cemento	3.08	-----	-----	-----	-----
Piedra 3/4"	2.58	0.84	0.86	1727.14	1581.22
Arena	2.65	0.17	0.93	1658.98	1531.66
Aditivo	1.23				

a. Resistencia promedio requerida.

Usamos el caso 3 debido a que no contamos con datos estadísticos, conforme a la Tabla 43 hallamos la resistencia promedio.

Tabla 44.

Tipo de Concreto	$F'c=280$ kg/cm ²
M.F =	2.71
TMN =	3/4 "
Asentamiento	4" - 10 [cm]

Tabla 45.

F'c	F'cr
Menos de 210	F'c + 70
210-350	F'c + 84
>350	F'c + 98

F'c	280 [kg/cm ²]
------------	------------------------------

Como $211 < F'_{cr} < 352$; $F'_{cr} = F'_c + 84$

F'_c	364 [kg/cm ²]
--------	------------------------------

b. Volumen de agua.

- De acuerdo con la Tabla 44 calculamos la aproximación de agua de mezclado y contenido de aire, de acuerdo con el asentamiento y tamaño máximo de agregado.
- Reducimos el 10% de agua de acuerdo a la ficha técnica del aditivo Chema Plast.

Tabla 46.

TMN	3/4 "
Asent.	10 [cm]
A	205 [lt/m ³]
Aire incorporado	2.00%

c. Relación agua/cemento

Se calcula la relación a/c interpolando los valores de la Tabla 46 con respecto a la resistencia, este dato obtenido de la interpolación nos será de ayuda para conocer más adelante cuantas bolsas de cemento se requiere para dicho diseño de f'_c .

Tabla 47.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (F'_{cr})(kg/cm ²)*	RELACIÓN AGUA/CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Parámetros extraídos de la Norma ACI 211 .1.

$F'_{cr} =$	294 [kg/cm ²]
-------------	---------------------------

Interpolación:

350	-----	0.48
364	-----	X
400	-----	0.43

$x = 0.466$
$a/c = 0.47$

d. Cantidad de cemento.

La cantidad de cemento resulta de dividir la cantidad de agua entre la relación a/c entre el peso de cada bolsa de cemento (42.5 kg).

$$C = \frac{A}{a/c} = \frac{205}{0.466}$$

$$C = 440 \text{ Kg}$$

$$C = 10.4 \text{ bolsas}$$

e. Cantidad de agregado.

Tomando como referencia la tabla 48: módulo de fineza de la combinación de agregados y en relación al número de bolsas de cemento a usar y Tamaño máximo nominal, se procede a interpolar entre los parámetros que te establece la tabla.

Tabla 48.

TNM del agregado Grueso	Módulo de fuerza de la combinación de agregados el cual da las mejores condiciones de trabajabilidad para el distintos contenidos de cemento en bolsas/m ³ (m)			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	5.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: Parámetros extraídos de la Norma ACI 211 .1.

Interpolación:

8	-----	5.11
8.6	-----	X
9	-----	5.19
$x = 5.16 \text{ m}^3$		

f. Combinación de los agregados

Teniendo como referencia los valores obtenidos de la interpolación anterior, se procede a calcular la cantidad de los agregados a usar en la colada.

%V. AF	58.4 kg/m ³
--------	------------------------

g. Sumatoria de Volúmenes Absolutos.

Teniendo como referencia los valores obtenidos, el peso unitario del cemento, agua, aire atrapado se calcula su volumen actuante en la combinación del concreto, para luego despejar la cantidad a usar de los agregados (grueso y fino).

Tabla 49.

	CANT.PESO (KG)	P.e (kg/m ³)	VOLUMEN (m ³)
CEMENTO	440	3100	0.142
AGUA	205	1000	0.205
AIRE ATRAPADO	-----		0.020
TOTAL			0.367

h. Cantidad de Agregados

Los valores obtenidos se difieren del volumen total para determinar cada acción de los materiales actuantes en volumen.

Tabla 50.

VOLUMEN TOTAL	1.00 m ³
V.T. AGREGADOS	0.63 m ³
V. AF	0.37 m ³
V. AG	i.26 m³

i. Peso de Agregados

Conociendo los volúmenes actuantes de cada agregado, se procede a calcular los pesos en Kg.

Tabla 51.

A.F	979.842 kg/m ³
A.G	j.419 kg/m ³

j. Sumatoria de la Colada

Conociendo los volúmenes actuantes de cada agregado, se procede a calcular los pesos en Kg/m³.

Tabla 52.

CEMENTO	440 kg/m ³
A. FINO	980 kg/m ³
A. GRUESO	679 kg/m ³
AGUA	205 kg/m ³
TOTAL	k kg/m ³

k. Pesos corregidos por humedad

El reglamento en mención y guía, especifica una corrección por humedad el cual implica la absorción de los agregados (grueso y fino) los cuales los parámetros ya están estipulados, los cuales obtuvieron como resultado.

Tabla 53.

A. GRUESO	685 kg/m ³
A. FINO	982 kg/m ³

l. Agua Efectiva

Dado la corrección de los pesos de los agregados por humedad se procede a corregir el agua interviniente en la dosificación por acción de la humedad y su alcance en los agregados corregidos anteriormente.

Tabla 54.

A. GRUESO	-0.14 Lts.
A. FINO	-7.45 Lts.
AGUA EFECTIVA	213 Lts./m ³

m. Pesos Corregidos Finales

Finalmente se logra obtener la cantidad de Kg por cada m³ a ser utilizado teniendo como resultado:

Tabla 55.

CEMENTO	440 kg/m ³
A. FINO	982 kg/m ³
A. GRUESO	685 kg/m ³
AGUA	213 kg/m ³
TOTAL	2319 kg/m³

n. Proporciones en peso

Las proporciones a usar en cualquier contenedor para diferentes tamaños de tandas, se expresará a dimensionalmente, para ello, se dividirá entre el peso del Cemento para tener como unidad el cemento y en base a ello se calcule lo restante de los agregados.

Tabla 56.

CEMENTO	1.00
A. FINO	2.23
A. GRUESO	1.56
AGUA	20.54 Lts/Bls

1:2.23:1.56:21 lts/bol

Nota: El ADITIVO CHEMA PLAST se diseñó de acuerdo a la ficha técnica donde especifica de 154 a 306 ml por bolsa de cemento el cual fue incorporado al concreto: 250 ml por bolsa

4.1.2.4 Diseño de concreto de resistencia $f'c=350$ kg/cm²

Para el diseño del concreto, se utilizó Cemento Inka tipo ICO el cual, así como presenta su ficha técnica se tiene los siguientes parámetros.

Datos para diseño:

Tabla 57.

Materiales	P.e.	% Hum.	% Abs.	P.U.c	P.U.s
Agua	1	-----	-----	-----	-----
Cemento	3.08	-----	-----	-----	-----
Piedra 3/4"	2.58	0.84	0.86	1727.14	1581.22
Arena	2.65	0.17	0.93	1658.98	1531.66
Aditivo	1.23				

a. Resistencia promedio requerida.

Usamos el caso 3 debido a que no contamos con datos estadísticos, conforme a la Tabla 57 hallamos la resistencia promedio.

Tabla 58.

Tipo de Concreto	$F'c=350\text{kg/cm}^2$
M.F =	2.71
TMN =	3/4 "
Asentamiento	4" - 10 [cm]

Tabla 59.

$F'c$	$F'cr$
Menos de 210	$F'c + 70$
210-350	$F'c + 84$
>350	$F'c + 98$

b. Volumen de agua.

- De acuerdo con la Tabla 58 calculamos la aproximación de agua de mezclado y contenido de aire, de acuerdo con el asentamiento y tamaño máximo de agregado.
- Reducimos el 10% de agua de acuerdo a la ficha técnica del aditivo Chema Plast.

Tabla 60.

TMN =	3/4 "
Asent. =	10 [cm]
A =	205 [lt/m ³]
Aire incorporado =	2.00%

c. Relación agua/cemento

Se calcula la relación a/c interpolando los valores de la Tabla 60 con respecto a la resistencia, este dato obtenido de la interpolación nos será de ayuda para conocer más adelante cuantas bolsas de cemento se requiere para dicho diseño de $f'c$.

Tabla 61. *Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto.*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (F'cr)(kg/cm2)*	RELACIÓN AGUA/CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Parámetros extraídos de la Norma ACI 211 .1.

F'cr =	294 [kg/cm2]
--------	--------------

Interpolación:

400	-----	0.43
448	-----	X
450	-----	0.38

x = 0.466
a/c = 0.47

d. Cantidad de cemento.

La cantidad de cemento resulta de dividir la cantidad de agua entre la relación a/c entre el peso de cada bolsa de cemento (42.5 kg).

$$C = \frac{A}{a/c} = \frac{205}{0.382}$$

$$C = 537 \text{ Kg}$$

$$C = 12.6 \text{ bolsas}$$

e. Cantidad de agregado.

Tomando como referencia la tabla 62: módulo de fineza de la combinación de agregados y en relación al número de bolsas de cemento a usar y Tamaño máximo nominal, se procede a interpolar entre los parámetros que te establece la tabla.

Tabla 62. *Módulo de fineza de la combinación de agregados*

TNM del agregado Grueso	Módulo de fuerza de la combinación de agregados el cual da las mejores condiciones de trabajabilidad para el distintos contenidos de cemento en bolsas/m3 (m)
-------------------------	---

	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	5.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: Parámetros extraídos de la Norma ACI 211 .1.

Interpolación:

9	-----	5.19
9	-----	X
9	-----	5.19

X	5.19 m3
---	---------

f. Combinación de los agregados

Teniendo como referencia los valores obtenidos de la interpolación anterior, se procede a calcular la cantidad de los agregados a usar en la colada.

%V. AF	60.57 kg/m3
--------	-------------

g. Sumatoria de Volúmenes Absolutos.

Teniendo como referencia los valores obtenidos, el peso unitario del cemento, agua, aire atrapado se calcula su volumen actuante en la combinación del concreto, para luego despejar la cantidad a usar de los agregados (grueso y fino).

Tabla 63.

	CANT.PESO (KG)	P.e (kg/m3)	VOLUMEN (m3)
CEMENTO	537	3100	0.173
AGUA	205	1000	0.205
AIRE ATRAPADO	-----		0.020
TOTAL			0.398

h. Cantidad de Agregados

Los valores obtenidos se difieren del volumen total para determinar cada acción de los materiales actuantes en volumen.

Tabla 64.

VOLUMEN TOTAL	1 m ³
V.T. AGREGADOS	0.6 m ³
V. AF	0.36 m ³
V. AG	0.24 m ³

i. Peso de Agregados

Conociendo los volúmenes actuantes de cada agregado, se procede a calcular los pesos en Kg.

Tabla 65.

A.F	966.130 kg/m ³
A.G	612.260 kg/m ³

j. Sumatoria de la Colada

Conociendo los volúmenes actuantes de cada agregado, se procede a calcular los pesos en Kg/m³

Tabla 66.

CEMENTO	537 kg/m ³
A. FINO	966 kg/m ³
A. GRUESO	612 kg/m ³
AGUA	205 kg/m ³
TOTAL	2320 kg/m ³

k. Pesos corregidos por humedad

El reglamento en mención y guía, especifica una corrección por humedad el cual implica la absorción de los agregados (grueso y fino) los cuales los parámetros ya están estipulados, los cuales obtuvieron como resultado.

Tabla 67.

A. GRUESO	617 kg/m ³
A. FINO	968 kg/m ³

l. Agua Efectiva

Dado la corrección de los pesos de los agregados por humedad se procede a corregir el agua interviniente en la dosificación por acción de la humedad y su alcance en los agregados corregidos anteriormente.

Tabla 68.

A. GRUESO	-0.12 Lts.
A. FINO	-7.34 Lts.
AGUA EFECTIVA	212 Lts./m ³

m. Pesos Corregidos Finales

Finalmente se logra obtener la cantidad de Kg por cada m³ a ser utilizado teniendo como resultado:

Tabla 69.

CEMENTO	537 kg/m ³
A. FINO	968 kg/m ³
A. GRUESO	617 kg/m ³
AGUA	212 kg/m ³
TOTAL	2334 kg/m ³

n. Proporciones en peso

Las proporciones a usar en cualquier contenedor para diferentes tamaños de tandas, se expresará a dimensionalmente, para ello, se dividirá entre el peso del Cemento para tener como unidad el cemento y en base a ello se calcule lo restante de los agregados.

Tabla 70.

CEMENTO	1
A. FINO	1.803
A. GRUESO	1.150
AGUA	16.82 Lts/Bls

1:1.8:1.15:17 Lts/ bol

Nota: El ADITIVO CHEMA PLAST se diseñó de acuerdo a la ficha técnica donde especifica de 154 a 306 ml por bolsa de cemento el cual fue incorporado al concreto: 300 ml por bolsa

4.1.3 Resumen de diseños de mezclas

Tabla 71.

Resumen de diseños de mezcla por volumen p/1 m ³							
Resistencia f'c	Agua	Cemento	Grava	Arena	Aire	Aditivo	Total
210kg/cm ² + adt.	0.09	0.139	0.308	0.441	0.002	0.02	1
280kg/cm ² + adt.	0.09	0.170	0.295	0.423	0.002	0.02	1
350kg/cm ² + adt.	0.09	0.209	0.264	0.415	0.002	0.02	1

4.1.4 Ensayos del concreto en estado fresco

Tabla 72.

Ensayos del concreto en estado fresco		
Resistencia f'c	Temp (c°)	Slump (pulg)
210kg/cm ² + adt.	21.2	4
280kg/cm ² + adt.	21.5	4 1/4
350kg/cm ² + adt.	22	4 1/4

4.2 Resistencia a la compresión

4.2.1 Resistencia a la compresión del concreto de 210 kg/cm²+ diferentes porcentajes de PET

Tabla 73.

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD

ORIGEN: CANTERA LEKERSA – EL MILAGRO

REALIZADO: CHERO CORDOVA KAREN Y RODRIGUEZ PEREZ JHOMNY

POR:

ESFUERZO: 210 kg/cm² + ADITIVO CHEMA PLAST + 0%PET

MUESTRAS: 3

ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c=210kg/cm² EDAD 28DÍAS

PROBETA N°	DIÁMETRO cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA		EDAD Días	FECHA	
				kg/cm ²	(%)		ELAB.	ENSAYO
210-1	15.04	177.56	38887.4	219	104%	28	12/11/2019	11/12/2019
210-2	15.04	177.56	39952.9	225	107%	28	12/11/2019	11/12/2019
210-3	15.04	177.56	39597.7	223	106%	28	12/11/2019	11/12/2019
PROMEDIO				223	106%			

Tabla 74.

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL								
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD								
ORIGEN:	CANTERA LEKERSA – EL MILAGRO							
REALIZADO POR:	CHERO CORDOVA KAREN Y RODRIGUEZ PEREZ JHOMNY							
ESFUERZO:	210 kg/cm ² + ADITIVO CHEMA PLAST + 5%PET							
MUESTRAS:	3							

ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c=210kg/cm ² + Aditivo. EDAD 7 DÍAS								
PROBETA N°	DIÁMETRO cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA		EDAD Días	FECHA	
				kg/cm ²	(%)		ELAB.	ENSAYO
210-4	15.04	177.56	40663.1	229	109%	28	12/11/2019	11/12/2019
210-5	15.04	177.56	40308.0	227	108%	28	12/11/2019	11/12/2019
210-6	15.04	177.56	41018.3	231	110%	28	12/11/2019	11/12/2019
PROMEDIO				229.0	109%			

Tabla 75.

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL								
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD								
ORIGEN:	CANTERA LEKERSA – EL MILAGRO							
REALIZADO POR:	CHERO CORDOVA KAREN Y RODRIGUEZ PEREZ JHOMNY							
ESFUERZO:	210 kg/cm ² + ADITIVO CHEMA PLAST + 10%PET							
MUESTRAS:	3							

ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c=210kg/cm ² EDAD 28DÍAS								
PROBETA N°	DIÁMETRO cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA A		EDAD Días	FECHA	
				kg/cm ²	(%)		ELAB.	ENSAYO
210-7	15.04	177.56	38887.4	219	104%	28	13/11/2019	12/12/2019
210-8	15.04	177.56	40308.0	227	108%	28	13/11/2019	12/12/2019
210-9	15.04	177.56	39597.7	223	106%	28	13/11/2019	12/12/2019
PROMEDIO				223	106%			

Tabla 76.

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL	
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD	
ORIGEN:	CANTERA LEKERSA – EL MILAGRO
REALIZADO POR:	CHERO CORDOVA KAREN Y RODRIGUEZ PEREZ JHOMNY
ESFUERZO:	210 kg/cm ² + ADITIVO CHEMA PLAST + 15%PET
MUESTRAS:	3

ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c=210kg/cm ² + Aditivo. EDAD 7 DÍAS								
PROBETA N°	DIÁMETRO cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA		EDAD Días	FECHA	
				kg/cm ²	(%)		ELAB.	ENSAYO
210-10	15.04	177.56	39775.3	224	107%	28	13/11/2019	12/12/2019
210-11	15.04	177.56	40130.4	226	108%	28	13/11/2019	12/12/2019
210-12	15.04	177.56	41195.8	232	110%	28	13/11/2019	12/12/2019
PROMEDIO				227.3	108%			

4.2.2 Resistencia a la compresión del concreto de 280 kg/cm² + Aditivo (T-32-33)

Tabla 77.

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL	
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD	
ORIGEN:	CANTERA LEKERSA – EL MILAGRO
REALIZADO POR:	CHERO CORDOVA KAREN Y RODRIGUEZ PEREZ JHOMNY
ESFUERZO:	280 kg/cm ² + ADITIVO CHEMA PLAST + 0%PET
MUESTRAS:	3

ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - $F'c=210\text{kg/cm}^2$ EDAD 28DÍAS								
PROBETA N°	DIÁMETRO cm	ÁREA cm^2	CARGA kg	RESISTENCIA		EDAD Días	FECHA	
				kg/cm^2	(%)		ELAB.	ENSAYO
280-1	15.04	177.56	49896.7	281	100.4%	28	12/11/2019	11/12/2019
280-2	15.04	177.56	52027.5	293	104.6%	28	12/11/2019	11/12/2019
280-3	15.04	177.56	49008.8	276	98.6%	28	12/11/2019	11/12/2019
PROMEDIO				223	101.2%			

Tabla 78.

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL								
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD								
ORIGEN:	CANTERA LEKERSA – EL MILAGRO							
REALIZADO POR:	CHERO CORDOVA KAREN Y RODRIGUEZ PEREZ JHOMNY							
ESFUERZO:	280 kg/cm^2 + ADITIVO CHEMA PLAST + 5%PET							
MUESTRAS:	3							
ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - $F'c=210\text{kg/cm}^2$ + Aditivo. EDAD 7 DÍAS								
PROBETA N°	DIÁMETRO cm	ÁREA cm^2	CARGA kg	RESISTENCIA		EDAD Días	FECHA	
				kg/cm^2	(%)		ELAB.	ENSAYO
280-4	15.04	177.56	49364.0	278	99.3%	28	12/11/2019	11/12/2019
280-5	15.04	177.56	52027.5	293	104.6%	28	12/11/2019	11/12/2019
280-6	15.04	177.56	53980.7	304	108.6%	28	12/11/2019	11/12/2019
PROMEDIO				291.7	104.2%			

Tabla 79.

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL								
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD								
ORIGEN:	CANTERA LEKERSA – EL MILAGRO							
REALIZADO POR:	CHERO CORDOVA KAREN Y RODRIGUEZ PEREZ JHOMNY							
ESFUERZO:	280 kg/cm^2 + ADITIVO CHEMA PLAST + 10%PET							
MUESTRAS:	3							

ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c=210kg/cm ² EDAD 28DÍAS								
PROBETA N°	DIÁMETRO cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA		EDAD Días	FECHA	
				kg/cm ²	(%)		ELAB.	ENSAYO
280-7	15.04	177.56	50784.5	286	102.1%	28	12/11/2019	11/12/2019
280-8	15.04	177.56	52205.1	294	105.0%	28	12/11/2019	11/12/2019
280-9	15.04	177.56	53448.0	301	107.5%	28	12/11/2019	11/12/2019
PROMEDIO				223	105%			

Tabla 80.

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL								
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD								
ORIGEN:	CANTERA LEKERSA – EL MILAGRO							
REALIZADO POR:	CHERO CORDOVA KAREN Y RODRIGUEZ PEREZ JHOMNY							
ESFUERZO:	280 kg/cm ² + ADITIVO CHEMA PLAST + 15%PET							
MUESTRAS:	3							

ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c=210kg/cm ² + Aditivo. EDAD 7 DÍAS								
PROBETA N°	DIÁMETRO cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA		EDAD Días	FECHA	
				kg/cm ²	(%)		ELAB.	ENSAYO
280-10	15.04	177.56	53803.2	303	108.2%	28	12/11/2019	11/12/2019
280-11	15.04	177.56	50607.0	285	101.8%	28	12/11/2019	11/12/2019
280-12	15.04	177.56	50607.0	285	101.5%	28	12/11/2019	11/12/2019
PROMEDIO				291.0	103.9%			

4.2.3 Resistencia a la compresión del concreto de 350 kg/cm² + Aditivo (T-34-35)

Tabla 81.

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL								
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD								
ORIGEN:	CANTERA LEKERSA – EL MILAGRO							
REALIZADO POR:	CHERO CORDOVA KAREN Y RODRIGUEZ PEREZ JHOMNY							
ESFUERZO:	350 kg/cm ² + ADITIVO CHEMA PLAST + 0%PET							
MUESTRAS:	3							

ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$. EDAD 28 DÍAS								
PROBETA N°	DIÁMETRO cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA		EDAD Días	FECHA	
				kg/cm ²	(%)		ELAB.	ENSAYO
350-1	15.04	177.56	60728.3	342	97.7%	28	12/11/2019	11/12/2019
350-2	15.04	177.56	63214.3	356	101.7%	28	12/11/2019	11/12/2019
350-3	15.04	177.56	61971.3	349	99.7%	28	12/11/2019	11/12/2019
PROMEDIO				349.0	99.7%			

Tabla 82.

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL								
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD								
ORIGEN:	CANTERA LEKERSA – EL MILAGRO							
REALIZADO POR:	CHERO CORDOVA KAREN Y RODRIGUEZ PEREZ JHOMNY							
ESFUERZO:	350 kg/cm ² + ADITIVO CHEMA PLAST + 5%PET							
MUESTRAS:	3							
ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - $F'c=280\text{kg/cm}^2$ + Aditivo. EDAD 28 DÍAS								
PROBETA N°	DIÁMETRO cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA		EDAD Días	FECHA	
				kg/cm ²	(%)		ELAB.	ENSAYO
350-4	15.04	177.56	65167.5	367	104.9%	28	12/11/2019	11/12/2019
350-5	15.04	177.56	63214.3	356	101.7%	28	12/11/2019	11/12/2019
350-6	15.04	177.56	66233.0	373	106.6%	28	12/11/2019	11/12/2019
PROMEDIO				365.3	104.4%			

Tabla 83.

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL								
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD								
ORIGEN:	CANTERA LEKERSA – EL MILAGRO							
REALIZADO POR:	CHERO CORDOVA KAREN Y RODRIGUEZ PEREZ JHOMNY							
ESFUERZO:	350 kg/cm ² + ADITIVO CHEMA PLAST + 10%PET							
MUESTRAS:	3							

ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c=350kg/cm ² . EDAD 28 DÍAS								
PROBETA N°	DIÁMETRO cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA		EDAD Días	FECHA	
				kg/cm ²	(%)		ELAB.	ENSAYO
350-7	15.04	177.56	62326.5	351	100.3%	28	3/01/2020	3/02/2019
350-8	15.04	177.56	63214.3	356	101.7%	28	3/01/2020	3/02/2019
350-9	15.04	177.56	63391.9	357	102.0%	28	3/01/2020	3/02/2019
PROMEDIO				354.7	101.3%			

Tabla 84.

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL	
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD	
ORIGEN:	CANTERA LEKERSA – EL MILAGRO
REALIZADO POR:	CHERO CORDOVA KAREN Y RODRIGUEZ PEREZ JHOMNY
ESFUERZO:	350 kg/cm ² + ADITIVO CHEMA PLAST + 15%PET
MUESTRAS:	

ENSAYO DE COMPRESIÓN NORMA ASTM C 39 - F'c=350kg/cm ² + Aditivo. EDAD 28 DÍAS									
PROBETA	N°	DIÁMETRO cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA		EDAD Días	FECHA	
					kg/cm ²	(%)		ELAB.	ENSAYO
350-10		15.04	177.56	65167.5	367	104.9%	28	3/01/2020	3/02/2019
350-11		15.04	177.56	63569.4	356	101.7%	28	3/01/2020	3/02/2019
350-12		15.04	177.56	63747.0	359	102.6%	28	3/01/2020	3/02/2019
PROMEDIO					360.7	103.0%			

4.2.4 RESUMEN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tabla 85. Resumen de resistencia a la compresión a diferentes % de adición de PET.

ESFUERZO VS. ADICIÓN			
% ADICIÓN	F'c=210kg/cm ²	F'c=280kg/cm ²	F'c=350kg/cm ²
0	222.3	283.3	349.0
5	229.0	291.7	365.3
10	223.0	293.7	354.7
15	227.3	291.0	360.7

4.3 Módulo de elasticidad estático experimental

4.3.1 Módulo de elasticidad estático para un concreto de 210 kg/cm²

4.3.1.1 0% PET

Tabla 86. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-1E f'c= 210 kg/cm² + 0% Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA F'c=210 kg /cm ² + 0% ADICIONADO PET					
ESPÉCIMEN N°:	210-1E	DIÁMETRO (cm):	15.04		
FECHA DE ENSAYO:	2/03/2020	ÁREA (cm ²):	177.65		
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.15		
CARGA DE ROTURA (kg):	39491.595	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	222.3		
40%	15796.638	40%	88.92		
CARGA (kg-f)	DEFORMACIÓN δ1 δ final (cm)*10 ⁻³		DEF. ESPECÍFICA (cm/cm)	DEF. ESPECÍFICA x 10E-4	ESFUERZO (Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	2.0	0.00200	0.000066	0.66	6
2000	4.0	0.00400	0.000133	1.33	11
3000	5.0	0.00500	0.000166	1.66	17
4000	6.0	0.00600	0.000199	1.99	23
5000	7.0	0.00700	0.000232	2.32	28
6000	8.0	0.00800	0.000265	2.65	34
7000	8.0	0.00800	0.000265	2.65	39
8000	9.0	0.00900	0.000299	2.99	45
9000	9.0	0.00900	0.000299	2.99	51
10000	9.0	0.00900	0.000299	2.99	56
11000	10.0	0.01000	0.000332	3.32	62
12000	11.0	0.01100	0.000365	3.65	68
13000	11.0	0.01100	0.000365	3.65	73
14000	12.0	0.01200	0.000398	3.98	79
15000	13.0	0.01300	0.000431	4.31	84
16000	14.0	0.01400	0.000464	4.64	90
17000	17.0	0.01700	0.000564	5.64	96

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 88.92$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 4.243$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.0004576$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 207745.63 \text{ Kg/cm}^2$$

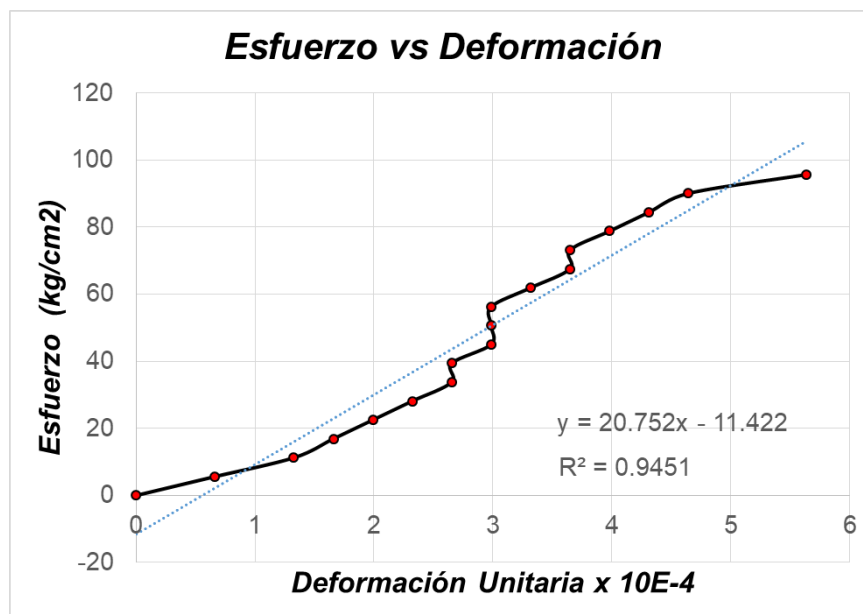


Figura 5. Esfuerzo - Deformación Especimen # 210-1E f'c= 210 kg/cm² + 0% Adicionado PET

Tabla 87. Esfuerzo - Deformación Especimen # 210-2E f'c= 210 kg/cm² + 0% Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA F'c=210 kg /cm ² + 0% ADICIONADO PET					
ESPÉCIMEN N°:	210-2E		DIÁMETRO (cm):	15.04	
FECHA DE ENSAYO:	2/03/2020		ÁREA (cm):	177.65	
EDAD (días):	28		Lo (cm):	30.05	
CARGA DE ROTURA (kg):	39491.595		RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	222.3	
40%	15796.638		40%	88.92	
CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ ₁	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0.00000	0.000000	0.00	0
1000	3.0	0.00300	0.000100	1.00	6
2000	4.0	0.00400	0.000133	1.33	11
3000	4.5	0.00450	0.000150	1.50	17
4000	6.0	0.00600	0.000200	2.00	23
5000	7.0	0.00700	0.000233	2.33	28
6000	8.0	0.00800	0.000266	2.66	34
7000	8.5	0.00850	0.000283	2.83	39
8000	9.0	0.00900	0.000300	3.00	45
9000	9.0	0.00900	0.000300	3.00	51
10000	9.5	0.00950	0.000316	3.16	56
11000	10.5	0.01050	0.000349	3.49	62
12000	11.0	0.01100	0.000366	3.66	68

13000	11.5	0.01150	0.000383	3.83	73
14000	12.0	0.01200	0.000399	3.99	79
15000	12.5	0.01250	0.000416	4.16	84
16000	14.0	0.01400	0.000466	4.66	90
17000	17.0	0.01700	0.000566	5.66	96

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 88.92$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 2.819$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.0004557$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 212207.3201 \text{ Kg/cm}^2$$

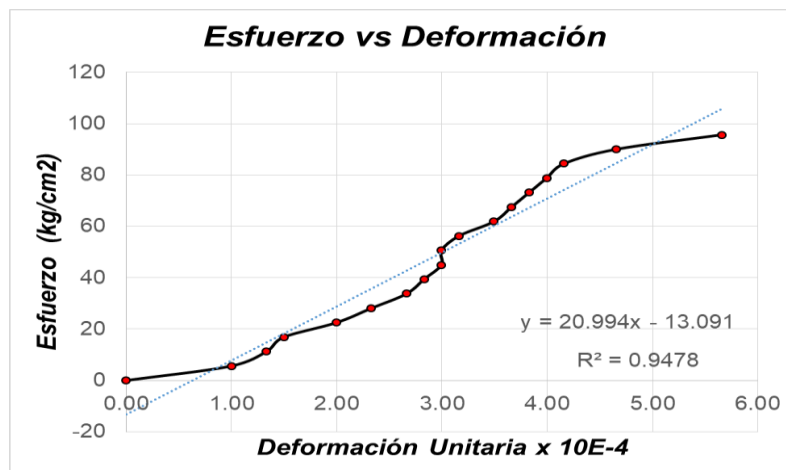


Figura 6. Esfuerzo - Deformación Especimen # 210-2E $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET

Tabla 88. Esfuerzo - Deformación Especimen # 210-3E $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ ADICIONADO PET

ESPÉCIMEN N°:	210-3E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	2/03/2020	ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	29.87
CARGA DE ROTURA (kg):	39491.595	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm²):	222.3
40%	15796.638	40%	88.92

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	$\delta 1$	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	3.0	0.00300	0.000100	1.00	6
2000	4.0	0.00400	0.000134	1.34	11
3000	5.0	0.00500	0.000167	1.67	17
4000	6.0	0.00600	0.000201	2.01	23
5000	7.0	0.00700	0.000234	2.34	28
6000	8.0	0.00800	0.000268	2.68	34
8000	9.0	0.00900	0.000301	3.01	45
9000	9.0	0.00900	0.000301	3.01	51
10000	9.0	0.00900	0.000301	3.01	56
11000	10.0	0.01000	0.000335	3.35	62
12000	11.0	0.01100	0.000368	3.68	68
13000	11.0	0.01100	0.000368	3.68	73
14000	12.0	0.01200	0.000402	4.02	79
15000	13.0	0.01300	0.000435	4.35	84
16000	14.0	0.01400	0.000469	4.69	90
17000	16.0	0.01600	0.000536	5.36	96

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 88.92$$

$$\sigma (0.00005) \text{ (kg/cm)} = 2.802$$

$$\varepsilon (0.4 \sigma \text{ Max}) = 0.0004619$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 209079.5781 \text{ Kg/cm}^2$$

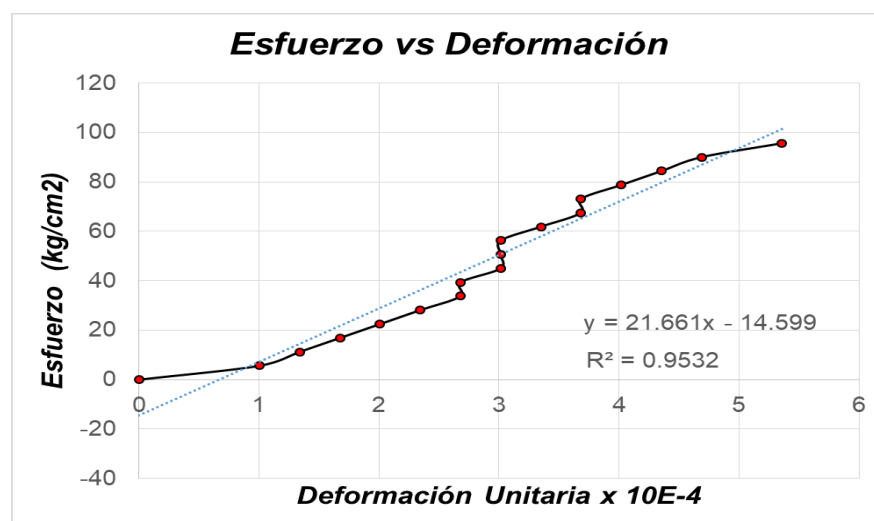


Figura 7. Esfuerzo - Deformación Especimen # 210-3E f'c= 210 kg/cm² + 0% Adicionado PET

$$\text{PROMEDIO} = 209677.51 \text{ Kg/cm}^2$$

4.3.1.2 5% PET

Tabla 89. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-4E f'c= 210 kg/cm2 + 5% Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA F'c=210 kg /cm2 + 5% ADICIONADO PET					
ESPÉCIMEN N°:	210-4E	DIÁMETRO (cm):	15.04		
FECHA DE ENSAYO:	3/03/2020	ÁREA (cm):	177.65		
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.15		
CARGA DE ROTURA (kg):	40681.85	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	229.0		
40%	16272.74	40%	91.6		

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	2.0	0.00200	0.000066	0.66	6
2000	4.0	0.00400	0.000133	1.33	11
3000	5.0	0.00500	0.000166	1.66	17
4000	5.5	0.00550	0.000182	1.82	23
5000	6.0	0.00600	0.000199	1.99	28
6000	6.0	0.00600	0.000199	1.99	34
8000	7.0	0.00700	0.000232	2.32	45
9000	7.0	0.00700	0.000232	2.32	51
10000	8.0	0.00800	0.000265	2.65	56
11000	8.0	0.00800	0.000265	2.65	62
12000	9.0	0.00900	0.000299	2.99	68
13000	9.0	0.00900	0.000299	2.99	73
14000	10.0	0.01000	0.000332	3.32	79
15000	10.0	0.01000	0.000332	3.32	84
16000	11.0	0.01100	0.000365	3.65	90
17000	14.0	0.01400	0.000464	4.64	96
18000	15.0	0.01500	0.000498	4.98	101
19000	17.0	0.01700	0.000564	5.64	107

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 91.6$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 4.24289333$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.000391981$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 255444.505 \text{ Kg/cm}^2$$

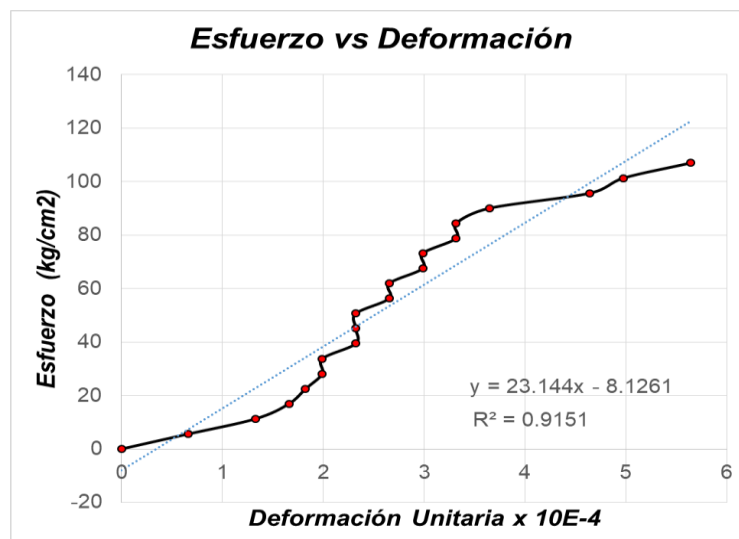


Figura 8. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-4E $f'_c = 210$ kg/cm² + 5% Adicionado PET

Tabla 90. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-5E $f'_c = 210$ kg/cm² + 5% Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $F'_c = 210$ kg /cm² + 5% ADICIONADO PET

ESPÉCIMEN N°:	210-5E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	3/03/2020	ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	29.9
CARGA DE ROTURA (kg):	40681.85	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	229.0
40%	16272.74	40%	91.6

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0.00000	0.000000	0.00	0
1000	3.5	0.00350	0.000117	1.17	6
2000	4.0	0.00400	0.000134	1.34	11
3000	5.0	0.00500	0.000167	1.67	17
4000	5.5	0.00550	0.000184	1.84	23
5000	6.0	0.00600	0.000201	2.01	28
6000	6.0	0.00600	0.000201	2.01	34
7000	7.0	0.00700	0.000234	2.34	39
8000	7.0	0.00700	0.000234	2.34	45
9000	7.5	0.00750	0.000251	2.51	51

10000	8.0	0.00800	0.000268	2.68	56
11000	8.5	0.00850	0.000284	2.84	62
12000	9.0	0.00900	0.000301	3.01	68
13000	9.0	0.00900	0.000301	3.01	73
14000	10.0	0.01000	0.000334	3.34	79
15000	10.5	0.01050	0.000351	3.51	84
16000	11.0	0.01100	0.000368	3.68	90
17000	14.0	0.01400	0.000468	4.68	96
18000	15.0	0.01500	0.000502	5.02	101
19000	16.0	0.01600	0.000535	5.35	106.95

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 91.6$$

$$\sigma (0.00005) \text{ (kg/cm)} = 2.404406739$$

$$\varepsilon (0.4 \sigma \text{ Max}) = 0.000395258$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 258344.6094 \text{ Kg/cm}^2$$

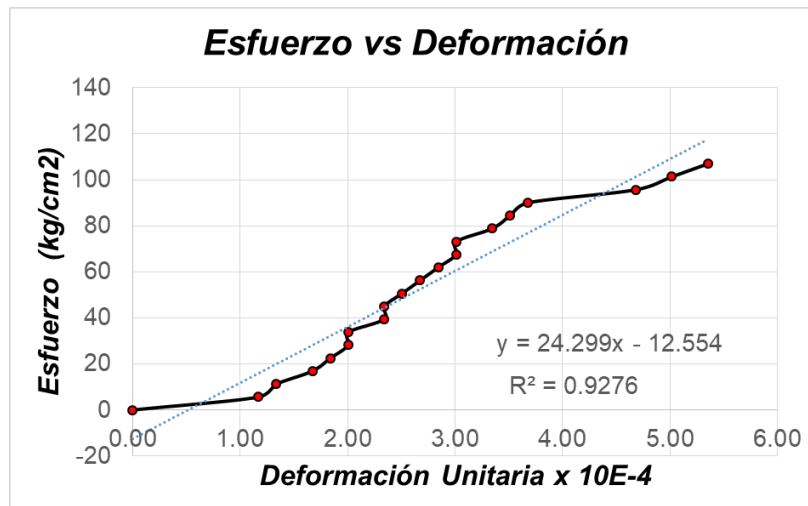


Figura 9. Esfuerzo - Deformación Especimen # 210-5E f'c= 210 kg/cm² + 5% Adicionado PET

Tabla 91. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-6E f'c= 210 kg/cm2 + 5% Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA F'c=210 kg /cm2 + 5% ADICIONADO PET					
ESPÉCIMEN N°:	210-6E	DIÁMETRO (cm):	15.04		
FECHA DE ENSAYO:	3/03/2020	ÁREA (cm):	177.65		
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30		
CARGA DE ROTURA (kg):	40681.85	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm²):	229.0		
40%	16272.74	40%	91.6		

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm²)
0	0	0	0	0	0
1000	2.0	0.00200	0.000067	0.67	6
2000	4.0	0.00400	0.000134	1.34	11
3000	5.0	0.00500	0.000167	1.67	17
4000	5.5	0.00550	0.000184	1.84	23
5000	6.0	0.00600	0.000201	2.01	28
6000	6.0	0.00600	0.000201	2.01	34
7000	6.5	0.00650	0.000218	2.18	39
8000	7.0	0.00700	0.000234	2.34	45
9000	7.0	0.00700	0.000234	2.34	51
10000	8.0	0.00800	0.000268	2.68	56
11000	8.0	0.00800	0.000268	2.68	62
12000	9.0	0.00900	0.000301	3.01	68
13000	9.5	0.00950	0.000318	3.18	73
14000	10.0	0.01000	0.000335	3.35	79
15000	10.0	0.01000	0.000335	3.35	84
16000	11.0	0.01100	0.000368	3.68	90
17000	13.5	0.01350	0.000452	4.52	96
18000	15.5	0.01550	0.000519	5.19	101
19000	17.0	0.01700	0.000569	5.69	107

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 91.6$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 4.221784408$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.00039109$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 256173.6984 \text{ Kg/cm}^2$$

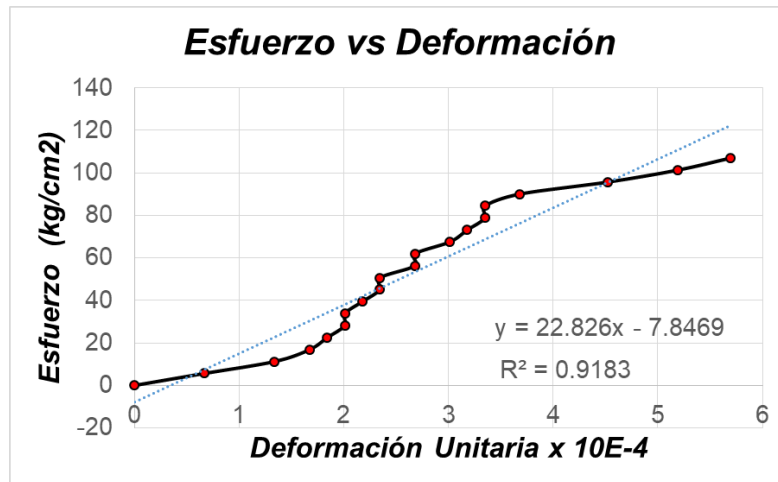


Figura 10. Esfuerzo - Deformación Especimen # 210-6E $f'c= 210$ kg/cm² + 5% Adicionado PET

PROMEDIO = 256654.27 Kg/cm²

4.3.1.3 10% PET

Tabla 92. Esfuerzo - Deformación Especimen # 210-7E $f'c= 210$ kg/cm² + 10% Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $F'c=210$ kg/cm ² + 10% ADICIONADO PET					
ESPÉCIMEN N°:	210-7E		DIÁMETRO (cm):	15.04	
FECHA DE ENSAYO:	5/03/2020		ÁREA (cm):	177.65	
EDAD (días):	28		Lo (cm):	30.15	
CARGA DE ROTURA (kg):	39615.95	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	223.0		
40%	15846.38	40%	89.2		
CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	3.2	0.00320	0.000106	1.06	6
2000	3.5	0.00350	0.000116	1.16	11
3000	3.8	0.00380	0.000126	1.26	17
4000	4.0	0.00400	0.000133	1.33	23
5000	4.5	0.00450	0.000149	1.49	28
6000	5.0	0.00500	0.000166	1.66	34
8000	6.0	0.00600	0.000199	1.99	45
9000	8.0	0.00800	0.000265	2.65	51
10000	9.0	0.00900	0.000299	2.99	56
11000	10.0	0.01000	0.000332	3.32	62

12000	12.0	0.01200	0.000398	3.98	68
14000	14.0	0.01400	0.000464	4.64	79
15000	15.0	0.01500	0.000498	4.98	84
16000	15.5	0.01550	0.000514	5.14	90
17000	16.5	0.01650	0.000547	5.47	96
18000	17.5	0.01750	0.000580	5.80	101
19000	19.0	0.01900	0.000630	6.30	107

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 89.2$$

$$\sigma (0.00005) \text{ (kg/cm)} = 2.651808331$$

$$\varepsilon (0.4 \sigma \text{ Max}) = 0.000511549$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 187516.9667 \text{ Kg/cm}^2$$

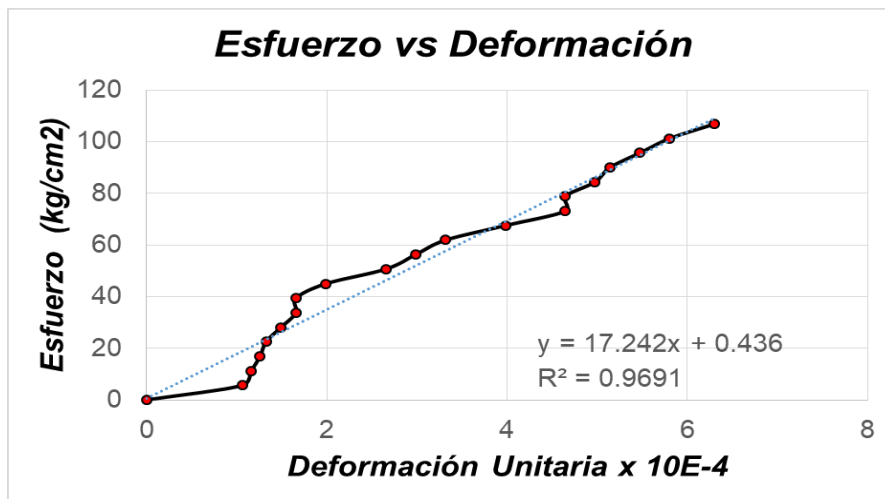


Figura 11. Esfuerzo - Deformación Especimen # 210-7E $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

Tabla 93. Esfuerzo - Deformación Especimen # 210-8E $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ ADICIONADO PET			
ESPÉCIMEN N°:	210-8E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	5/03/2020	ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.15
CARGA DE ROTURA (kg):	39615.95	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm²):	223.0
40%	15846.38	40%	89.2

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0.00000	0.000000	0.00	0
1000	3.2	0.00320	0.000106	1.06	6
2000	3.5	0.00350	0.000116	1.16	11
3000	3.8	0.00380	0.000126	1.26	17
4000	4.0	0.00400	0.000133	1.33	23
5000	4.5	0.00450	0.000150	1.50	28
7000	5.0	0.00500	0.000166	1.66	39
8000	6.0	0.00600	0.000200	2.00	45
9000	8.0	0.00800	0.000266	2.66	51
10000	9.0	0.00900	0.000300	3.00	56
11000	10.0	0.01000	0.000333	3.33	62
12000	12.0	0.01200	0.000399	3.99	68
13000	14.0	0.01400	0.000466	4.66	73
14000	14.0	0.01400	0.000466	4.66	79
15000	15.0	0.01500	0.000499	4.99	84
16000	15.5	0.01550	0.000516	5.16	90
17000	16.5	0.01650	0.000549	5.49	96
18000	17.5	0.01750	0.000582	5.82	101
19000	19.0	0.01900	0.000632	6.32	106.95

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 89.2$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 2.643012947$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.000513251$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 186846.8776 \text{ Kg/cm}^2$$

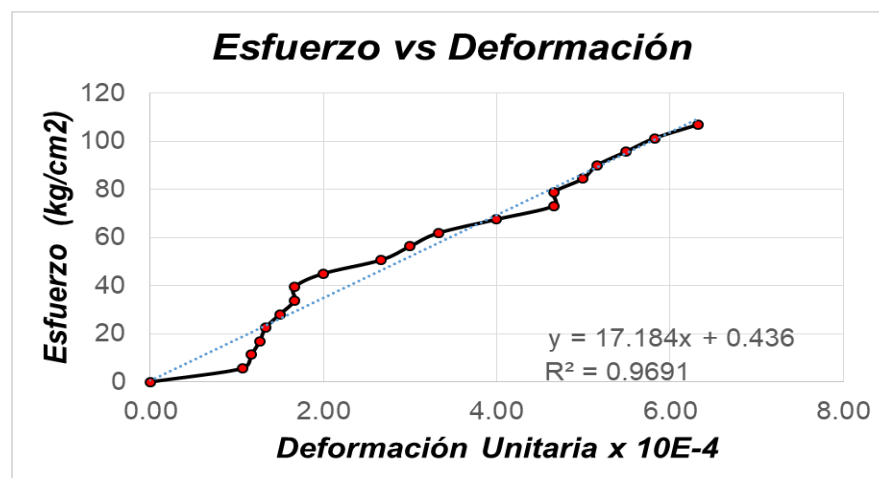


Figura 12. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-8E f'c= 210 kg/cm² + 10% Adicionado PET

Tabla 94. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-9E f'c= 210 kg/cm2 + 10% Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA F'c=210 kg /cm2 + 10% ADICIONADO PET					
ESPÉCIMEN N°:	210-9E			DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	5/03/2020			ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28			Lo (cm):	30.15
CARGA DE ROTURA (kg):	39615.95			RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm²):	223.0
40%	15846.38			40%	89.2
CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δl	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm²)
0	0	0.00000	0.000000	0.00	0
1000	2.0	0.00200	0.000067	0.67	6
2000	4.0	0.00400	0.000134	1.34	11
3000	5.0	0.00500	0.000167	1.67	17
4000	5.5	0.00550	0.000184	1.84	23
5000	6.0	0.00600	0.000201	2.01	28
6000	6.0	0.00600	0.000201	2.01	34
7000	7.0	0.00700	0.000234	2.34	39
8000	7.0	0.00700	0.000234	2.34	45
9000	7.5	0.00750	0.000251	2.51	51
10000	8.3	0.00830	0.000278	2.78	56
11000	8.5	0.00850	0.000285	2.85	62
12000	9.5	0.00950	0.000318	3.18	68
13000	9.7	0.00970	0.000325	3.25	73
14000	10.0	0.01000	0.000335	3.35	79
15000	10.0	0.01000	0.000335	3.35	84
16000	11.0	0.01100	0.000368	3.68	90
17000	14.0	0.01400	0.000469	4.69	96
18000	15.0	0.01500	0.000502	5.02	101
19000	15.0	0.01500	0.000502	5.02	107

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 89.2$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 4.203490008$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.00036312$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 271450.6926 \text{ Kg/cm}^2$$

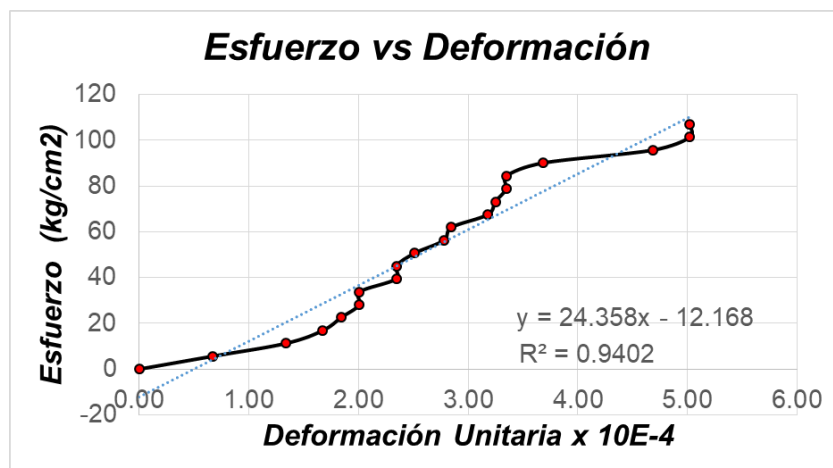


Figura 13. Esfuerzo - Deformación Especimen # 210-9E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ + 10% Adicionado PET

PROMEDIO = 215271.51 Kg/cm²

4.3.1.4 15% PET

Tabla 95. Esfuerzo - Deformación Especimen # 210-10E $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ + 15% Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 15% ADICIONADO PET					
ESPÉCIMEN N°:	210-10E	DIÁMETRO (cm):	15.04		
FECHA DE ENSAYO:	10/03/2020	ÁREA (cm):	177.65		
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.2		
CARGA DE ROTURA (kg):	40379.845	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	227.3		
40%	16151.938	40%	90.92		
CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	3.0	0.00300	0.000099	0.99	6
2000	4.0	0.00400	0.000132	1.32	11
3000	5.0	0.00500	0.000166	1.66	17
4000	6.0	0.00600	0.000199	1.99	23
5000	6.0	0.00600	0.000199	1.99	28
6000	7.0	0.00700	0.000232	2.32	34
7000	8.0	0.00800	0.000265	2.65	39
8000	9.0	0.00900	0.000298	2.98	45
9000	9.5	0.00950	0.000315	3.15	51
10000	10.0	0.01000	0.000331	3.31	56
11000	11.5	0.01150	0.000381	3.81	62
12000	12.0	0.01200	0.000397	3.97	68

13000	12.0	0.01200	0.000397	3.97	73
14000	12.5	0.01250	0.000414	4.14	79
15000	13.0	0.01300	0.000430	4.30	84
16000	13.5	0.01350	0.000447	4.47	90
17000	14.0	0.01400	0.000464	4.64	96
18000	15.0	0.01500	0.000497	4.97	101
19000	17.0	0.01700	0.000563	5.63	107

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 90.92$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 2.833286425$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.000449535$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 220472.8646 \text{ Kg/cm}^2$$

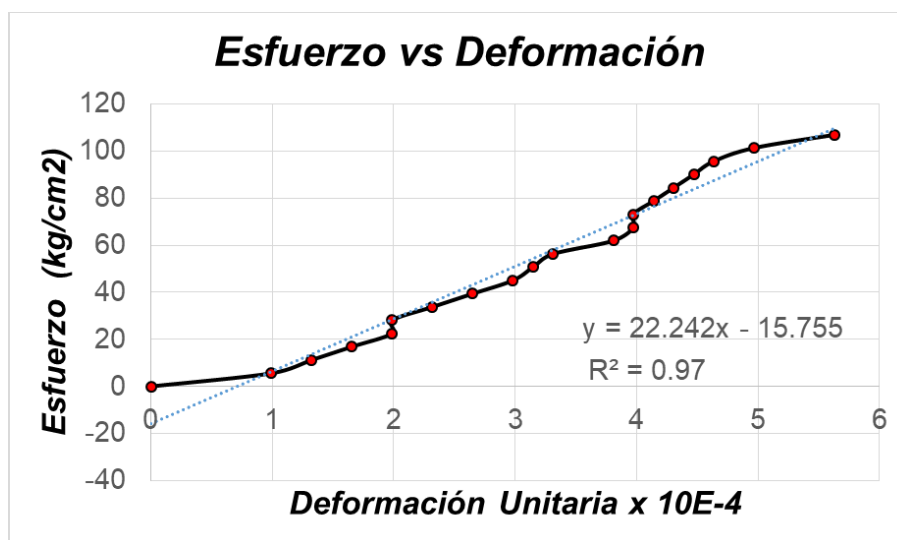


Figura 14. Esfuerzo - Deformación Especimen # 210-10E f'c= 210 kg/cm² + 15% Adicionado PET

Tabla 96. Esfuerzo - Deformación Especimen # 210-11E f'c= 210 kg/cm² + 15% Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA F'c=210 kg /cm² + 15% ADICIONADO PET

ESPÉCIMEN N°:	210-11E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	10/03/2020	ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.15
CARGA DE ROTURA (kg):	40379.845	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	227.3
40%	16151.938	40%	90.92

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
	(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	
0	0	0.00000	0.000000	0.00	0
1000	3.5	0.00350	0.000116	1.16	6
2000	4.0	0.00400	0.000133	1.33	11
3000	5.0	0.00500	0.000166	1.66	17
4000	6.0	0.00600	0.000200	2.00	23
5000	6.0	0.00600	0.000200	2.00	28
6000	7.0	0.00700	0.000233	2.33	34
7000	8.0	0.00800	0.000266	2.66	39
8000	9.0	0.00900	0.000300	3.00	45
9000	9.5	0.00950	0.000316	3.16	51
10000	10.0	0.01000	0.000333	3.33	56
11000	11.5	0.01150	0.000383	3.83	62
12000	12.0	0.01200	0.000399	3.99	68
13000	12.0	0.01200	0.000399	3.99	73
14000	12.5	0.01250	0.000416	4.16	79
15000	13.0	0.01300	0.000433	4.33	84
16000	13.0	0.01300	0.000433	4.33	90
17000	13.5	0.01350	0.000449	4.49	96
18000	14.0	0.01400	0.000466	4.66	101
19000	16.0	0.01600	0.000532	5.32	106.95

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 90.92$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 2.41646898$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.00043514$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 229795.501 \text{ Kg/cm}^2$$

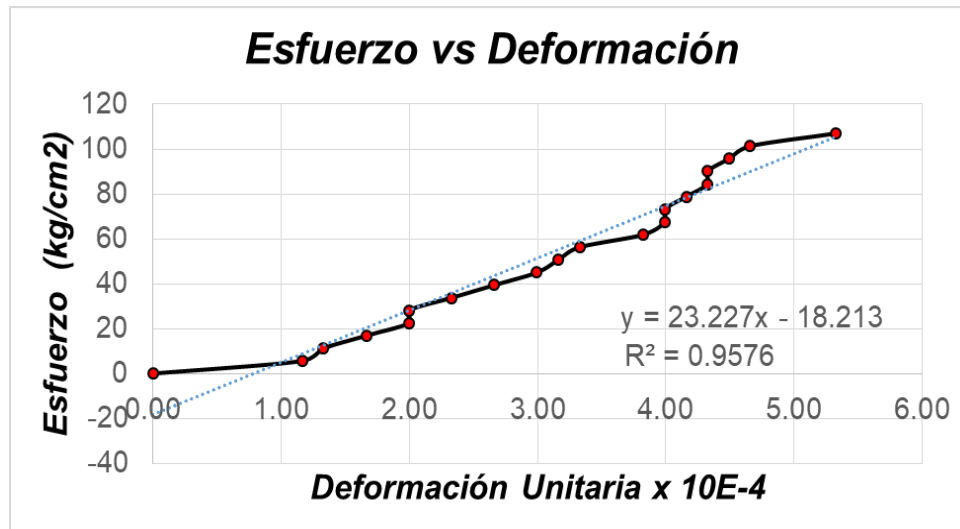


Figura 15. Esfuerzo - Deformación Especimen # 210-11E f'c= 210 kg/cm² + 15% Adicionado PET

Tabla 97. Esfuerzo - Deformación Especimen # 210-12E f'c= 210 kg/cm² + 15% Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA F'c=210 kg /cm ² + 15% ADICIONADO PET					
ESPÉCIMEN N°:	210-12E		DIÁMETRO (cm):	15.04	
FECHA DE ENSAYO:	10/03/2020		ÁREA (cm):	177.65	
EDAD (días):	28		Lo (cm):	29.8	
CARGA DE ROTURA (kg):	40379.845		RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	227.3	
40%	16151.938		40%	90.92	
CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ ₁	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	3.0	0.00300	0.00010	1.01	6
2000	4.0	0.00400	0.00013	1.34	11
3000	5.0	0.00500	0.00017	1.68	17
4000	6.0	0.00600	0.00020	2.01	23
5000	6.0	0.00600	0.00020	2.01	28
6000	7.0	0.00700	0.00023	2.35	34
7000	8.0	0.00800	0.00027	2.68	39
8000	9.0	0.00900	0.00030	3.02	45
9000	9.5	0.00950	0.00032	3.19	51
10000	10.0	0.01000	0.00034	3.36	56
11000	11.5	0.01150	0.00039	3.86	62
12000	12.0	0.01200	0.00040	4.03	68
13000	12.0	0.01200	0.00040	4.03	73
14000	12.5	0.01250	0.00042	4.19	79

15000	13.0	0.01300	0.00044	4.36	84
16000	13.5	0.01350	0.00045	4.53	90
17000	14.0	0.01400	0.00047	4.70	96
18000	15.0	0.01500	0.00050	5.03	101
19000	17.0	0.01700	0.000570	5.70	107

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 90.92$$

$$\sigma (0.00005) \text{ (kg/cm)} = 2.795759452$$

$$\varepsilon (0.4 \sigma \text{ Max}) = 0.000455569$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 217285.2146 \text{ Kg/cm}^2$$

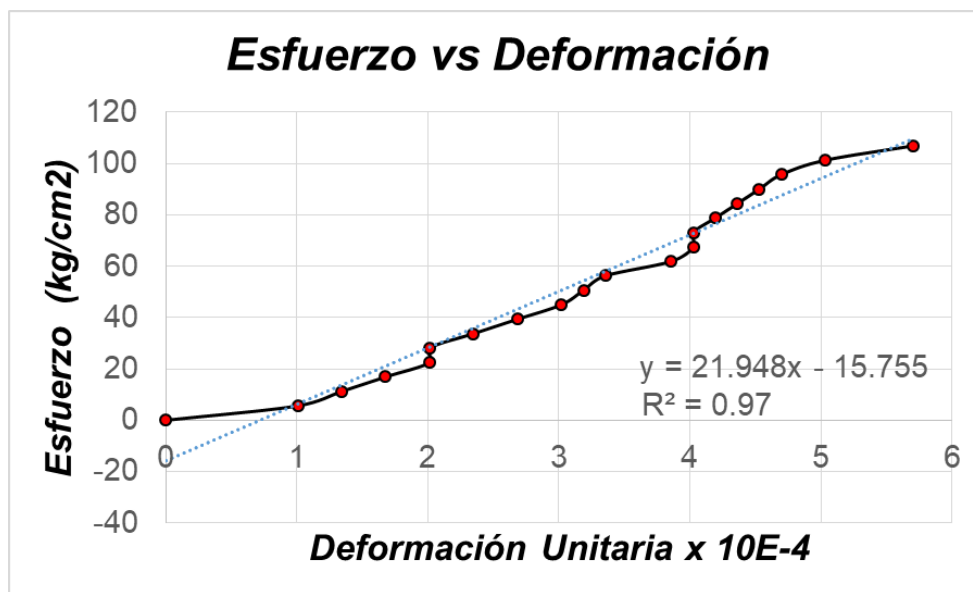


Figura 16. Esfuerzo - Deformación Espécimen # 210-12E f'c= 210 kg/cm² + 15% Adicionado PET

$$\text{PROMEDIO} = 222517.86 \text{ Kg/cm}^2$$

4.3.2 Módulo de elasticidad estático para un concreto de 280 kg/cm²

4.3.2.1 0% PET

Tabla 98. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-1E f'c= 280 kg/cm² + 0% Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA F'c=280 kg /cm² + 0% ADICIONADO PET					
ESPÉCIMEN N°:	280-1E	DIÁMETRO (cm):	15.04		
FECHA DE ENSAYO:	2/03/2020	ÁREA (cm):	177.65		
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.15		
CARGA DE ROTURA (kg):	50328.245	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	283.3		
40%	20131.298	40%	113.32		

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	3.0	0.0030	0.000100	1.00	6
2000	4.0	0.0040	0.000133	1.33	11
3000	5.0	0.0050	0.000166	1.66	17
4000	5.5	0.0055	0.000182	1.82	23
5000	6.0	0.0060	0.000199	1.99	28
6000	6.5	0.0065	0.000216	2.16	34
7000	7.0	0.0070	0.000232	2.32	39
8000	7.5	0.0075	0.000249	2.49	45
9000	8.0	0.0080	0.000265	2.65	51
10000	8.5	0.0085	0.000282	2.82	56
11000	9.0	0.0090	0.000299	2.99	62
12000	9.5	0.0095	0.000315	3.15	68
13000	10.0	0.0100	0.000332	3.32	73
14000	10.5	0.0105	0.000348	3.48	79
15000	11.0	0.0110	0.000365	3.65	84
16000	11.5	0.0115	0.000381	3.81	90
17000	12.0	0.0120	0.000398	3.98	96
18000	13.0	0.0130	0.000431	4.31	101
19000	13.5	0.0135	0.000448	4.48	107
20000	14.0	0.0140	0.000464	4.64	113
21000	15.0	0.0150	0.000498	4.98	118
22000	16.0	0.0160	0.000531	5.31	124
23000	17.0	0.0170	0.000564	5.64	129
24000	19.0	0.0190	0.000630	6.30	135

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 113.32$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 2.828595553$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.0004687$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 263891.7261 \text{ Kg/cm}^2$$

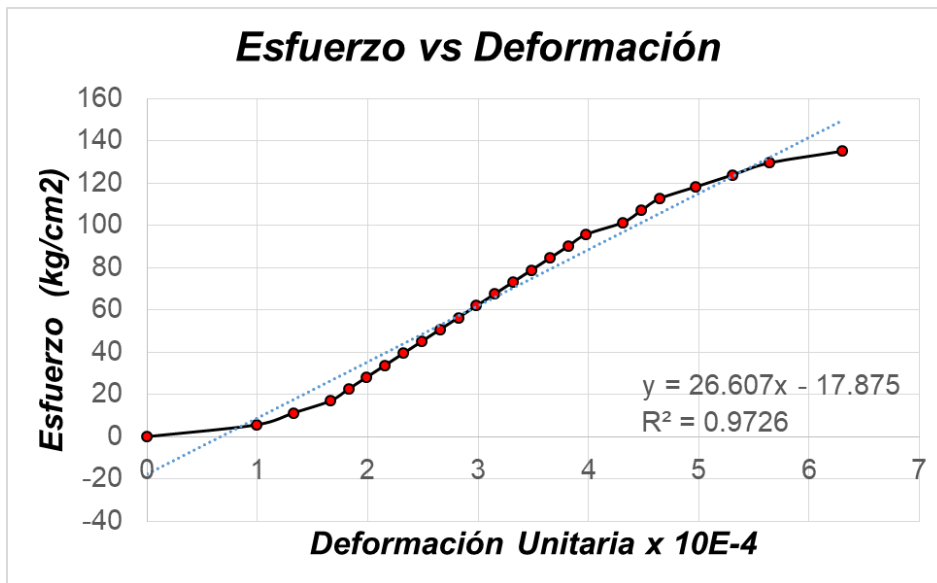


Figura 17. Esfuerzo - Deformación Especimen #280-1E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET

Tabla 99. Esfuerzo - Deformación Especimen #280-2E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ ADICIONADO PET

ESPÉCIMEN N°:	280-2E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	2/03/2020	ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	29.2
CARGA DE ROTURA (kg):	50328.245	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm²):	283.3
40%	20131.298	40%	113.32

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
	(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	
0	0	0	0	0	0
1000	3.0	0.0030	0.000103	1.03	6
2000	4.0	0.0040	0.000137	1.37	11
3000	5.0	0.0050	0.000171	1.71	17
4000	5.5	0.0055	0.000188	1.88	23
5000	6.0	0.0060	0.000205	2.05	28
6000	6.5	0.0065	0.000223	2.23	34
7000	7.0	0.0070	0.000240	2.40	39
8000	7.5	0.0075	0.000257	2.57	45
9000	8.0	0.0080	0.000274	2.74	51
10000	8.5	0.0085	0.000291	2.91	56
11000	9.0	0.0090	0.000308	3.08	62
12000	9.5	0.0095	0.000325	3.25	68
13000	10.0	0.0100	0.000342	3.42	73
14000	10.5	0.0105	0.000360	3.60	79
15000	11.0	0.0110	0.000377	3.77	84
16000	11.5	0.0115	0.000394	3.94	90
17000	12.0	0.0120	0.000411	4.11	96
18000	13.0	0.0130	0.000445	4.45	101
19000	13.5	0.0135	0.000462	4.62	107
20000	14.5	0.0145	0.000497	4.97	113
21000	15.0	0.0150	0.000514	5.14	118
22000	16.0	0.0160	0.000548	5.48	124
23000	16.5	0.0165	0.000565	5.65	129
24000	17.0	0.0170	0.000582	5.82	135

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$\begin{aligned}
 40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} &= 113.32 \\
 \sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} &= 2.739468993 \\
 \varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} &= 0.000498824
 \end{aligned}$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 246378.604 \text{ Kg/cm}^2$$

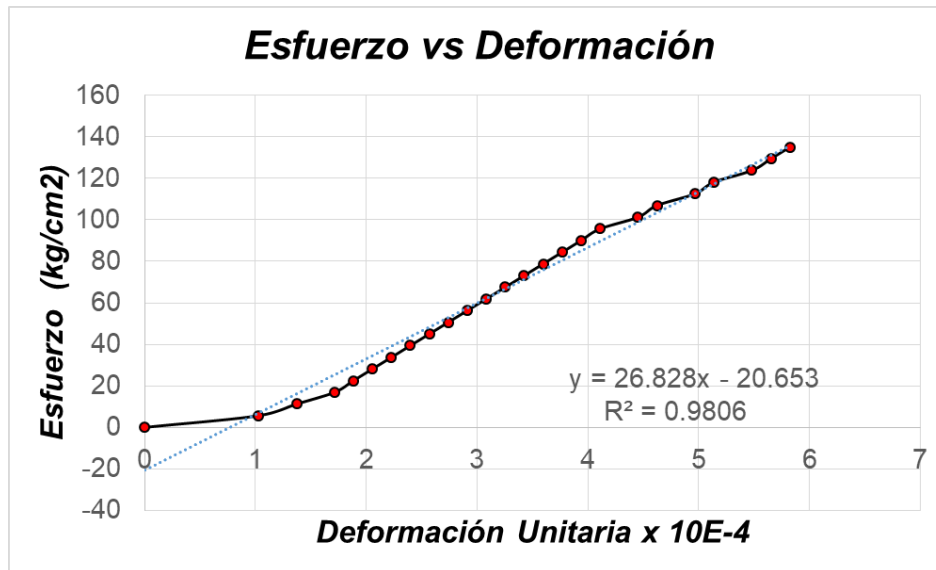


Figura 18. Esfuerzo - Deformación Especimen #280-2E $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET

Tabla 100. Esfuerzo - Deformación Especimen #280-3E $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET

**MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA
F'c=280 kg /cm2 + 0% ADICIONADO PET**

ESPÉCIMEN N°:	280-3E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	2/03/2020	ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.2
CARGA DE ROTURA (kg):	50328.245	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm²):	283.3
40%	20131.298	40%	113.32

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm²)
0	0	0	0	0	0
1000	3.0	0.0030	0.000099	0.99	6
2000	4.0	0.0040	0.000132	1.32	11
3000	5.0	0.0050	0.000166	1.66	17
4000	5.5	0.0055	0.000182	1.82	23
5000	6.0	0.0060	0.000199	1.99	28
6000	6.5	0.0065	0.000215	2.15	34
7000	7.0	0.0070	0.000232	2.32	39
8000	7.5	0.0075	0.000248	2.48	45
9000	8.0	0.0080	0.000265	2.65	51
10000	8.5	0.0085	0.000281	2.81	56
11000	9.0	0.0090	0.000298	2.98	62

12000	9.5	0.0095	0.000315	3.15	68
13000	10.0	0.0100	0.000331	3.31	73
14000	10.5	0.0105	0.000348	3.48	79
15000	11.0	0.0110	0.000364	3.64	84
16000	11.5	0.0115	0.000381	3.81	90
17000	12.0	0.0120	0.000397	3.97	96
18000	13.0	0.0130	0.000430	4.30	101
19000	13.5	0.0135	0.000447	4.47	107
20000	14.0	0.0140	0.000464	4.64	113
21000	15.0	0.0150	0.000497	4.97	118
22000	16.0	0.0160	0.000530	5.30	124
23000	17.0	0.0170	0.000563	5.63	129
24000	18.0	0.0180	0.000596	5.96	135

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 113.32$$

$$\sigma (0.00005) \text{ (kg/cm)} = 2.833286425$$

$$\varepsilon (0.4 \sigma \text{ Max}) = 0.000467924$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 264370.4911 \text{ Kg/cm}^2$$

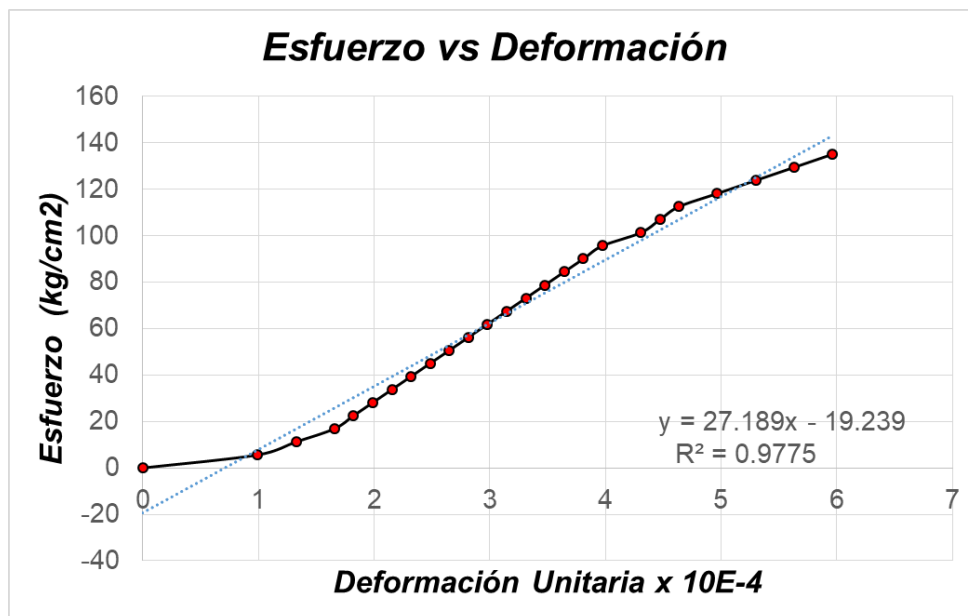


Figura 19. Esfuerzo - Deformación Especimen #280-3E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET

PROMEDIO = 258213.61 Kg/cm^2

4.3.2.2 5% PET

Tabla 101. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-4E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\% \text{ Adicionado PET}$

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\% \text{ ADICIONADO PET}$

ESPÉCIMEN N°:	280-4E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	3/03/2020	ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.2
CARGA DE ROTURA (kg):	51820.505	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	291.7
40%	20728.202	40%	116.68

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	3.0	0.0030	0.00010	0.99	6
2000	4.0	0.0040	0.00013	1.32	11
3000	4.5	0.0045	0.00015	1.49	17
4000	5.0	0.0050	0.00017	1.66	23
5000	6.0	0.0060	0.00020	1.99	28
6000	6.5	0.0065	0.00022	2.15	34
7000	7.0	0.0070	0.00023	2.32	39
8000	7.5	0.0075	0.00025	2.48	45
9000	8.0	0.0080	0.00026	2.65	51
10000	8.5	0.0085	0.00028	2.81	56
11000	9.0	0.0090	0.00030	2.98	62
12000	9.5	0.0095	0.00031	3.15	68
13000	10.0	0.0100	0.00033	3.31	73
14000	11.0	0.0110	0.00036	3.64	79
15000	11.5	0.0115	0.00038	3.81	84
16000	12.0	0.0120	0.00040	3.97	90
17000	13.0	0.0130	0.00043	4.30	96
18000	13.0	0.0130	0.00043	4.30	101
19000	13.5	0.0135	0.00045	4.47	107
20000	14.5	0.0145	0.00048	4.80	113
21000	15.0	0.0150	0.00050	4.97	118
22000	15.5	0.0155	0.00051	5.13	124
23000	16.0	0.0160	0.00053	5.30	129
24000	16.0	0.0160	0.000530	5.30	135

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\epsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 116.68$$

$$\sigma (0.00005) \text{ (kg/cm)} = 2.833286425$$

$$\varepsilon (0.4 \sigma \text{ Max}) = 0.000492189$$

$$E_c = 257461.7902 \text{ Kg/cm}^2$$

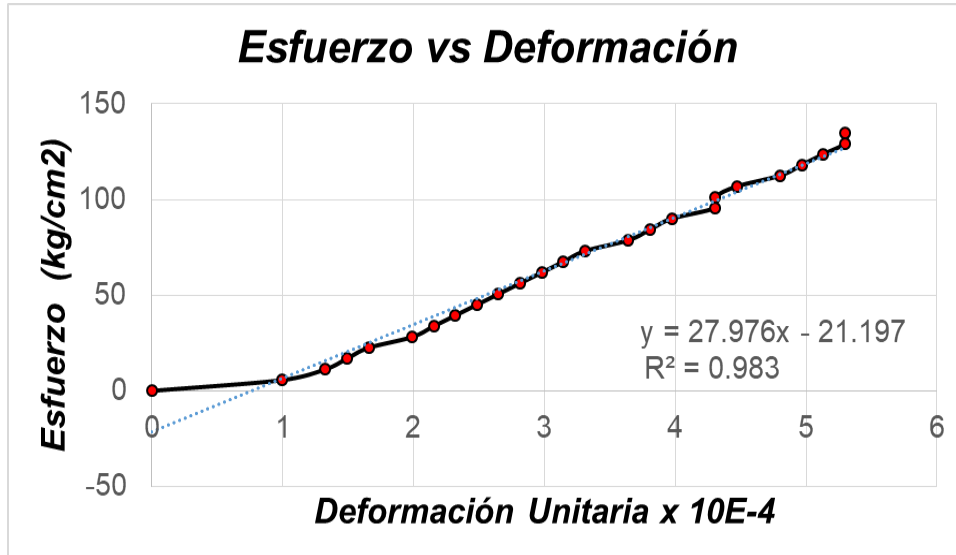


Figura 20. Esfuerzo - Deformación Especimen #280-4E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET

Tabla 102. Esfuerzo - Deformación Especimen #280-5E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET

**MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA
F'c=280 kg /cm2 + 5% ADICIONADO PET**

ESPÉCIMEN N°:	280-5E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	3/03/2020	ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.1
CARGA DE ROTURA (kg):	51820.505	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm²):	291.7
40%	20728.202	40%	116.68

CARGA (kg-f)	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO (Kg/cm²)
	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	
0	0	0	0	0	0
1000	3.0	0.0030	0.00010	1.00	6
2000	4.0	0.0040	0.00013	1.33	11
3000	4.5	0.0045	0.00015	1.50	17
4000	5.0	0.0050	0.00017	1.66	23
5000	6.0	0.0060	0.00020	1.99	28
6000	6.5	0.0065	0.00022	2.16	34
7000	7.0	0.0070	0.00023	2.33	39

8000	7.5	0.0075	0.00025	2.49	45
9000	8.0	0.0080	0.00027	2.66	51
10000	8.5	0.0085	0.00028	2.82	56
11000	9.0	0.0090	0.00030	2.99	62
12000	9.5	0.0095	0.00032	3.16	68
13000	10.0	0.0100	0.00033	3.32	73
14000	10.5	0.0105	0.00035	3.49	79
15000	11.0	0.0110	0.00037	3.65	84
16000	11.5	0.0115	0.00038	3.82	90
17000	12.0	0.0120	0.00040	3.99	96
18000	12.5	0.0125	0.00042	4.15	101
19000	13.0	0.0130	0.00043	4.32	107
20000	13.5	0.0135	0.00045	4.49	113
21000	14.0	0.0140	0.00047	4.65	118
22000	14.5	0.0145	0.00048	4.82	124
23000	15.0	0.0150	0.00050	4.98	129
24000	16.0	0.0160	0.000532	5.32	135

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 116.68$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 2.823904681$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.000460601$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 277291.0804 \text{ Kg/cm}^2$$

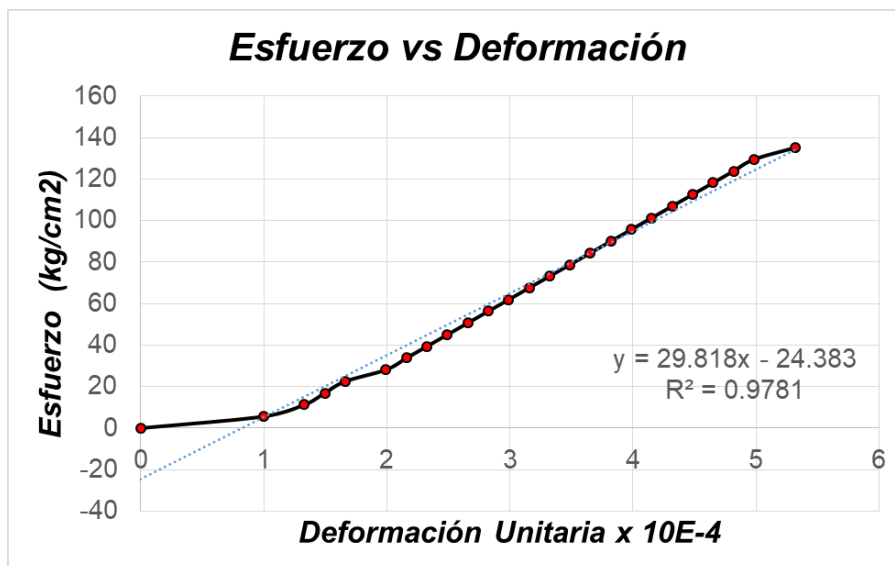


Figura 21. Esfuerzo - Deformación Especimen #280-5E f'c= 280 kg/cm² + 5% Adicionado PET

Tabla 103. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-6E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ ADICIONADO PET

ESPÉCIMEN N°:	280-6E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	3/03/2020	ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	29.8
CARGA DE ROTURA (kg):	51820.505	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	291.7
40%	20728.202	40%	116.68

CARGA (kg-f)	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO (Kg/cm ²)
	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	
0	0	0	0	0	0
1000	2.0	0.0020	0.000067	0.67	6
2000	4.0	0.0040	0.000134	1.34	11
3000	4.5	0.0045	0.000151	1.51	17
4000	5.0	0.0050	0.000168	1.68	23
5000	6.0	0.0060	0.000201	2.01	28
6000	6.5	0.0065	0.000218	2.18	34
7000	7.0	0.0070	0.000235	2.35	39
8000	7.5	0.0075	0.000252	2.52	45
9000	8.0	0.0080	0.000268	2.68	51
10000	8.5	0.0085	0.000285	2.85	56
11000	9.0	0.0090	0.000302	3.02	62
12000	9.5	0.0095	0.000319	3.19	68
13000	10.0	0.0100	0.000336	3.36	73
14000	10.5	0.0105	0.000352	3.52	79
15000	11.0	0.0110	0.000369	3.69	84
16000	11.5	0.0115	0.000386	3.86	90
17000	12.0	0.0120	0.000403	4.03	96
18000	12.5	0.0125	0.000419	4.19	101
19000	13.0	0.0130	0.000436	4.36	107
20000	13.5	0.0135	0.000453	4.53	113
21000	14.0	0.0140	0.000470	4.70	118
22000	14.5	0.0145	0.000487	4.87	124
23000	15.0	0.0150	0.000503	5.03	129
24000	16.0	0.0160	0.000537	5.37	135

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 116.68$$

$$\sigma (0.00005) \text{ (kg/cm)} = 4.193639178$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\epsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$\varepsilon(0.4 \sigma \text{ Max}) = 0.000465238$$

$$E_c = 270895.9263 \text{ Kg/cm}^2$$

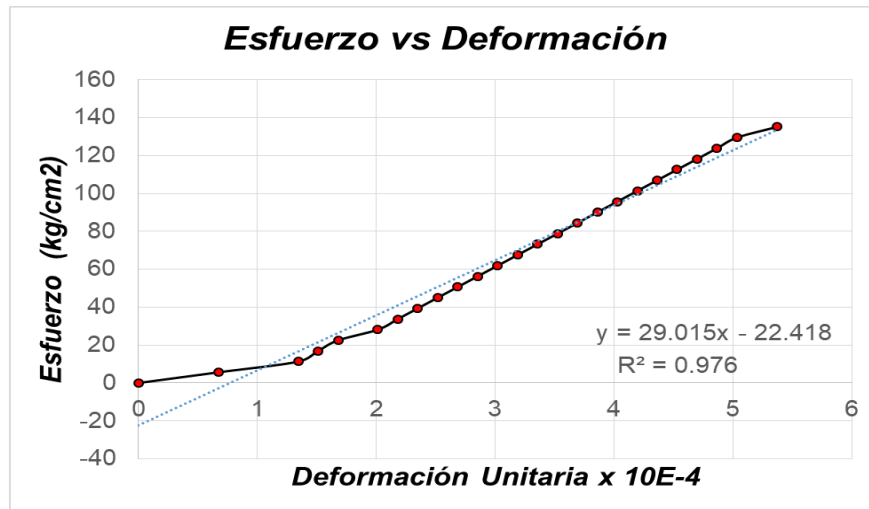


Figura 22. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-6E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET

$$\text{PROMEDIO} = 268549.60 \text{ Kg/cm}^2$$

4.3.2.3 10% PET

Tabla 104. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-7E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDADESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ ADICIONADO PET

ESPÉCIMEN N°:	280-7E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	5/03/2020	ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.2
CARGA DE ROTURA (kg):	52175.805	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	293.7
40%	20870.322	40%	117.48

CARGA	DEFORMACIÓN	DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO	
(kg-f)	δ_1	$\delta_{\text{final}} \text{ (cm)} \cdot 10^{-3}$	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	2.0	0.0020	0.000066	0.66	6
2000	4.0	0.0040	0.000132	1.32	11
3000	4.5	0.0045	0.000149	1.49	17
4000	5.0	0.0050	0.000166	1.66	23
5000	6.0	0.0060	0.000199	1.99	28
6000	6.5	0.0065	0.000215	2.15	34
7000	7.0	0.0070	0.000232	2.32	39

8000	7.5	0.0075	0.000248	2.48	45
9000	8.0	0.0080	0.000265	2.65	51
10000	8.5	0.0085	0.000281	2.81	56
11000	9.0	0.0090	0.000298	2.98	62
12000	9.5	0.0095	0.000315	3.15	68
13000	10.0	0.0100	0.000331	3.31	73
14000	10.5	0.0105	0.000348	3.48	79
15000	11.0	0.0110	0.000364	3.64	84
16000	11.5	0.0115	0.000381	3.81	90
17000	12.0	0.0120	0.000397	3.97	96
18000	12.5	0.0125	0.000414	4.14	101
19000	13.0	0.0130	0.000430	4.30	107
20000	13.5	0.0135	0.000447	4.47	113
21000	14.0	0.0140	0.000464	4.64	118
22000	16.0	0.0160	0.000530	5.30	124
23000	16.5	0.0165	0.000546	5.46	129
24000	17.0	0.0170	0.000563	5.63	135

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 117.48$$

$$\sigma (0.00005) \text{ (kg/cm)} = 4.249929637$$

$$\varepsilon (0.4 \sigma \text{ Max}) = 0.000461429$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 275211.5747 \text{ Kg/cm}^2$$

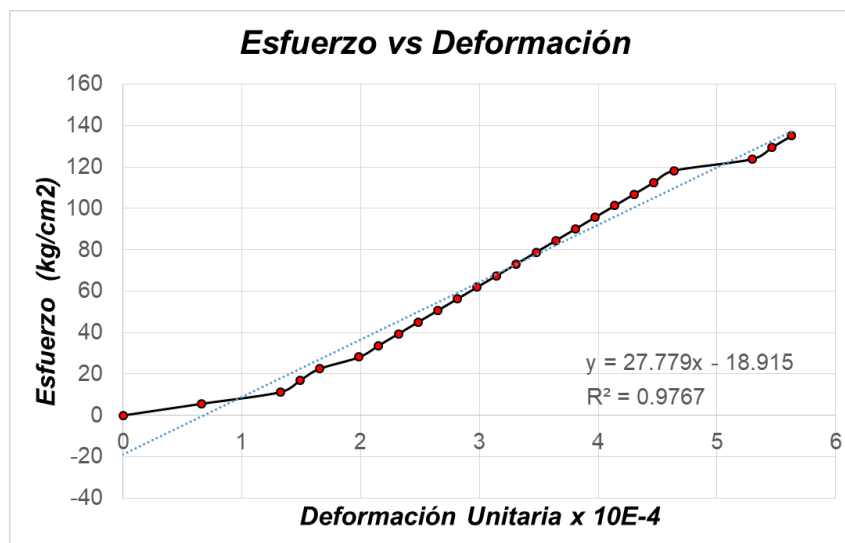


Figura 23. Esfuerzo - Deformación Especimen #280-7E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ + 10% Adicionado PET

Tabla 105. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-8E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ ADICIONADO PET					
ESPÉCIMEN N°:	280-8E		DIÁMETRO (cm):	15.04	
FECHA DE ENSAYO:	5/03/2020		ÁREA (cm):	177.65	
EDAD (días):	28		Lo (cm):	30.15	
CARGA DE ROTURA (kg):	52175.805		RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	293.7	
40%	20870.322		40%	117.48	
CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	3.0	0.0030	0.000100	1.00	6
2000	4.0	0.0040	0.000133	1.33	11
3000	4.5	0.0045	0.000149	1.49	17
4000	5.0	0.0050	0.000166	1.66	23
5000	6.0	0.0060	0.000199	1.99	28
6000	6.5	0.0065	0.000216	2.16	34
7000	7.0	0.0070	0.000232	2.32	39
8000	7.5	0.0075	0.000249	2.49	45
9000	8.0	0.0080	0.000265	2.65	51
10000	8.5	0.0085	0.000282	2.82	56
11000	9.0	0.0090	0.000299	2.99	62
12000	9.5	0.0095	0.000315	3.15	68
13000	10.0	0.0100	0.000332	3.32	73
14000	10.5	0.0105	0.000348	3.48	79
15000	11.0	0.0110	0.000365	3.65	84
16000	11.5	0.0115	0.000381	3.81	90
17000	12.0	0.0120	0.000398	3.98	96
18000	12.5	0.0125	0.000415	4.15	101
19000	13.0	0.0130	0.000431	4.31	107
20000	13.5	0.0135	0.000448	4.48	113
21000	14.0	0.0140	0.000464	4.64	118
22000	16.0	0.0160	0.000531	5.31	124

23000	17.0	0.0170	0.000564	5.64	129
24000	18.0	0.0180	0.000597	5.97	135

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 117.48$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 2.828595553$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.000462194$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 278148.8684 \text{ Kg/cm}^2$$

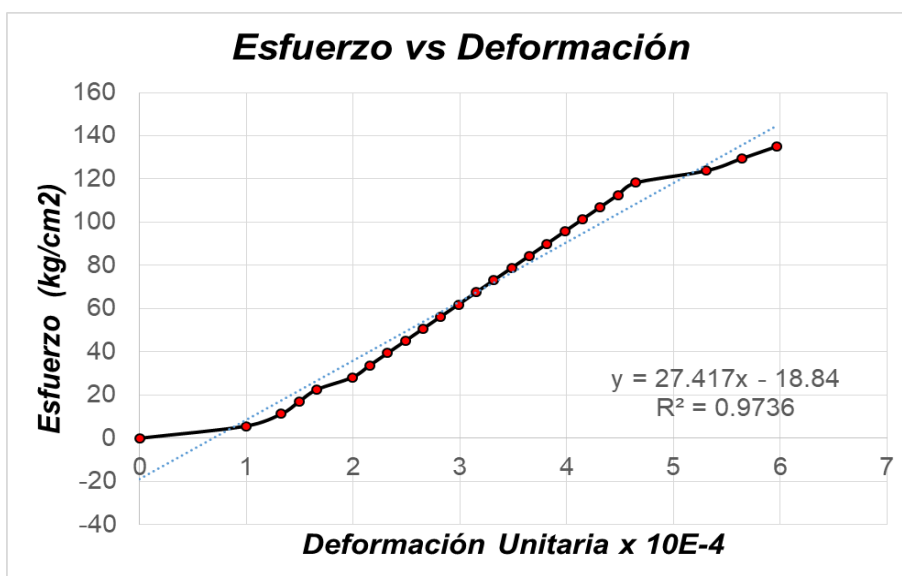


Figura 24. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-8E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

Tabla 106. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-9E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ ADICIONADO PET			
ESPÉCIMEN N°:	280-9E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	5/03/2020	ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	29.8
CARGA DE ROTURA (kg):	52175.805	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm²):	293.7
40%	20870.322	40%	117.48

CARGA (kg-f)	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO (Kg/cm ²)
	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	
0	0	0	0	0	0
1000	3.0	0.0030	0.000101	1.01	6
2000	4.0	0.0040	0.000134	1.34	11
3000	4.5	0.0045	0.000151	1.51	17
4000	5.0	0.0050	0.000168	1.68	23
5000	6.0	0.0060	0.000201	2.01	28
6000	6.5	0.0065	0.000218	2.18	34
7000	7.0	0.0070	0.000235	2.35	39
8000	7.5	0.0075	0.000252	2.52	45
9000	8.0	0.0080	0.000268	2.68	51
10000	8.5	0.0085	0.000285	2.85	56
11000	9.0	0.0090	0.000302	3.02	62
12000	9.5	0.0095	0.000319	3.19	68
13000	10.0	0.0100	0.000336	3.36	73
14000	10.5	0.0105	0.000352	3.52	79
15000	11.0	0.0110	0.000369	3.69	84
16000	11.5	0.0115	0.000386	3.86	90
17000	12.0	0.0120	0.000403	4.03	96
18000	13.0	0.0130	0.000436	4.36	101
19000	13.5	0.0135	0.000453	4.53	107
20000	14.0	0.0140	0.000470	4.70	113
21000	15.0	0.0150	0.000503	5.03	118
22000	16.0	0.0160	0.000537	5.37	124
23000	17.0	0.0170	0.000570	5.70	129
24000	18.0	0.0180	0.000604	6.04	135

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 117.48$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 2.795759452$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.000499004$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 255419.1423 \text{ Kg/cm}^2$$

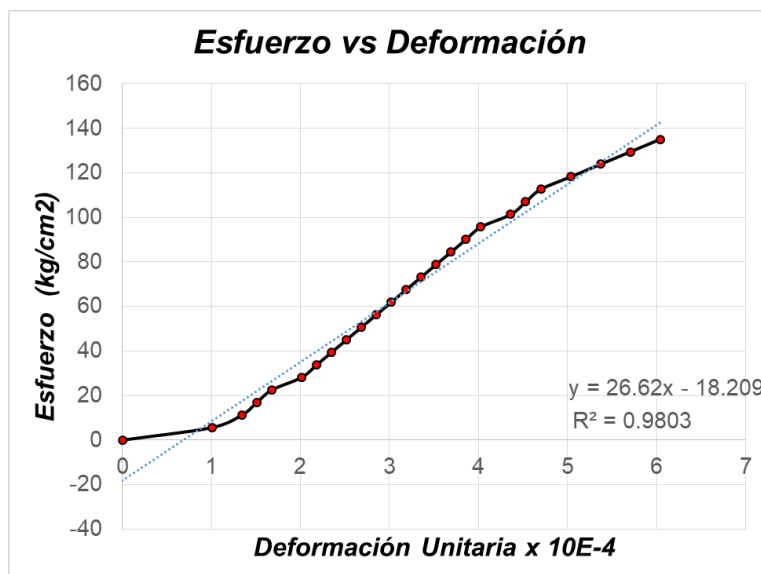


Figura 25. Esfuerzo - Deformación Especimen #280-9E $f'c = 280$ kg/cm² + 10% Adicionado PET

PROMEDIO = 269593.20Kg/cm²

4.3.2.4 15% PET

Tabla 107. Esfuerzo - Deformación Especimen #280-10E $f'c = 280$ kg/cm² + 10% Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $F'c = 280$ kg/cm ² + 15% ADICIONADO PET					
ESPÉCIMEN N°:	280-10E	DIÁMETRO (cm):	15.04		
FECHA DE ENSAYO:	10/03/2020	ÁREA (cm):	177.65		
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.3		
CARGA DE ROTURA (kg):	51696.15	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	291		
40%	20678.46	40%	116.4		
CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	3.0	0.0030	0.000099	0.99	6
2000	4.0	0.0040	0.000132	1.32	11
3000	4.5	0.0045	0.000149	1.49	17

4000	5.0	0.0050	0.000165	1.65	23
5000	6.0	0.0060	0.000198	1.98	28
6000	6.5	0.0065	0.000215	2.15	34
7000	7.0	0.0070	0.000231	2.31	39
8000	7.5	0.0075	0.000248	2.48	45
9000	8.0	0.0080	0.000264	2.64	51
10000	8.5	0.0085	0.000281	2.81	56
11000	9.0	0.0090	0.000297	2.97	62
12000	9.5	0.0095	0.000314	3.14	68
13000	10.0	0.0100	0.000330	3.30	73
14000	10.5	0.0105	0.000347	3.47	79
15000	11.0	0.0110	0.000363	3.63	84
16000	11.5	0.0115	0.000380	3.80	90
17000	12.0	0.0120	0.000396	3.96	96
18000	12.5	0.0125	0.000413	4.13	101
19000	13.0	0.0130	0.000429	4.29	107
20000	13.5	0.0135	0.000446	4.46	113
21000	14.0	0.0140	0.000462	4.62	118
22000	15.0	0.0150	0.000495	4.95	124
23000	16.5	0.0165	0.000545	5.45	129
24000	18.0	0.0180	0.000594	5.94	135

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 116.4$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 2.842668168$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.00045674$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 279188.8138 \text{ Kg/cm}^2$$

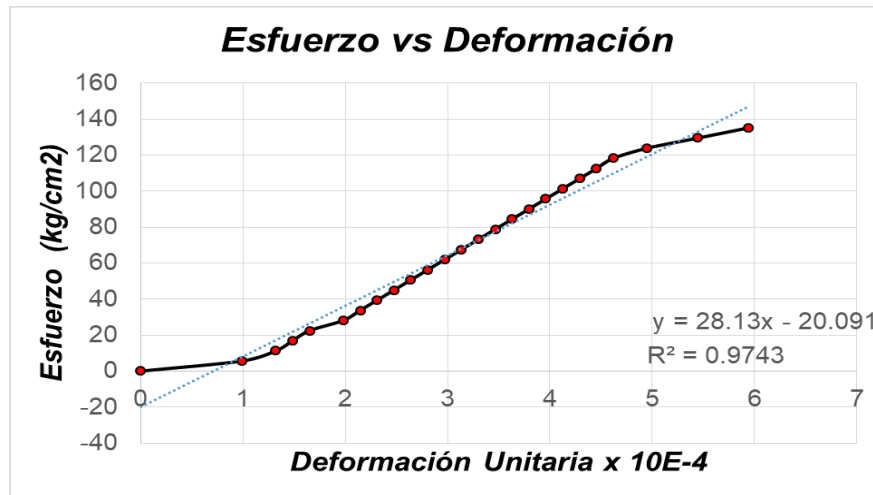


Figura 26. Esfuerzo - Deformación Especimen #280-10E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

Tabla 108. Esfuerzo - Deformación Especimen #280-11E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ ADICIONADO PET

ESPÉCIMEN N°:	280-11E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	10/03/2020	ÁREA (cm²):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	29.9
CARGA DE ROTURA (kg):	51696.15	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm²):	291.0
40%	20678.46	40%	116.4

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm²)
0	0	0	0	0	0
1000	3.0	0.0030	0.000100	1.00	6
2000	4.0	0.0040	0.000134	1.34	11
3000	4.5	0.0045	0.000151	1.51	17
4000	5.0	0.0050	0.000167	1.67	23
5000	6.0	0.0060	0.000201	2.01	28
6000	6.5	0.0065	0.000217	2.17	34
7000	7.0	0.0070	0.000234	2.34	39
8000	7.5	0.0075	0.000251	2.51	45
9000	8.0	0.0080	0.000268	2.68	51
10000	8.5	0.0085	0.000284	2.84	56

11000	9.0	0.0090	0.000301	3.01	62
12000	9.5	0.0095	0.000318	3.18	68
13000	10.0	0.0100	0.000334	3.34	73
14000	10.5	0.0105	0.000351	3.51	79
15000	11.0	0.0110	0.000368	3.68	84
16000	11.5	0.0115	0.000385	3.85	90
17000	12.0	0.0120	0.000401	4.01	96
18000	12.5	0.0125	0.000418	4.18	101
19000	13.0	0.0130	0.000435	4.35	107
20000	13.5	0.0135	0.000452	4.52	113
21000	14.0	0.0140	0.000468	4.68	118
22000	15.0	0.0150	0.000502	5.02	124
23000	16.5	0.0165	0.000552	5.52	129
24000	18.0	0.0180	0.000602	6.02	135

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 116.4$$

$$\sigma (0.00005) \text{ (kg/cm)} = 2.805141195$$

$$\varepsilon (0.4 \sigma \text{ Max}) = 0.000462851$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 275147.6826 \text{ Kg/cm}^2$$

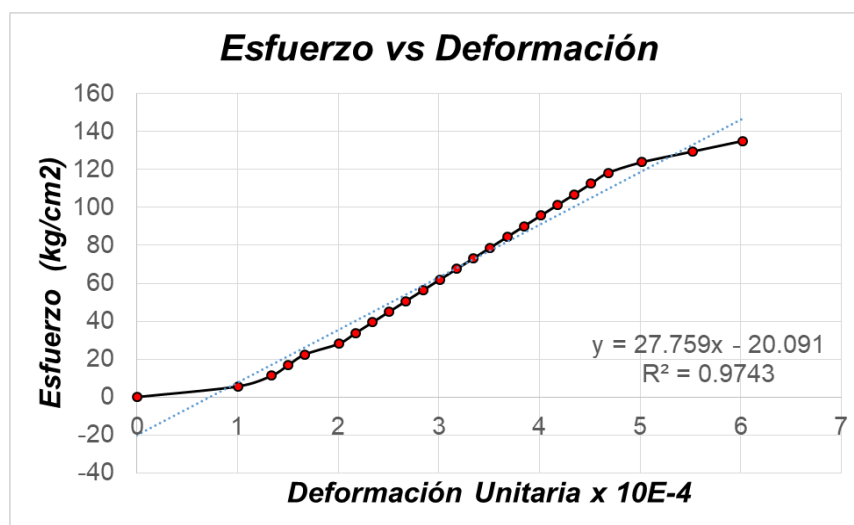


Figura 27. Esfuerzo - Deformación Especimen #280-11E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

Tabla 109. Esfuerzo - Deformación Espécimen #280-12E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\% \text{ Adicionado PET}$

**MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA
F' $c=280 \text{ kg/cm}^2 + 15\% \text{ ADICIONADO PET}$**

ESPÉCIMEN N°:	280-12E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	10/03/2020	ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.1
CARGA DE ROTURA (kg):	51696.15	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	291.0
40%	20678.46	40%	116.4

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	2.0	0.0020	0.000066	0.66	6
2000	4.0	0.0040	0.000133	1.33	11
3000	4.5	0.0045	0.000150	1.50	17
4000	5.0	0.0050	0.000166	1.66	23
5000	6.0	0.0060	0.000199	1.99	28
6000	6.5	0.0065	0.000216	2.16	34
7000	7.0	0.0070	0.000233	2.33	39
8000	7.5	0.0075	0.000249	2.49	45
9000	8.0	0.0080	0.000266	2.66	51
10000	8.5	0.0085	0.000282	2.82	56
11000	9.0	0.0090	0.000299	2.99	62
12000	9.5	0.0095	0.000316	3.16	68
13000	10.0	0.0100	0.000332	3.32	73
14000	10.5	0.0105	0.000349	3.49	79
15000	11.0	0.0110	0.000365	3.65	84
16000	11.5	0.0115	0.000382	3.82	90
17000	12.0	0.0120	0.000399	3.99	96
18000	12.5	0.0125	0.000415	4.15	101
19000	13.0	0.0130	0.000432	4.32	107
20000	13.5	0.0135	0.000449	4.49	113
21000	14.0	0.0140	0.000465	4.65	118
22000	15.0	0.0150	0.000498	4.98	124

23000	16.5	0.0165	0.000548	5.48	129
24000	18.0	0.0180	0.000598	5.98	135

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 116.4$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 4.235857022$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.000459775$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 273721.2379 \text{ Kg/cm}^2$$

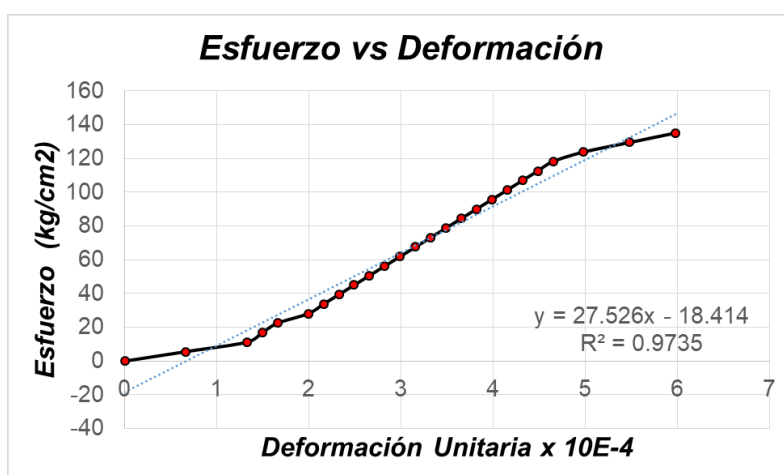


Figura 28. Esfuerzo - Deformación Especimen #280-12E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ + 10% Adicionado PET

$$\text{PROMEDIO} = 276019.24 \text{ Kg/cm}^2$$

4.3.3 Módulo de elasticidad estático para un concreto de 350 kg/cm²

4.3.3.1 0% PET

Tabla 110. Esfuerzo - Deformación Especimen #350-1E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$ + 0% Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $F'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$ + 0% ADICIONADO PET

ESPÉCIMEN N°:	350-1E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	3/03/2020	ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.15
CARGA DE ROTURA (kg):	61999.85	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	349
40%	24799.94	40%	139.6

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	1.0	0.0010	0.000033	0.33	6
2000	2.5	0.0025	0.000083	0.83	11
3000	4.0	0.0040	0.000133	1.33	17
4000	4.5	0.0045	0.000149	1.49	23
5000	5.0	0.0050	0.000166	1.66	28
6000	5.5	0.0055	0.000182	1.82	34
7000	6.0	0.0060	0.000199	1.99	39
8000	7.0	0.0070	0.000232	2.32	45
9000	8.0	0.0080	0.000265	2.65	51
10000	8.5	0.0085	0.000282	2.82	56
11000	9.0	0.0090	0.000299	2.99	62
12000	9.5	0.0095	0.000315	3.15	68
13000	10.0	0.0100	0.000332	3.32	73
14000	10.5	0.0105	0.000348	3.48	79
15000	10.5	0.0105	0.000348	3.48	84
16000	11.0	0.0110	0.000365	3.65	90
18000	12.0	0.0120	0.000398	3.98	101
19000	12.5	0.0125	0.000415	4.15	107
20000	13.0	0.0130	0.000431	4.31	113
21000	13.0	0.0130	0.000431	4.31	118
22000	13.5	0.0135	0.000448	4.48	124
23000	14.0	0.0140	0.000464	4.64	129
24000	14.0	0.0140	0.000464	4.64	135
25000	15.0	0.0150	0.000498	4.98	141
26000	16.0	0.0160	0.000531	5.31	146
27000	16.5	0.0165	0.000547	5.47	152
28000	17.0	0.0170	0.000564	5.64	158
29000	17.5	0.0175	0.000580	5.80	163
30000	18.0	0.0180	0.000597	5.97	169

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 139.6$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 8.485786659$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.000490877$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 297394.1227 \text{ Kg/cm}^2$$

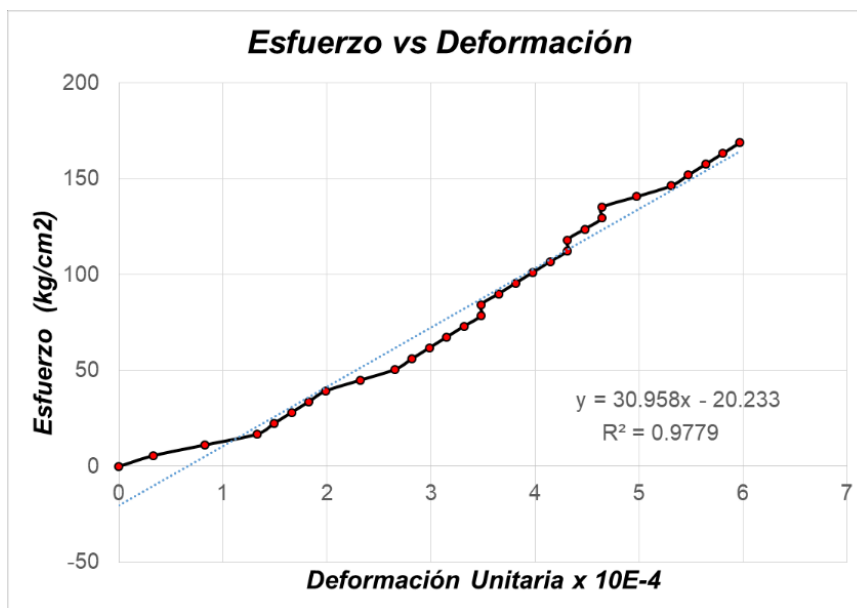


Figura 29. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-1E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET

Tabla 111. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-2E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET

**MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA
 $F'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ ADICIONADO PET**

ESPÉCIMEN N°:	350-2E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	3/03/2020	ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.2
CARGA DE ROTURA (kg):	61999.85	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm²):	349
40%	24799.94	40%	139.6

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm²)
0	0	0	0	0	0
1000	2.0	0.0020	0.000066	0.66	6
2000	3.5	0.0035	0.000116	1.16	11
3000	4.0	0.0040	0.000132	1.32	17
4000	4.5	0.0045	0.000149	1.49	23
5000	5.0	0.0050	0.000166	1.66	28
6000	5.5	0.0055	0.000182	1.82	34
7000	6.0	0.0060	0.000199	1.99	39
8000	7.0	0.0070	0.000232	2.32	45
9000	8.0	0.0080	0.000265	2.65	51
10000	8.5	0.0085	0.000281	2.81	56
11000	9.0	0.0090	0.000298	2.98	62

12000	9.5	0.0095	0.000315	3.15	68
13000	10.0	0.0100	0.000331	3.31	73
14000	10.5	0.0105	0.000348	3.48	79
15000	10.5	0.0105	0.000348	3.48	84
16000	11.0	0.0110	0.000364	3.64	90
17000	11.5	0.0115	0.000381	3.81	96
18000	12.0	0.0120	0.000397	3.97	101
19000	12.5	0.0125	0.000414	4.14	107
20000	13.0	0.0130	0.000430	4.30	113
21000	13.0	0.0130	0.000430	4.30	118
22000	13.5	0.0135	0.000447	4.47	124
23000	14.0	0.0140	0.000464	4.64	129
24000	14.0	0.0140	0.000464	4.64	135
25000	15.0	0.0150	0.000497	4.97	141
26000	16.0	0.0160	0.000530	5.30	146
27000	16.5	0.0165	0.000546	5.46	152
28000	17.0	0.0170	0.000563	5.63	158
29000	17.5	0.0175	0.000579	5.79	163
30000	17.5	0.0175	0.000579	5.79	169

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 139.6$$

$$\sigma (0.00005) \text{ (kg/cm)} = 4.249929637$$

$$\varepsilon (0.4 \sigma \text{ Max}) = 0.000490064$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 307568.8923 \text{ Kg/cm}^2$$

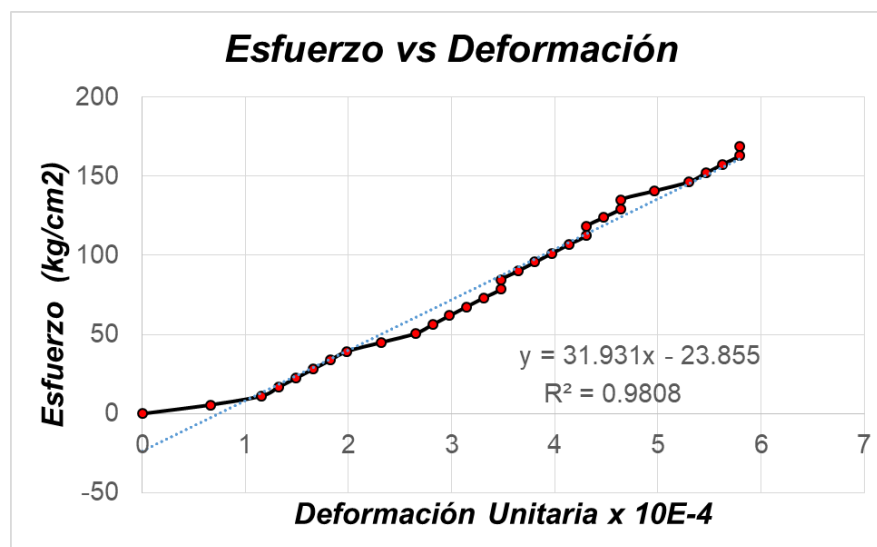


Figura 30. Esfuerzo - Deformación Especimen # 2E f'c= 350 kg/cm² de 7 días

Tabla 112. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-3E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 0\% \text{ Adicionado PET}$

**MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA
 $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 0\% \text{ ADICIONADO PET}$**

ESPÉCIMEN N°:	350-3E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	3/03/2020	ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	29.9
CARGA DE ROTURA (kg):	61999.85	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	349
40%	24799.94	40%	139.6

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	1.0	0.0010	0.000033	0.33	6
2000	2.5	0.0025	0.000084	0.84	11
3000	4.0	0.0040	0.000134	1.34	17
4000	4.5	0.0045	0.000151	1.51	23
5000	5.0	0.0050	0.000167	1.67	28
6000	5.5	0.0055	0.000184	1.84	34
7000	6.0	0.0060	0.000201	2.01	39
8000	7.0	0.0070	0.000234	2.34	45
9000	8.0	0.0080	0.000268	2.68	51
10000	8.5	0.0085	0.000284	2.84	56
11000	9.0	0.0090	0.000301	3.01	62
12000	9.5	0.0095	0.000318	3.18	68
13000	10.0	0.0100	0.000334	3.34	73
14000	10.5	0.0105	0.000351	3.51	79
15000	10.5	0.0105	0.000351	3.51	84
16000	11.0	0.0110	0.000368	3.68	90
17000	11.5	0.0115	0.000385	3.85	96
18000	12.0	0.0120	0.000401	4.01	101
19000	12.5	0.0125	0.000418	4.18	107
20000	13.0	0.0130	0.000435	4.35	113
21000	13.0	0.0130	0.000435	4.35	118
22000	13.5	0.0135	0.000452	4.52	124
23000	14.0	0.0140	0.000468	4.68	129
25000	15.0	0.0150	0.000502	5.02	141
26000	16.0	0.0160	0.000535	5.35	146
27000	16.5	0.0165	0.000552	5.52	152
28000	17.0	0.0170	0.000569	5.69	158
29000	17.5	0.0175	0.000585	5.85	163
30000	18.0	0.0180	0.000602	6.02	169

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 139.6$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 8.415423586$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.000494981$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 294809.2088 \text{ Kg/cm}^2$$

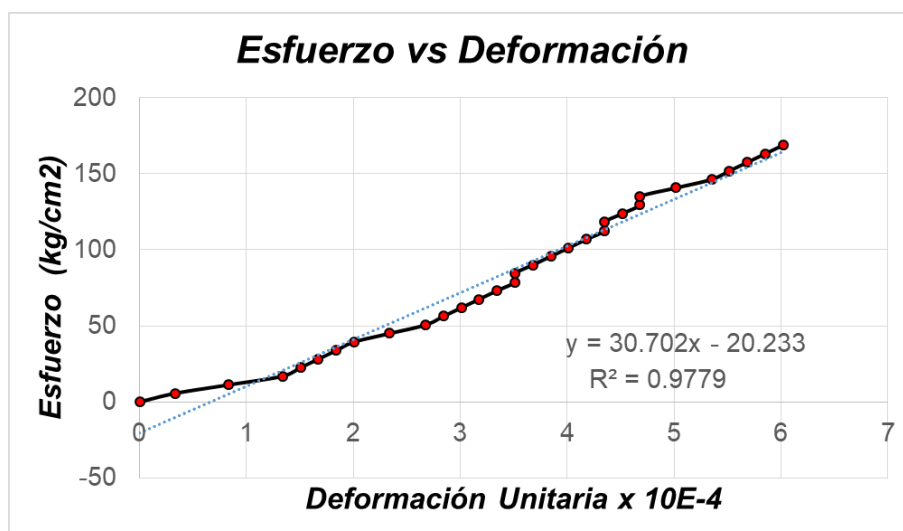


Figura 31. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-3E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ Adicionado PET

PROMEDIO = 299924.07 Kg/cm²

4.3.3.2 5% PET

Tabla 113. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-4E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $F'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ ADICIONADO PET

ESPÉCIMEN N°:	350-4E	DIÁMETRO (cm):	15.04		
FECHA DE ENSAYO:	5/03/2020	ÁREA (cm):	177.65		
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.15		
CARGA DE ROTURA (kg):	64895.545	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	365.3		
40%	25958.218	40%	146.12		
CARGA	DEFORMACIÓN	DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO	
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	2.0	0.0020	0.000066	0.66	6
2000	2.5	0.0025	0.000083	0.83	11

3000	4.0	0.0040	0.000133	1.33	17
4000	4.5	0.0045	0.000149	1.49	23
5000	5.0	0.0050	0.000166	1.66	28
6000	5.5	0.0055	0.000182	1.82	34
7000	6.0	0.0060	0.000199	1.99	39
8000	7.0	0.0070	0.000232	2.32	45
9000	8.0	0.0080	0.000265	2.65	51
10000	8.5	0.0085	0.000282	2.82	56
11000	9.0	0.0090	0.000299	2.99	62
12000	9.5	0.0095	0.000315	3.15	68
13000	10.0	0.0100	0.000332	3.32	73
14000	10.5	0.0105	0.000348	3.48	79
15000	10.5	0.0105	0.000348	3.48	84
16000	11.0	0.0110	0.000365	3.65	90
17000	11.5	0.0115	0.000381	3.81	96
18000	11.5	0.0115	0.000381	3.81	101
19000	12.0	0.0120	0.000398	3.98	107
20000	12.5	0.0125	0.000415	4.15	113
21000	12.5	0.0125	0.000415	4.15	118
22000	13.0	0.0130	0.000431	4.31	124
23000	13.0	0.0130	0.000431	4.31	129
24000	13.5	0.0135	0.000448	4.48	135
25000	13.5	0.0135	0.000448	4.48	141
26000	14.0	0.0140	0.000464	4.64	146
27000	15.0	0.0150	0.000498	4.98	152
28000	16.0	0.0160	0.000531	5.31	158
29000	17.0	0.0170	0.000564	5.64	163
30000	18.0	0.0180	0.000597	5.97	169

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 146.12$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 4.24289333$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.000463652$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 342986.5999 \text{ Kg/cm}^2$$

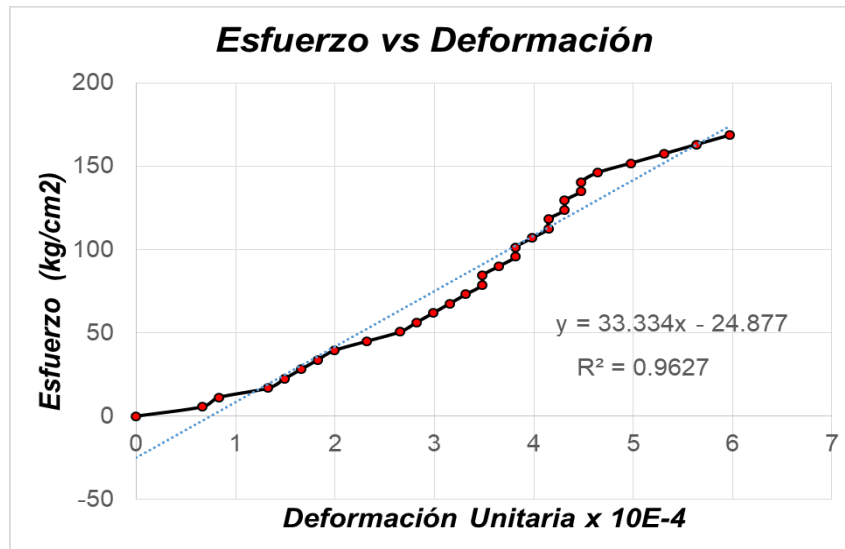


Figura 32. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-4E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET

Tabla 114. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-5E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET

**MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA
 $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ ADICIONADO PET**

ESPÉCIMEN N°:	350-5E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	5/03/2020	ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.2
CARGA DE ROTURA (kg):	64895.545	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm²):	365.3
40%	25958.218	40%	146.12

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm²)
0	0	0	0	0	0
1000	2.0	0.0020	0.000066	0.66	6
2000	3.0	0.0030	0.000099	0.99	11
3000	4.0	0.0040	0.000132	1.32	17
4000	4.5	0.0045	0.000149	1.49	23
5000	5.0	0.0050	0.000166	1.66	28
6000	5.5	0.0055	0.000182	1.82	34
7000	6.0	0.0060	0.000199	1.99	39
8000	7.0	0.0070	0.000232	2.32	45
9000	8.0	0.0080	0.000265	2.65	51
10000	8.5	0.0085	0.000281	2.81	56
11000	9.0	0.0090	0.000298	2.98	62
12000	9.5	0.0095	0.000315	3.15	68

13000	10.0	0.0100	0.000331	3.31	73
14000	10.5	0.0105	0.000348	3.48	79
15000	10.5	0.0105	0.000348	3.48	84
16000	11.0	0.0110	0.000364	3.64	90
17000	11.5	0.0115	0.000381	3.81	96
19000	12.0	0.0120	0.000397	3.97	107
20000	12.5	0.0125	0.000414	4.14	113
21000	12.5	0.0125	0.000414	4.14	118
22000	13.0	0.0130	0.000430	4.30	124
23000	13.0	0.0130	0.000430	4.30	129
24000	13.5	0.0135	0.000447	4.47	135
25000	13.5	0.0135	0.000447	4.47	141
26000	14.0	0.0140	0.000464	4.64	146
27000	15.0	0.0150	0.000497	4.97	152
28000	16.0	0.0160	0.000530	5.30	158
29000	17.0	0.0170	0.000563	5.63	163
30000	18.0	0.0180	0.000596	5.96	169

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 146.12$$

$$\sigma (0.00005) \text{ (kg/cm)} = 4.249929637$$

$$\varepsilon (0.4 \sigma \text{ Max}) = 0.000462884$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 343607.2397 \text{ Kg/cm}^2$$

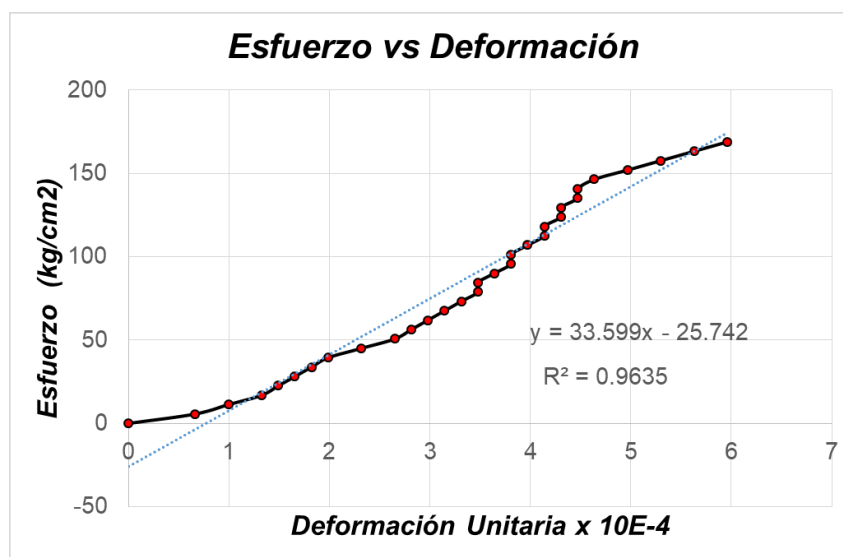


Figura 33. Esfuerzo - Deformación Especimen #350-5E f'c= 350 kg/cm² + 5% Adicionado PET

Tabla 115. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-6E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 5\% \text{ Adicionado PET}$

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA F'_c=350 kg /cm² + 5% ADICIONADO PET					
ESPÉCIMEN N°:	350-6E	DIÁMETRO (cm):	15.04		
FECHA DE ENSAYO:	5/03/2020	ÁREA (cm):	177.65		
EDAD (días):	28	Lo (cm):	29.9		
CARGA DE ROTURA (kg):	64895.545	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	365.3		
40%	25958.218	40%	146.12		
CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	3.0	0.0030	0.000100	1.00	6
2000	3.5	0.0035	0.000117	1.17	11
3000	4.0	0.0040	0.000134	1.34	17
4000	4.5	0.0045	0.000151	1.51	23
5000	5.0	0.0050	0.000167	1.67	28
6000	5.5	0.0055	0.000184	1.84	34
7000	6.0	0.0060	0.000201	2.01	39
8000	7.0	0.0070	0.000234	2.34	45
9000	8.0	0.0080	0.000268	2.68	51
10000	8.5	0.0085	0.000284	2.84	56
11000	9.0	0.0090	0.000301	3.01	62
12000	9.5	0.0095	0.000318	3.18	68
13000	10.0	0.0100	0.000334	3.34	73
14000	10.5	0.0105	0.000351	3.51	79
15000	10.5	0.0105	0.000351	3.51	84
17000	11.5	0.0115	0.000385	3.85	96
18000	11.5	0.0115	0.000385	3.85	101
19000	12.0	0.0120	0.000401	4.01	107
20000	12.5	0.0125	0.000418	4.18	113
21000	12.5	0.0125	0.000418	4.18	118
22000	13.0	0.0130	0.000435	4.35	124
23000	13.0	0.0130	0.000435	4.35	129
24000	13.5	0.0135	0.000452	4.52	135
25000	13.5	0.0135	0.000452	4.52	141
26000	14.0	0.0140	0.000468	4.68	146
27000	15.0	0.0150	0.000502	5.02	152
28000	16.0	0.0160	0.000535	5.35	158
29000	17.0	0.0170	0.000569	5.69	163
30000	18.0	0.0180	0.000602	6.02	169

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 146.12$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 2.805141195$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.000467529$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 343245.5034 \text{ Kg/cm}^2$$

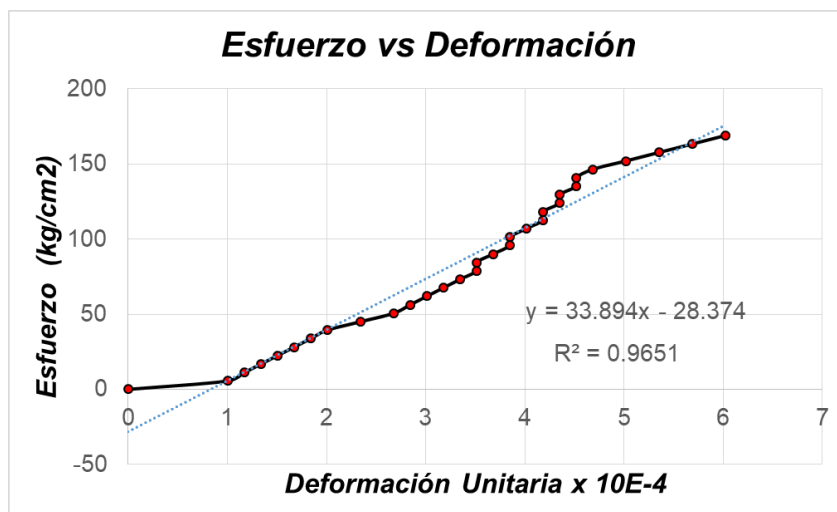


Figura 34. Esfuerzo - Deformación Especimen #350-6E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Adicionado PET

PROMEDIO = 343279.78 Kg/cm²

4.3.3.3 10% PET

Tabla 116. Esfuerzo - Deformación Especimen #350-7E $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $F'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ ADICIONADO PET					
ESPÉCIMEN N°:	350-7E		DIÁMETRO (cm):	15.04	
FECHA DE ENSAYO:	10/03/2020		ÁREA (cm):	177.65	
EDAD (días):	28		Lo (cm):	29.9	
CARGA DE ROTURA (kg):	63012.455		RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	354.7	
40%	25204.982		40%	141.88	
CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	3.0	0.0030	0.000100	1.00	6

2000	3.5	0.0035	0.000117	1.17	11
3000	4.0	0.0040	0.000134	1.34	17
4000	4.5	0.0045	0.000151	1.51	23
5000	5.0	0.0050	0.000167	1.67	28
6000	5.5	0.0055	0.000184	1.84	34
7000	6.0	0.0060	0.000201	2.01	39
8000	7.0	0.0070	0.000234	2.34	45
9000	8.0	0.0080	0.000268	2.68	51
10000	8.5	0.0085	0.000284	2.84	56
11000	9.0	0.0090	0.000301	3.01	62
12000	9.5	0.0095	0.000318	3.18	68
13000	10.0	0.0100	0.000334	3.34	73
14000	10.5	0.0105	0.000351	3.51	79
15000	10.5	0.0105	0.000351	3.51	84
16000	11.0	0.0110	0.000368	3.68	90
17000	11.5	0.0115	0.000385	3.85	96
18000	12.0	0.0120	0.000401	4.01	101
19000	12.5	0.0125	0.000418	4.18	107
20000	13.0	0.0130	0.000435	4.35	113
21000	13.0	0.0130	0.000435	4.35	118
22000	13.5	0.0135	0.000452	4.52	124
23000	14.0	0.0140	0.000468	4.68	129
24000	14.0	0.0140	0.000468	4.68	135
25000	14.5	0.0145	0.000485	4.85	141
26000	15.0	0.0150	0.000502	5.02	146
27000	16.0	0.0160	0.000535	5.35	152
28000	17.0	0.0170	0.000569	5.69	158
29000	18.0	0.0180	0.000602	6.02	163
30000	19.0	0.0190	0.000635	6.35	169

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 141.88$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 2.805141195$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.000488378$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 317248.9898 \text{ Kg/cm}^2$$

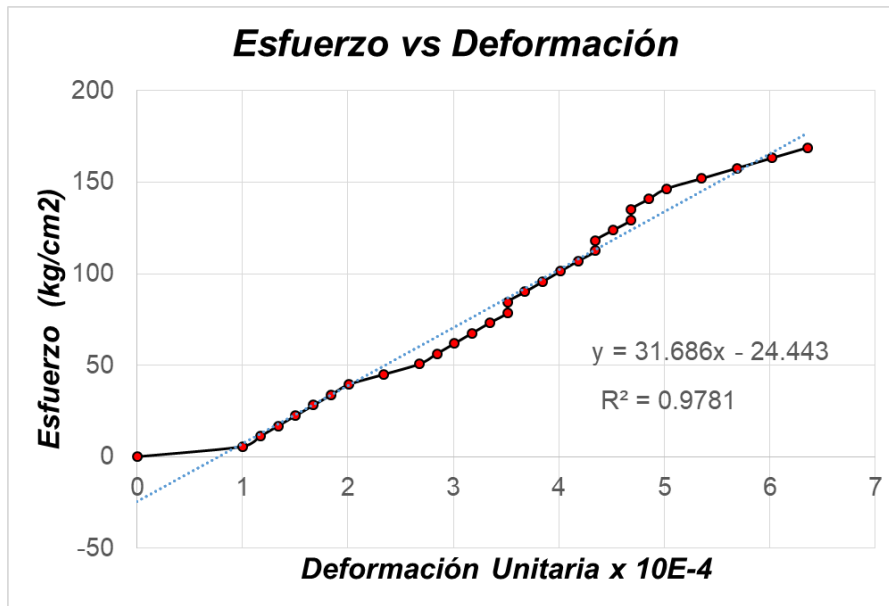


Figura 35. Esfuerzo - Deformación Especimen #350-7E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

Tabla 117. Esfuerzo - Deformación Especimen #350-8E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $F'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ ADICIONADO PET

ESPÉCIMEN N°:	350-8E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	10/03/2020	ÁREA (cm²):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.2
CARGA DE ROTURA (kg):	63012.455	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm²):	354.7
40%	25204.982	40%	141.88

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm²)
0	0	0	0	0	0
1000	2.0	0.0020	0.000066	0.66	6
2000	3.5	0.0035	0.000116	1.16	11
3000	4.0	0.0040	0.000132	1.32	17
4000	4.5	0.0045	0.000149	1.49	23
5000	5.0	0.0050	0.000166	1.66	28
6000	5.5	0.0055	0.000182	1.82	34
7000	6.0	0.0060	0.000199	1.99	39
8000	7.0	0.0070	0.000232	2.32	45
9000	8.0	0.0080	0.000265	2.65	51
10000	8.5	0.0085	0.000281	2.81	56
11000	9.0	0.0090	0.000298	2.98	62

12000	9.5	0.0095	0.000315	3.15	68
13000	10.0	0.0100	0.000331	3.31	73
14000	10.5	0.0105	0.000348	3.48	79
15000	10.5	0.0105	0.000348	3.48	84
16000	11.0	0.0110	0.000364	3.64	90
17000	11.5	0.0115	0.000381	3.81	96
19000	12.5	0.0125	0.000414	4.14	107
20000	13.0	0.0130	0.000430	4.30	113
21000	13.0	0.0130	0.000430	4.30	118
22000	13.5	0.0135	0.000447	4.47	124
23000	14.0	0.0140	0.000464	4.64	129
24000	14.0	0.0140	0.000464	4.64	135
25000	14.5	0.0145	0.000480	4.80	141
26000	15.0	0.0150	0.000497	4.97	146
27000	16.0	0.0160	0.000530	5.30	152
28000	17.0	0.0170	0.000563	5.63	158
29000	18.0	0.0180	0.000596	5.96	163
30000	18.0	0.0180	0.000596	5.96	169

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 141.88$$

$$\sigma (0.00005) \text{ (kg/cm)} = 4.249929637$$

$$\varepsilon (0.4 \sigma \text{ Max}) = 0.000483526$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 317466.5635 \text{ Kg/cm}^2$$

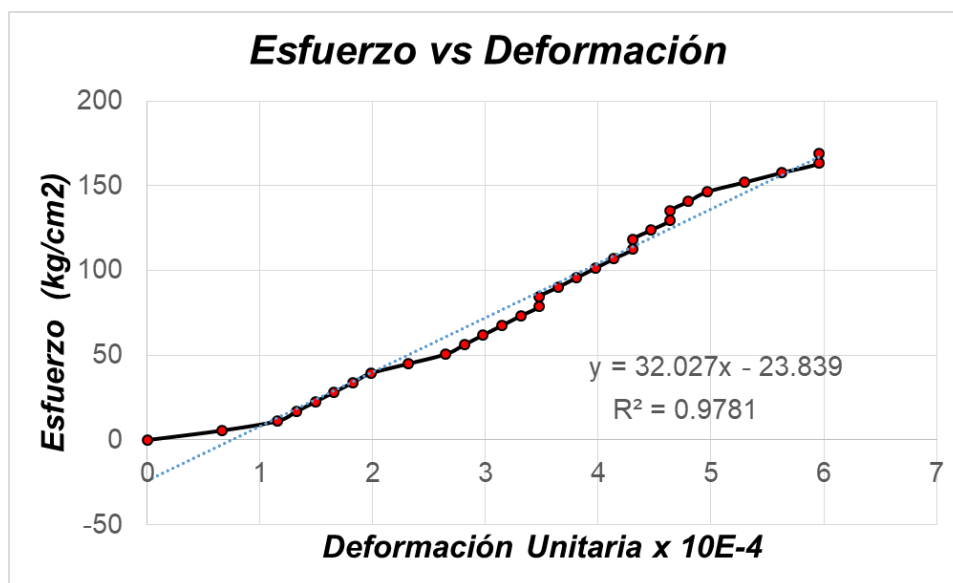


Figura 36. Esfuerzo - Deformación Especimen #350-8E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

Tabla 118. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-9E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $F'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ ADICIONADO PET					
ESPÉCIMEN N°:	350-9E	DIÁMETRO (cm):	15.04		
FECHA DE ENSAYO:	10/03/2020	ÁREA (cm):	177.65		
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.15		
CARGA DE ROTURA (kg):	63012.455	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	354.7		
40%	25204.982	40%	141.88		

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	3.0	0.0030	0.000100	1.00	6
2000	3.5	0.0035	0.000116	1.16	11
3000	4.0	0.0040	0.000133	1.33	17
4000	4.5	0.0045	0.000149	1.49	23
5000	5.0	0.0050	0.000166	1.66	28
6000	5.5	0.0055	0.000182	1.82	34
7000	6.0	0.0060	0.000199	1.99	39
8000	7.0	0.0070	0.000232	2.32	45
9000	8.0	0.0080	0.000265	2.65	51
10000	8.5	0.0085	0.000282	2.82	56
11000	9.0	0.0090	0.000299	2.99	62
12000	9.5	0.0095	0.000315	3.15	68
14000	10.5	0.0105	0.000348	3.48	79
15000	11.0	0.0110	0.000365	3.65	84
16000	11.0	0.0110	0.000365	3.65	90
17000	11.5	0.0115	0.000381	3.81	96
18000	12.0	0.0120	0.000398	3.98	101
19000	12.5	0.0125	0.000415	4.15	107
20000	13.0	0.0130	0.000431	4.31	113
21000	13.5	0.0135	0.000448	4.48	118
22000	13.5	0.0135	0.000448	4.48	124
24000	14.0	0.0140	0.000464	4.64	135
25000	15.0	0.0150	0.000498	4.98	141
26000	15.0	0.0150	0.000498	4.98	146
27000	16.0	0.0160	0.000531	5.31	152
28000	17.0	0.0170	0.000564	5.64	158
29000	18.0	0.0180	0.000597	5.97	163
30000	18.0	0.0180	0.000597	5.97	169

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 141.88$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 2.828595553$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.000497512$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 310720.7592 \text{ Kg/cm}^2$$

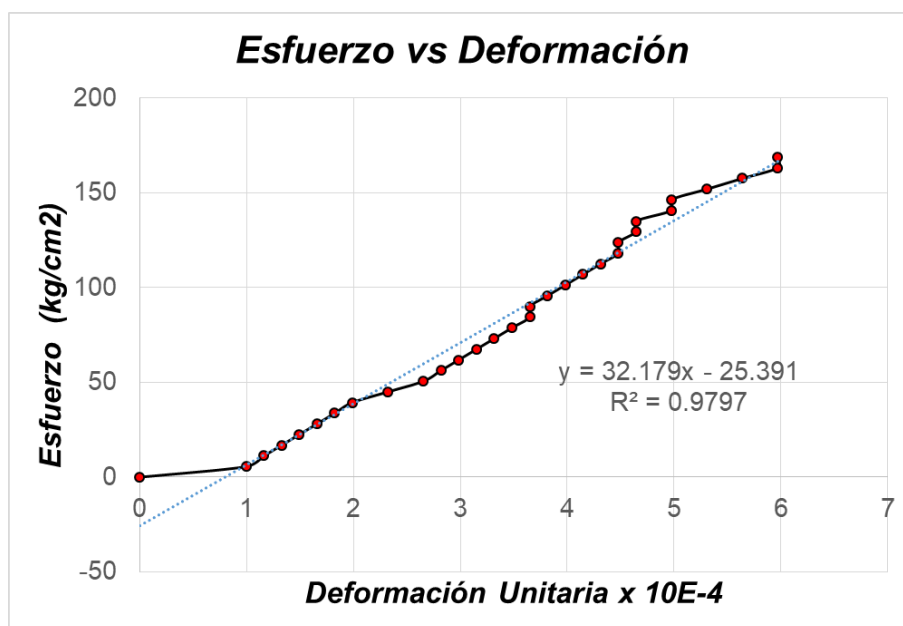


Figura 37. Esfuerzo - Deformación Especimen #350-9E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

PROMEDIO = 315145.44 Kg/cm²

4.3.3.4 15% PET

Tabla 119. Esfuerzo - Deformación Especimen #350-10E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $F'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ ADICIONADO PET

ESPÉCIMEN N°:	350-10E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	12/03/2020	ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.15
CARGA DE ROTURA (kg):	64078.355	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	360.7
40%	25631.342	40%	144.28

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	2.0	0.0020	0.000066	0.66	6
2000	3.5	0.0035	0.000116	1.16	11
3000	4.0	0.0040	0.000133	1.33	17
4000	4.5	0.0045	0.000149	1.49	23
5000	5.0	0.0050	0.000166	1.66	28
6000	5.5	0.0055	0.000182	1.82	34
7000	6.0	0.0060	0.000199	1.99	39
8000	7.0	0.0070	0.000232	2.32	45
9000	8.0	0.0080	0.000265	2.65	51
10000	8.5	0.0085	0.000282	2.82	56
11000	9.0	0.0090	0.000299	2.99	62
12000	9.5	0.0095	0.000315	3.15	68
13000	10.0	0.0100	0.000332	3.32	73
14000	10.5	0.0105	0.000348	3.48	79
15000	11.0	0.0110	0.000365	3.65	84
16000	11.0	0.0110	0.000365	3.65	90
17000	11.5	0.0115	0.000381	3.81	96
18000	12.0	0.0120	0.000398	3.98	101
19000	12.5	0.0125	0.000415	4.15	107
20000	13.0	0.0130	0.000431	4.31	113
21000	13.5	0.0135	0.000448	4.48	118
22000	13.5	0.0135	0.000448	4.48	124
23000	14.0	0.0140	0.000464	4.64	129
24000	14.5	0.0145	0.000481	4.81	135
25000	15.0	0.0150	0.000498	4.98	141
26000	15.5	0.0155	0.000514	5.14	146
27000	16.0	0.0160	0.000531	5.31	152
28000	17.0	0.0170	0.000564	5.64	158
29000	18.0	0.0180	0.000597	5.97	163
30000	19.0	0.0190	0.000630	6.30	169

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 144.28$$

$$\sigma \text{ (0.00005) (kg/cm)} = 4.24289333$$

$$\varepsilon \text{ (0.4 } \sigma \text{ Max)} = 0.000507982$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 305769.5886 \text{ Kg/cm}^2$$

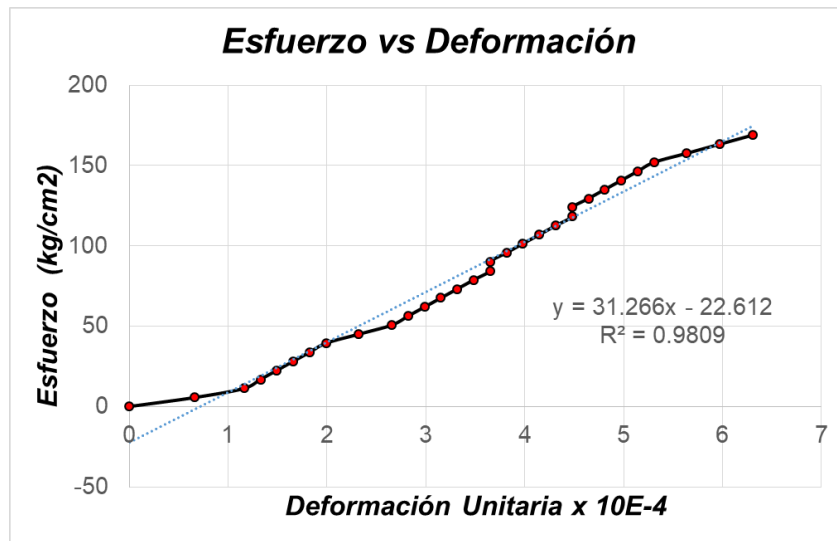


Figura 38. Esfuerzo - Deformación Especimen #350-10E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

Tabla 120. Esfuerzo - Deformación Especimen #350-11E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA $F'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ ADICIONADO PET

ESPÉCIMEN N°:	350-11E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	12/03/2020	ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.15
CARGA DE ROTURA (kg):	64078.355	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm²):	360.7
40%	25631.342	40%	144.28

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm²)
0	0	0	0	0	0
1000	3.0	0.0030	0.000100	1.00	6
2000	3.5	0.0035	0.000116	1.16	11
3000	4.0	0.0040	0.000133	1.33	17
4000	4.5	0.0045	0.000149	1.49	23
5000	5.0	0.0050	0.000166	1.66	28
6000	5.5	0.0055	0.000182	1.82	34
7000	6.0	0.0060	0.000199	1.99	39
8000	7.0	0.0070	0.000232	2.32	45
9000	8.0	0.0080	0.000265	2.65	51
10000	8.5	0.0085	0.000282	2.82	56
11000	9.0	0.0090	0.000299	2.99	62
12000	9.5	0.0095	0.000315	3.15	68

13000	10.0	0.0100	0.000332	3.32	73
14000	10.5	0.0105	0.000348	3.48	79
15000	11.0	0.0110	0.000365	3.65	84
16000	11.0	0.0110	0.000365	3.65	90
17000	11.5	0.0115	0.000381	3.81	96
18000	12.0	0.0120	0.000398	3.98	101
19000	12.5	0.0125	0.000415	4.15	107
20000	13.0	0.0130	0.000431	4.31	113
21000	13.5	0.0135	0.000448	4.48	118
22000	13.5	0.0135	0.000448	4.48	124
23000	14.0	0.0140	0.000464	4.64	129
24000	14.5	0.0145	0.000481	4.81	135
25000	15.0	0.0150	0.000498	4.98	141
26000	15.5	0.0155	0.000514	5.14	146
27000	16.0	0.0160	0.000531	5.31	152
28000	17.0	0.0170	0.000564	5.64	158
29000	17.5	0.0175	0.000580	5.80	163
30000	18.0	0.0180	0.000597	5.97	169

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 144.28$$

$$\sigma (0.00005) \text{ (kg/cm)} = 2.828595553$$

$$\varepsilon (0.4 \sigma \text{ Max}) = 0.000507982$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 308857.6933 \text{ Kg/cm}^2$$

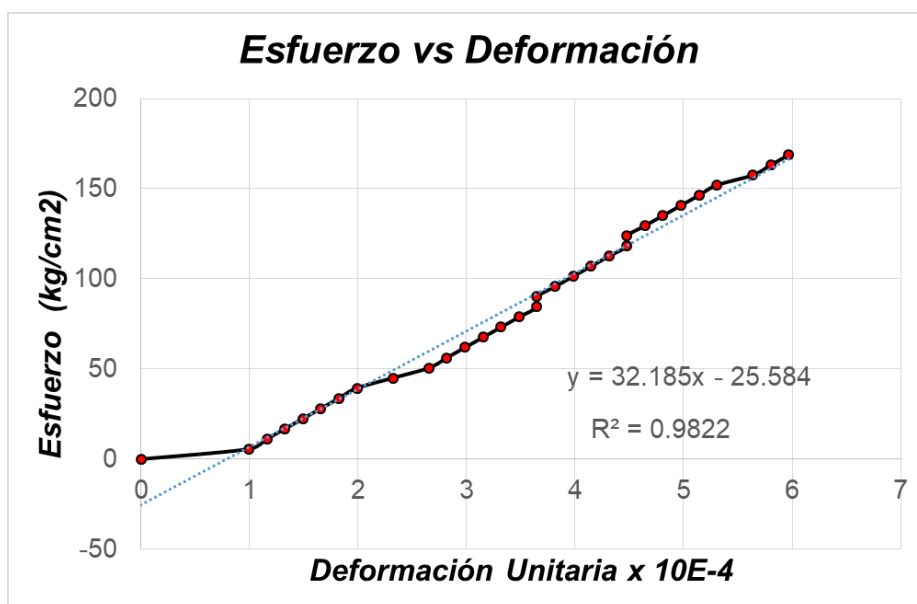


Figura 39. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-11E $f'c= 350\text{kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

Tabla 121. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-12E $f'c= 350\text{kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469 - RESISTENCIA
 $F'c=350 \text{ kg /cm}^2 + 15\% \text{ ADICIONADO PET}$

ESPÉCIMEN N°:	350-12E	DIÁMETRO (cm):	15.04
FECHA DE ENSAYO:	12/03/2020	ÁREA (cm):	177.65
EDAD (días):	28	Lo (cm):	30.15
CARGA DE ROTURA (kg):	64078.355	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/cm ²):	360.7
40%	25631.342	40%	144.28

CARGA	DEFORMACIÓN		DEF. ESPECÍFICA	DEF. ESPECÍFICA	ESFUERZO
(kg-f)	δ_1	δ final (cm)*10 ⁻³	(cm/cm)	x 10E-4	(Kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0
1000	3.0	0.0030	0.000100	1.00	6
2000	3.5	0.0035	0.000116	1.16	11
3000	4.0	0.0040	0.000133	1.33	17
4000	4.5	0.0045	0.000149	1.49	23
5000	5.0	0.0050	0.000166	1.66	28
6000	5.5	0.0055	0.000182	1.82	34
7000	6.0	0.0060	0.000199	1.99	39
8000	7.0	0.0070	0.000232	2.32	45
9000	8.0	0.0080	0.000265	2.65	51
10000	8.5	0.0085	0.000282	2.82	56
11000	9.0	0.0090	0.000299	2.99	62
12000	9.5	0.0095	0.000315	3.15	68
13000	10.0	0.0100	0.000332	3.32	73
14000	10.5	0.0105	0.000348	3.48	79
15000	11.0	0.0110	0.000365	3.65	84
16000	11.0	0.0110	0.000365	3.65	90
17000	11.5	0.0115	0.000381	3.81	96
18000	12.0	0.0120	0.000398	3.98	101
19000	12.5	0.0125	0.000415	4.15	107
20000	13.0	0.0130	0.000431	4.31	113
21000	13.5	0.0135	0.000448	4.48	118
22000	13.5	0.0135	0.000448	4.48	124
23000	14.0	0.0140	0.000464	4.64	129
25000	15.0	0.0150	0.000498	4.98	141
26000	15.5	0.0155	0.000514	5.14	146
27000	16.0	0.0160	0.000531	5.31	152
28000	17.0	0.0170	0.000564	5.64	158
29000	17.5	0.0175	0.000580	5.80	163

Cálculo del Módulo de Elasticidad Estático

$$40\% \sigma_r \text{ (kg/cm)} = 144.28$$

$$\sigma (0.00005) \text{ (kg/cm)} = 2.828595553$$

$$\varepsilon (0.4 \sigma \text{ Max}) = 0.00054115$$

$$E_c = \frac{0.4 \sigma_r - \sigma(0.00005)}{\varepsilon(0.4 \sigma_{max}) - 0.00005}$$

$$E_c = 288000.4454 \text{ Kg/cm}^2$$

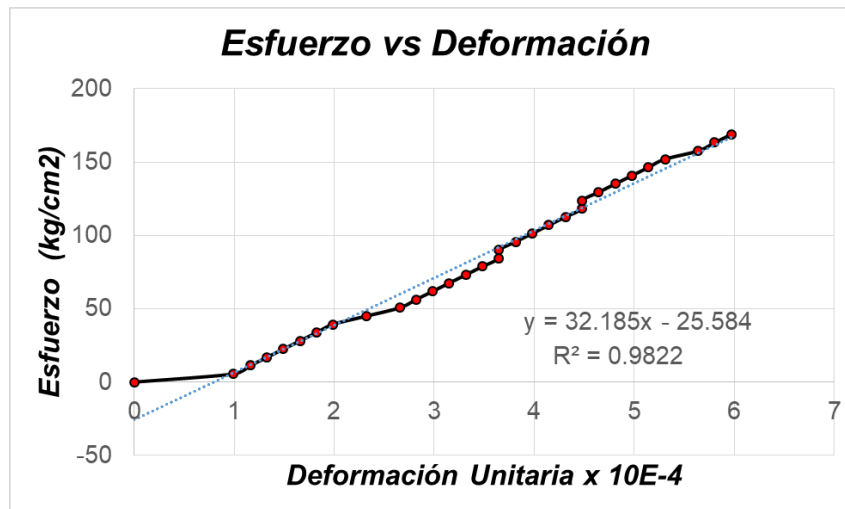


Figura 40. Esfuerzo - Deformación Espécimen #350-12E $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Adicionado PET

$$\text{PROMEDIO} = 300875.91 \text{ Kg/cm}^2$$

4.3.4 Módulo de elasticidad teórica

La resistencia a compresión del concreto se utiliza en (MPa), para poder aplicar las fórmulas propuestas por el Comité del ACI 318 y RNE. E-060, pero los resultados se expresarán en (kg/cm^2) para más adelante hacer la comparativa con los resultados obtenidos de forma Experimental

Tabla 122. Módulo de Elasticidad Estático Teórico para un Concreto de 210 kg/cm^2

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

INFLUENCIA DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD

ORIGEN: CANTERA DEL MILAGRO

ESFUERZO: 210 kg/cm^2 PATRÓN

**MÓDULO DE ELASTICIDAD TEÓRICO NORMAS ACI 11.8.5.1 y RNE-E-060 - F'c=210kg/cm² + 0%
ADICIONADO PET**

PROBETA N°	DIÁMETRO cm	LONGITUD cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm ²	MÓDULO DE ELASTICIDAD		EDAD Días
						ACI-11, 8.5.1	RNE. E- 060	
210-1E	15.04	30.15	177.65	39491.60	222.3	2237716.0	2237716.0	28
210-2E	15.04	30.05	177.65	39491.60	222.3	2237716.0	2237716.0	28
210-3E	15.04	29.87	177.65	39491.60	222.3	2237716.0	2237716.0	28
PROMEDIO					222.3	2237716.0	2237716.0	

**MÓDULO DE ELASTICIDAD TEÓRICO NORMAS ACI 11.8.5.1 y RNE-E-060 - F'c=210kg/cm² + Aditivo. + 5%
ADICIONADO PET**

PROBETA N°	DIÁMETRO cm	LONGITUD cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm ²	MÓDULO DE ELASTICIDAD		EDAD Días
						ACI-11, 8.5.1	RNE. E- 060	
210-4E	15.04	30.15	177.65	40681.85	229.0	227118.3	227118.3	28
210-5E	15.04	29.9	177.65	40681.85	229.0	227118.3	227118.3	28
210-6E	15.04	30	177.65	40681.85	229.0	227118.3	227118.3	28
PROMEDIO					229.0	227118.3	227118.3	

**MÓDULO DE ELASTICIDAD TEÓRICO NORMAS ACI 11.8.5.1 y RNE-E-060 - F'c=210kg/cm² 10%
ADICIONADO PET**

PROBETA N°	DIÁMETRO cm	LONGITUD cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm ²	MÓDULO DE ELASTICIDAD		EDAD Días
						ACI-11, 8.5.1	RNE. E- 060	
210-7E	15.04	30.15	177.65	39615.95	223.0	224120.4	224120.4	28
210-8E	15.04	30.15	177.65	39615.95	223.0	224120.4	224120.4	28
210-9E	15.04	30.15	177.65	39615.95	223.0	224120.4	224120.4	28
PROMEDIO					223.0	224120.4	224120.4	

**MÓDULO DE ELASTICIDAD TEÓRICO NORMAS ACI 11.8.5.1 y RNE-E-060 - F'c=210kg/cm² + Aditivo. +
15% ADICIONADO PET**

PROBETA N°	DIÁMETRO cm	LONGITUD cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm ²	MÓDULO DE ELASTICIDAD		EDAD Días
						ACI-11, 8.5.1	RNE. E- 060	
210-10E	15.04	30.2	177.65	40380	227.3	226273.0	226273.0	28
210-11E	15.04	30.15	177.65	40380	227.3	226273.0	226273.0	28
210-12E	15.04	29.8	177.65	40380	227.3	226273.0	226273.0	28
PROMEDIO					227.3	226273.0	226273.0	

Tabla 123. Módulo de Elasticidad Estático Teórico para un Concreto de 280 kg/cm²

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD

ORIGEN: CANTERA DEL MILAGRO

ESFUERZO: 280 kg/cm² PATRÓN

MÓDULO DE ELASTICIDAD TEÓRICO NORMAS ACI 11.8.5.1 y RNE-E-060 - F'c=280kg/cm² + 0% ADICIONADO PET

PROBETA N°	DIÁMETRO cm	LONGITUD cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm ²	MÓDULO DE ELASTICIDAD		EDAD Días
						ACI-11, 8.5.1	RNE. E-060	
280-1E	15.04	30.15	177.65	50328.25	283.3	252615.3	252615.3	28
280-2E	15.04	29.2	177.65	50328.25	283.3	252615.3	252615.3	28
280-3E	15.04	30.2	177.65	50328.25	283.3	252615.3	252615.3	28
PROMEDIO					283.3	252615.3	252615.3	

MÓDULO DE ELASTICIDAD TEÓRICO NORMAS ACI 11.8.5.1 y RNE-E-060 - F'c=280kg/cm² + Aditivo. + 5% ADICIONADO PET

PROBETA N°	DIÁMETRO cm	LONGITUD cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm ²	MÓDULO DE ELASTICIDAD		EDAD Días
						ACI-11, 8.5.1	RNE. E-060	
280-4E	15.04	30.2	177.65	51820.51	291.7	256329.1	256329.1	28
280-5E	15.04	30.1	177.65	51820.51	291.7	256329.1	256329.1	28
280-6E	15.04	29.8	177.65	51820.51	291.7	256329.1	256329.1	28
PROMEDIO					291.7	256329.1	256329.1	

MÓDULO DE ELASTICIDAD TEÓRICO NORMAS ACI 11.8.5.1 y RNE-E-060 - F'c=280kg/cm² 10% ADICIONADO PET

PROBETA N°	DIÁMETRO cm	LONGITUD cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm ²	MÓDULO DE ELASTICIDAD		EDAD Días
						ACI-11, 8.5.1	RNE. E-060	
280-7E	15.04	30.2	177.65	52175.81	293.7	2572102.0	2572102.0	28
280-8E	15.04	30.15	177.65	52175.81	293.7	2572102.0	2572102.0	28
280-9E	15.04	29.8	177.65	52175.81	293.7	2572102.0	2572102.0	28
PROMEDIO					293.7	2572102.0	2572102.0	

MÓDULO DE ELASTICIDAD TEÓRICO NORMAS ACI 11.8.5.1 y RNE-E-060 - F'c=280kg/cm² + Aditivo. + 15% ADICIONADO PET

PROBETA N°	DIÁMETRO cm	LONGITUD cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm ²	MÓDULO DE ELASTICIDAD		EDAD Días
						ACI-11, 8.5.1	RNE. E- 060	
280-10E	15.04	30.3	177.65	51696	291	256024.2	256024.2	28
280-11E	15.04	29.9	177.65	51696	291	256024.2	256024.2	28
280-12E	15.04	30.1	177.65	51696	291	256024.2	256024.2	28
PROMEDIO					291	256024.2	256024.2	

Tabla 124. *Módulo de Elasticidad Estático Teórico para un Concreto de 350 kg/cm²*

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD

ORIGEN: CANTERA DEL MILAGRO

ESFUERZO: 350 kg/cm² PATRÓN

MÓDULO DE ELASTICIDAD TEÓRICO NORMAS ACI 11.8.5.1 y RNE-E-060 - F'c=350kg/cm² + 0% ADICIONADO PET

PROBETA N°	DIÁMETRO cm	LONGITUD cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm ²	MÓDULO DE ELASTICIDAD		EDAD Días
						ACI-11, 8.5.1	RNE. E- 060	
350-1E	15.04	30.15	177.65	61999.85	349.0	280381.2	280381.2	28
350-2E	15.04	30.2	177.65	61999.85	349.0	280381.2	280381.2	28
350-3E	15.04	29.9	177.65	61999.85	349.0	280381.2	280381.2	28
PROMEDIO					349.0	280381.2	280381.2	

MÓDULO DE ELASTICIDAD TEÓRICO NORMAS ACI 11.8.5.1 y RNE-E-060 - F'c=350kg/cm² + Aditivo. + 5% ADICIONADO PET

PROBETA N°	DIÁMETRO cm	LONGITUD cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm ²	MÓDULO DE ELASTICIDAD		EDAD Días
						ACI-11, 8.5.1	RNE. E- 060	
350-4E	15.04	30.15	177.65	64895.55	365.3	286852.3	286852.3	28
350-5E	15.04	30.2	177.65	64895.55	365.3	286852.3	286852.3	28
350-6E	15.04	29.9	177.65	64895.55	365.3	286852.3	286852.3	28
PROMEDIO					365.3	286852.3	286852.3	

MÓDULO DE ELASTICIDAD TEÓRICO NORMAS ACI 11.8.5.1 y RNE-E-060 - F'c=350kg/cm² 10% ADICIONADO PET

PROBETA N°	DIÁMETRO cm	LONGITUD cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm ²	MÓDULO DE ELASTICIDAD		EDAD Días
						ACI-11, 8.5.1	RNE. E-060	
350-7E	15.04	29.9	177.65	63012.46	354.7	282661.3	282661.3	28
350-8E	15.04	30.2	177.65	63012.46	354.7	282661.3	282661.3	28
350-9E	15.04	30.15	177.65	63012.46	354.7	282661.3	282661.3	28
PROMEDIO					354.7	282661.3	282661.3	

MÓDULO DE ELASTICIDAD TEÓRICO NORMAS ACI 11.8.5.1 y RNE-E-060 - F'c=350kg/cm² + Aditivo. + 15% ADICIONADO PET

PROBETA N°	DIÁMETRO cm	LONGITUD cm	ÁREA cm ²	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm ²	MÓDULO DE ELASTICIDAD		EDAD Días
						ACI-11, 8.5.1	RNE. E-060	
350-10E	15.04	30.15	177.65	64078	360.7	285041.3	285041.3	28
350-11E	15.04	30.15	177.65	64078	360.7	285041.3	285041.3	28
350-11E	15.04	30.15	177.65	64078	360.7	285041.3	285041.3	28
PROMEDIO					360.7	285041.3	285041.3	

4.3.5 Comparación del módulo de elasticidad estático experimental y teórico

Tabla 125. Comparación del Módulo de Elasticidad Estático Experimental y Teórico para un concreto de 210 kg/cm² al 0%,5%,10%,15 de adición del PET

COMPARACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL Y TEÓRICO - F'c=210 Kg/cm²

% Adición	RESISTENCIA	M.ELASTICIDAD EXP.	M. ELASTICIDAD TEÓRICO		RELACIÓN ASTM - 469. CON:	
	kg/cm ²	ASTM - C 469	ACI-11, 8.5.1	RNE. E-060	ACI-11, 8.5.1	RNE. E-060
0	222.3	209677.51	223771.6	223771.6	106.72%	106.72%
5	229.0	256654.27	227118.3	227118.3	88.49%	88.49%
10	223.0	215271.51	224120.4	224120.4	104.11%	104.11%
15	227.3	222517.86	226273.0	226273.0	101.69%	101.69%

Tabla 126. Comparación del Módulo de Elasticidad Estático Experimental y Teórico para un concreto de 280 kg/cm² al 0%,5%,10%,15 de adición del PET

COMPARACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL Y TEÓRICO - F'c=280 Kg/cm²

% Adición	RESISTENCIA	M.ELASTICIDAD EXP.	M. ELASTICIDAD TEÓRICO		RELACIÓN ASTM - 469. CON:	
	kg/cm ²	ASTM - C 469	ACI-11, 8.5.1	RNE. E-060	ACI-11, 8.5.1	RNE. E-060
0	283.3	258213.61	252615.3	252615.3	97.83%	97.83%
5	291.7	268549.60	256329.1	256329.1	95.45%	95.45%
10	293.7	269593.20	257210.2	257210.2	95.41%	95.41%
15	291.0	276019.24	256024.2	256024.2	92.76%	92.76%

Tabla 127. Comparación del Módulo de Elasticidad Estático Experimental y Teórico para un concreto de 350 kg/cm² al 0%, 5%, 10%, 15 de adición del PET

COMPARACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL Y TEÓRICO - F'c=350 Kg/cm ²						
% Adición	RESISTENCIA	M.ELASTICIDAD EXP.	M. ELASTICIDAD TEÓRICO		RELACIÓN ASTM - 469. CON:	
	kg/cm ²	ASTM - C 469	ACI-11, 8.5.1	RNE. E-060	ACI-11, 8.5.1	RNE. E-060
0	349.0	299924.07	280381.2	280381.2	93.48%	93.48%
5	365.3	343279.78	286852.3	286852.3	83.56%	83.56%
10	354.7	315145.44	282661.3	282661.3	89.69%	89.69%
15	360.7	300875.91	285041.3	285041.3	94.74%	94.74%

4.4 Resultados del módulo de elasticidad dinámico

4.4.1 Concreto 210 kg/cm²

4.4.1.1 Concreto 210 kg/cm²+ 0% de adición PET

Tabla 128. *Espécimen #210-1D f'c= 210 kg/cm² +0% de Adición PET*

MUESTRA: 210-1D	
FECHA	3/02/2020 9:40
FRECUENCIA	6523 Hz
E:	23.7 Gpa
G:	0.1 GPa
mu	157.2
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 129. *Espécimen #210-2D; f'c= 210 kg/cm² +0% de Adición PET*

MUESTRA: 210-2D	
FECHA	3/02/2020 9:45
FRECUENCIA	6484 Hz
E:	23.8 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	157.8
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 130. *Espécimen #210-3D ; f'c= 210 kg/cm2 +0% de Adición PET*

MUESTRA: 210-3D	
FECHA	3/02/2020 9:53
FRECUENCIA	6484 Hz
E:	22.9 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	156.1
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

4.4.1.2 Concreto 210 kg/cm2+ 5% de Adición PET

Tabla 131. *Espécimen #210-4D; f'c= 210 kg/cm2 +5% de Adición PET*

MUESTRA: 210-4D	
FECHA	3/03/2020 8:59
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	29.6 GPa
G:	0.1 GPa
mu	170.1
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 132. *Espécimen #210-5D; f'c= 210 kg/cm2 +5% de Adición PET*

MUESTRA: 210-5D	
FECHA	3/03/2020 9:04
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	28.7 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	169.2
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 133. *Espécimen #210-6D; f'c= 210 kg/cm2 +5% de Adición PET*

MUESTRA: 210-6D	
FECHA	3/03/2020 9:15
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	28.9 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	169.4
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

4.4.1.3 Concreto 210 kg/cm2+ 10% de adición PET

Tabla 134. *Espécimen #210-7D; f'c= 210 kg/cm2 +10% de Adición PET*

MUESTRA: 210-7D	
FECHA	3/05/2020 8:19
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	23.7 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	157.2
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 135. *Espécimen #210-8D; f'c= 210 kg/cm2 +10% de Adición PET*

MUESTRA: 210-8D	
FECHA	3/05/2020 8:44
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	24.6 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	158.7
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 136. *Espécimen #210-9D; f'c= 210 kg/cm² +10% de Adición PET*

MUESTRA: 210-9D	
FECHA	3/05/2020 8:57
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	23.9 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	157.9
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

4.4.1.4 Concreto 210 kg/cm²+ 15% de adición PET

Tabla 137. *Espécimen #210-10D; f'c= 210 kg/cm² +15% de Adición PET*

MUESTRA: 210-10D	
FECHA	3/10/2020 9:10
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	27.8 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	166.5
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 138. *Espécimen #210-11D; f'c= 210 kg/cm² +15% de Adición PET*

MUESTRA: 210-11D	
FECHA	3/10/2020 9:15
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	28.3 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	167.1
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 139. *Espécimen #210-12D; f'c= 210 kg/cm² +15% de Adición PET*

MUESTRA: 210-12D	
FECHA	3/10/2020 9:31
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	27.3 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	166.1
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

4.4.2 Concreto 280 kg/cm²

4.4.2.1 Concreto 280 kg/cm² + 0% de adición PET

Tabla 140. *Espécimen #280-1D; f'c= 280 kg/cm² +0% de Adición PET*

MUESTRA: 280-1D	
FECHA	3/02/2020 10:30
FRECUENCIA	6523 Hz
E:	27.4 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	164.3
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 141. *Espécimen #280-2D; f'c= 280 kg/cm² +0% de Adición PET*

MUESTRA: 280-2D	
FECHA	3/02/2020 10:37
FRECUENCIA	6484 Hz
E:	26.4GPa
G:	0.1 GPa
Mu	161.4
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 142. *Espécimen #280-3D; f'c= 280 kg/cm² +0% de Adición PET*

MUESTRA: 280-3D	
FECHA	3/02/2020 11:12
FRECUENCIA	6484 Hz
E:	27.1 GPa
G:	0.1 GPa
mu	164.1
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

4.4.2.2 Concreto 280 kg/cm² + 5% de adición PET

Tabla 143. *Espécimen #280-4D; f'c= 280 kg/cm² +5% de Adición PET*

MUESTRA: 280-4D	
FECHA	3/03/2020 9:59
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	29.6 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	170.1
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 144. *Espécimen #280-5D; f'c= 280 kg/cm² +5% de Adición PET*

MUESTRA: 280-5D	
FECHA	3/03/2020 10:04
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	29.3 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	169.9
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 145. *Espécimen #280-6D; f'c= 280 kg/cm² +5% de Adición PET*

MUESTRA: 280-6D	
FECHA	3/03/2020 10:04
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	28.4 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	167.2
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

4.4.2.3 Concreto 280 kg/cm² + 10% de adición PET

Tabla 146. *Espécimen #280-7D; f'c= 280 kg/cm² +10% de Adición PET*

MUESTRA: 280-7D	
FECHA	3/05/2020 11:38
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	28.4GPa
G:	0.1 GPa
Mu	167.2
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 147. *Espécimen #280-8D; f'c= 280 kg/cm² +10% de Adición PET*

MUESTRA: 280-8D	
FECHA	3/05/2020 11:58
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	29.1 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	169.1
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 148, *Espécimen #280-9D; f'c= 280 kg/cm² +10% de Adición PET*

MUESTRA: 280-9D	
FECHA	3/05/2020 12:23
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	28.7 GPa
G:	0.1 GPa
mu	167.9
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

4.4.2.4 Concreto 280 kg/cm² + 15% de adición PET

Tabla 149. *Espécimen #280-10D; f'c= 280 kg/cm² +15% de Adición PET*

MUESTRA: 280-10D	
FECHA	03/10/2020 10:11:57 AM
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	29.4 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	169.2
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 150. *Espécimen #280-11D ; f'c= 280 kg/cm² +15% de Adición PET*

MUESTRA: 280-11D	
FECHA	3/10/2020 10:25
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	29.7 GPa
G:	0.1 GPa
mu	169.7
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 151. *Espécimen #280-12D; f'c= 280 kg/cm² +15% de Adición PET*

MUESTRA: 280-12D	
FECHA	3/10/2020 10:43
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	29.1GPa
G:	0.1 GPa
Mu	169.1
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

4.4.3 Concreto 350 kg/cm²

4.4.3.1 Concreto 350 kg/cm² + 0% adición de PET

Tabla 152. *Espécimen #350-1D; f'c= 350 kg/cm² +0% de Adición PET*

MUESTRA: 350-1D	
FECHA	3/03/2020 11:40
FRECUENCIA	6523 Hz
E:	32.5 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	175.8
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 153. *Espécimen #350-2D; f'c= 350 kg/cm² +0% de Adición PET*

MUESTRA: 350-2D	
FECHA	3/03/2020 11:47
FRECUENCIA	6484 Hz
E:	32.3 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	175.2
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 154. *Espécimen #350-3D; f'c= 350 kg/cm² +0% de Adición PET*

MUESTRA: 350-3D	
FECHA	3/03/2020 12:23
FRECUENCIA	6484 Hz
E:	31.5 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	174.3
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

4.4.3.2 Concreto 350 kg/cm² + 5% adición de PET

Tabla 155. *Espécimen #350-4D; f'c= 350 kg/cm² +5% de Adición PET*

MUESTRA: 350-4D	
FECHA	3/05/2020 9:59
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	34.1 GPa
G:	0.1 GPa
mu	177.8
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 156. *Espécimen #350-5D; f'c= 350 kg/cm² +5% de Adición PET*

MUESTRA: 350-5D	
FECHA	3/05/2020 10:12
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	33.7 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	177.6
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m

t:	0.001m
----	--------

Tabla 157. *Espécimen #350-6D; f'c= 350 kg/cm² +5% de Adición PET*

MUESTRA: 350-6D	
FECHA	3/05/2020 10:34
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	34.8 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	177.8
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

4.4.3.3 Concreto 350 kg/cm² + 10% adición de PET

Tabla 158. *Espécimen #350-7D; f'c= 350 kg/cm² +10% de Adición PET*

MUESTRA: 350-7D	
FECHA	3/10/2020 11:29
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	32.3 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	175.2
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 159. *Espécimen #350-8D; f'c= 350 kg/cm² 10% de Adición PET*

MUESTRA: 350-8D	
FECHA	3/10/2020 12:04
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	32.6 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	175.4
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m

Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 160. *Espécimen #350-9D; f'c= 350 kg/cm² +10% de Adición PET*

MUESTRA: 350-9D	
FECHA	3/10/2020 12:17
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	32.7 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	175.6
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

4.4.3.4 Concreto 350 kg/cm² + 15% adición de PET

Tabla 161. *Espécimen #350-10D; f'c= 350 kg/cm² +15% de Adición PET*

MUESTRA: 350-10D	
FECHA	3/12/2020 9:10
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	31.2 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	174.5
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 162. *Espécimen #350-11D; f'c= 350 kg/cm² +15% de Adición PET*

MUESTRA: 350-11D	
FECHA	3/12/2020 9:28
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	32.7 GPa
G:	0.1 GPa
Mu	175.8
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg

Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
b:	0.001m
t:	0.001m

Tabla 163. *Espécimen #350-12D; f'c= 350 kg/cm² +15% de Adición PET*

MUESTRA: 350-12D	
FECHA	3/12/2020 10:07
FRECUENCIA	6836 Hz
E:	31.9 GPa
G:	0.1 GPa
mu	174.9
Frecuencia de muestreo	40 kHz
MASA	12.3 Kg
Longitud	0.305m
Diámetro	0.152 m
t:	0.001m

4.5 Comparación del módulo de elasticidad estático experimental vs módulo de elasticidad dinámico

Los Módulos de Elasticidad anteriormente ensayados experimentalmente (MPa) se convertirán en (GPa) para realizar la comparativa con los resultados obtenidos en el Módulo de Elasticidad Dinámico con el equipo de Resonancia y sus respectivos porcentajes en comparativa.

Tabla 164. *Resumen M.E.E vs M.E.D Concreto 210 Kg/cm² a diferentes % de Adición PET*

COMPARACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO - F'c=210 Kg/cm ²				
% Adición	RESISTENCIA	M.ELASTICIDAD EXP. (GPa)	M. ELASTICIDAD DINÁMICO (GPa)	RELACIÓN ESTÁTICO VS DINÁMICO
	kg/cm ²	ASTM - C 469	ASTM C215	%
0	222.3	20.56	23.47	114.15%
5	229.0	25.16	29.07	115.54%
10	223.0	21.11	24.07	114.02%

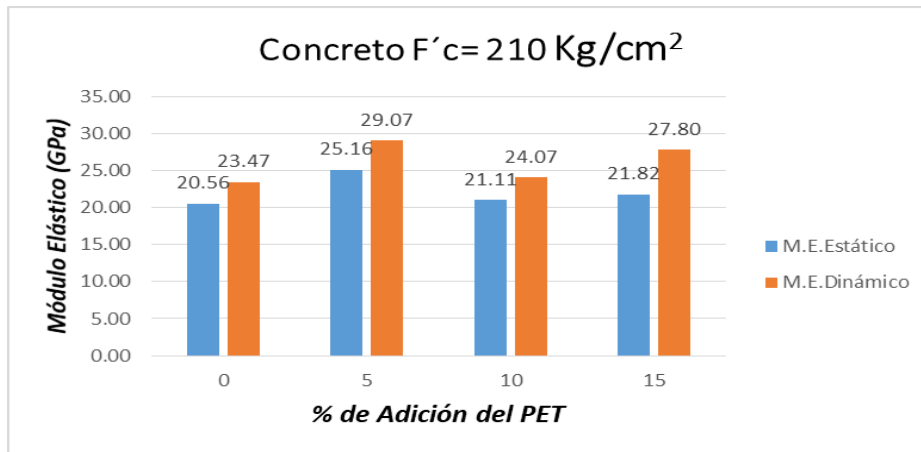


Figura 41. Resumen M.E.E vs M.E.D Concreto 210 Kg/cm² a diferentes % de Adición PET

Tabla 165. Resumen M.E.E vs M.E.D Concreto 280 Kg/cm² a diferentes % de Adición PET

COMPARACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO - F'c=280 Kg/cm²

% Adición	RESISTENCIA	M.ELASTICIDAD EXP. (GPa)	M. ELASTICIDAD DINÁMICO (GPa)	RELACIÓN ESTÁTICO VS DINÁMICO
	kg/cm ²	ASTM - C 469	ASTM C215	%
0	283.3	25.32	26.97	106.52%
5	291.7	26.33	29.10	110.52%
10	293.7	26.43	28.73	108.70%
15	291.0	27.06	27.80	102.73%

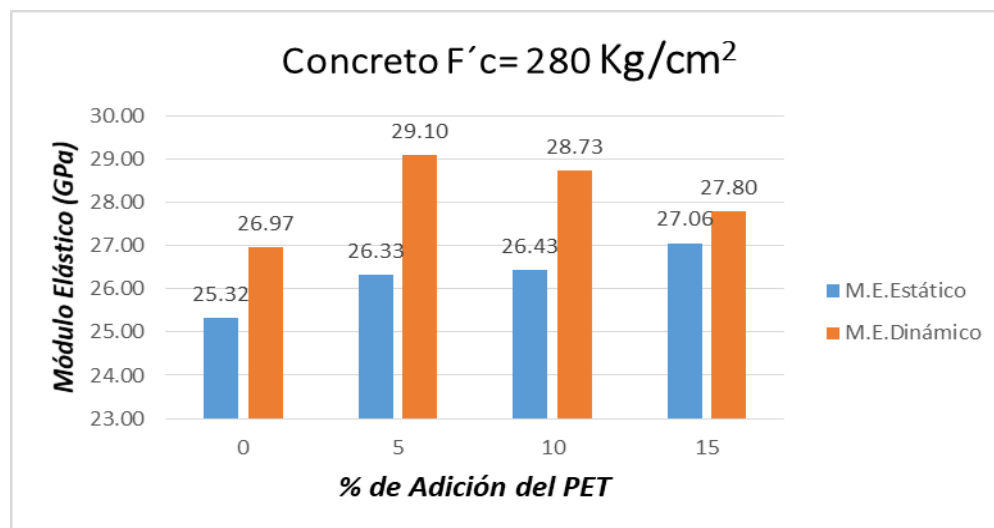


Figura 42. Resumen M.E.E vs M.E.D Concreto 280 Kg/cm² a diferentes % de Adición PET

Tabla 166. Resumen M.E.E vs M.E.D Concreto 350 Kg/cm² a diferentes % de Adición PET

COMPARACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO - F'c=350 Kg/cm²

% Adición	RESISTENCIA	M.ELASTICIDAD EXP. (GPa)	M. ELASTICIDAD DINÁMICO (GPa)	RELACIÓN ESTÁTICO VS DINÁMICO
	kg/cm ²	ASTM - C 469	ASTM C215	%
0	349.0	29.41	32.10	109.15%
5	365.3	33.66	34.20	101.60%
10	354.7	30.90	32.53	105.28%
15	360.7	29.50	31.93	108.24%

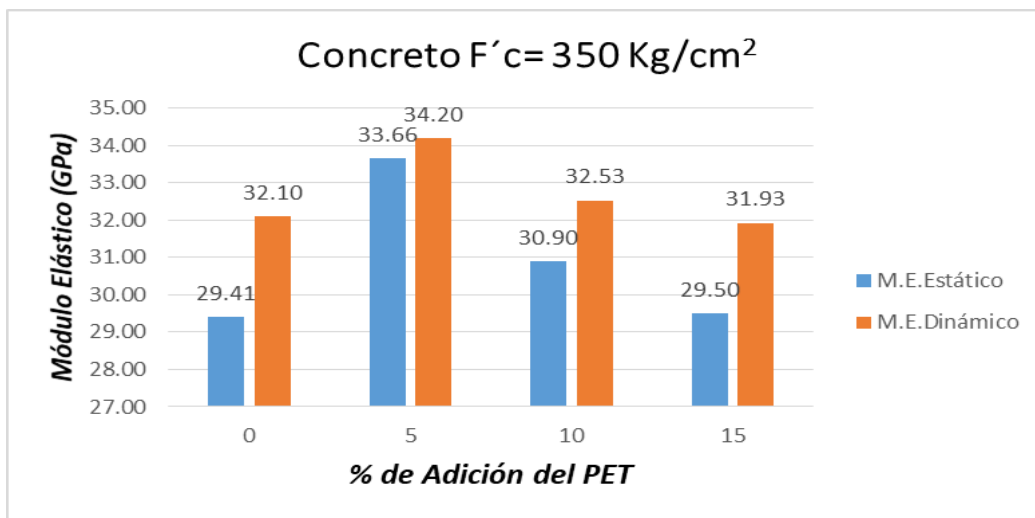


Figura 43. Resumen M.E.E vs M.E.D Concreto 350 Kg/cm² a diferentes % de Adición PET

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Propiedades físicas de los agregados.

5.1.1. Granulometría del agregado fino (NTP 400.037).

- Como se presenta en la Tabla 16 se muestran los resultados del análisis granulométrico del agregado fino provenientes de la Cantera Lekersa, y observamos que los porcentajes que pasan están dentro de los parámetros que establece la NTP 400.037.
- En el grafico 3 se muestra la curva granulométrica del agregado fino, y observamos que se encuentra dentro del rango Inferior y Superior según la norma, donde determinamos que el agregado es apto para el diseño de mezcla.
- La Tabla 17 nos presenta el valor del módulo de finura M.F.= 2.97, y está entre los parámetros de, 2.3 a 3.1 esto indica que si cumple con la norma.
- Además, se puede observar que las sumas de los porcentajes retenidos de dos tamices consecutivos no deben exceder 45 %, lo cual está cumpliendo en la tabla de granulometría del agregado Fino.

5.1.2. Granulometría del agregado grueso (NTP 400.037).

- En la tabla 18 se muestra los resultados del análisis del agregado grueso, y observamos que los mayores pesos retenidos esta entre los tamices $\frac{3}{4}$ " y N°4, y de acuerdo a la norma nos corresponde el HUSO 67 para establecer los límites granulométricos.
- El tamaño máximo nominal del agregado grueso es $\frac{3}{4}$ ", porque el primer porcentaje retenido es 17.26 en dicho tamiz
- En el grafico 4 se muestra la curva granulométrica del agregado grueso, donde se puede concluir que está dentro del rango inferior y superior indicado en el huso granulométrico, esto nos indica que es apto para la elaboración del concreto.
- En la tabla 20 de observa el resultado de desgaste del agregado grueso, esto nos indica que es óptimo según la NTP 400.019

porque se encuentra por debajo del límite máximo admisible del 50%.

5.1.3. Contenido de humedad (NTP 339.185 / ASTM C-566.)

- En la tabla 21 y 22 se obtuvo los resultados del contenido de humedad del agregado fino y grueso, 0.17% y 0.84% de humedad, concluimos que los agregados son óptimos para su uso porque se encuentra por debajo del límite 0.79% según la norma.
- Estos resultados nos indican que el agregado grueso tiene mayor cantidad de humedad que el agregado fino, esto varía teniendo en cuenta la variabilidad climatológica y la exposición en la que se encuentra.

5.1.4. Material pasante la malla N° 200 (NTP 400.018 / ASTM C-117)

Discusión:

- Este ensayo nos permitió determinar por lavado de la cantidad de material más fino que la malla 0.075 (N°200) en agregados. Las partículas de arcilla y otras partículas solubles en el agua como los residuos orgánicos entre otros,
- En la tabla 23 se observa el resultado de material pasante más fino que pasa la malla N°200, es 3.8%, esto nos indica que el agregado necesita ser lavado para que se encuentre dentro de los límites de 1.0% a 3.0% establecido en la norma
- En la tabla 24 para el Agregado grueso nos indicó un 0.4% lo cual, podemos usarlo sin tener la necesidad de ser lavado para realizar concreto.

5.1.5. Peso específico y absorción (NTP 400.022/ASTM C-127 Y C-128).

Discusión:

- De acuerdo a las tablas 25 y 26, estos resultados nos indican que el w% es menor Abr%, lo cual indica que debemos agregar más agua al concreto para compensar la absorberá los agregados.

- Sin embargo, se considera como agregado de buena calidad ya que presentan una absorción menor 3% para agregado grueso, y menores a 5% para el caso del agregado fino, de acuerdo a norma.
- Los datos obtenidos del peso específico de los agregados fino y grueso, 2.72 y 2.55 se encuentra entre los rangos generales dados entre 2.3gr/cm³ y 2.8gr/cm³ , y por lo tanto podemos determinar la cantidad de agregado requerida para un volumen unitario de concreto.

5.1.6. Peso unitario de los agregados (NTP 400.017 / ASTM C-29).

Discusión:

- En las tablas 27 y 28 Se muestra que el peso unitario compactado los cuales se resumen como: 1658.97 kg/ m³ para el agregado fino y 1727.13 kg/m³ para el agregado grueso.
- Se puede mencionar que el peso unitario suelto y compactado es una propiedad de gran importancia en la dosificación de los agregados, y nos permite realizar un mejor diseño de mezclas.

5.2. Ensayos de concreto fresco.

De acuerdo a la Tabla N° 29 realizamos estas observaciones.

- Se observó que la temperatura del concreto fresco no varía.
- Realizamos el ensayo de slump para el concreto patrón (con el aditivo Chema Plast) y obtuvimos un asentamiento de 4" lo cual es mayor que 3", esto es aceptable ya que nos indica la norma que la variación es ± 1 ".

5.3. Resistencia a la compresión.

- Para la determinación de la resistencia a compresión cilíndrica se realizaron siguiendo los lineamientos de la norma ASTM C-39, y se obtuvo resultados a los 28 días.

5.3.1. Resistencia a la compresión de la resistencia patrón 210 kg/cm² +Aditivo Chema Plast. y 210 kg/cm² +Aditivo Chema Plast + Diferentes adiciones de % de PET.

- En la tabla 73 se observa las resistencias promedio, el cuál presenta: 223 kg/cm² para el concreto con agregado grueso de tamaño máximo nominal de ¾” se observa que la resistencia aumenta en un 6 kg/cm² a lo diseñado en gabinete
- En la tabla 74 nos muestra las resistencias promedio a la cual se añadió el 5% de adiciónado del PET, 229.0 kg/cm² por consiguiente, decimos que él % aditivo aumenta la resistencia en un 6 kg/cm² al diseño patrón.
- En la tabla 75 nos muestra las resistencias promedio a la cual se añadió el 10% de adiciónado del PET, 223.0 kg/cm² por consiguiente, decimos que él % aditivo no tuvo variación con respecto al diseño patrón.
- En la tabla 76 nos muestra las resistencias promedio a la cual se añadió el 15% de adiciónado del PET, 227.3 kg/cm² por consiguiente, decimos que él % aditivo aumenta la resistencia en un 4.3 kg/cm² al diseño patrón.

5.3.2. Resistencia a la compresión del concreto de 280 kg/cm² +Aditivo Chema Plast. y 280 kg/cm² +Aditivo Chema Plast + Diferentes adiciones de % de PET.

- En la tabla 77 se observa las resistencias promedio, el cuál presenta: 283.3 kg/cm² para el concreto con agregado grueso de tamaño máximo nominal de ¾” se observa que la resistencia aumenta en un 3.3 kg/cm² a lo diseñado en gabinete
- En la tabla 78 nos muestra las resistencias promedio a la cual se añadió el 5% de adiciónado del PET, 291.7 kg/cm² por consiguiente, decimos que él % aditivo aumenta la resistencia en un 8.4 kg/cm² al diseño patrón.
- En la tabla 79 nos muestra las resistencias promedio a la cual se añadió el 10% de adiciónado del PET, 293.7 kg/cm² por

consiguiente, decimos que el % aditivo aumenta la resistencia en un 10.4 kg/cm² al diseño patrón.

- En la tabla 80 nos muestra las resistencias promedio a la cual se añadió el 15% de adición del PET, 291.0 kg/cm² por consiguiente, decimos que el % aditivo aumenta la resistencia en un 7.7 kg/cm² al diseño patrón.

5.3.3. Resistencia a la Compresión del Concreto de 350 Kg/Cm² +Aditivo Chema Plast. y 350 kg/cm² +Aditivo Chema Plast + Diferentes adiciones de % de PET.

- En la tabla 81 se observa las resistencias promedio, el cuál presenta: 349.0 kg/cm² para el concreto con agregado grueso de tamaño máximo nominal de ¾" se observa que la resistencia redujo en un 0.3% a lo diseñado en gabinete
- En la tabla 82 nos muestra las resistencias promedio a la cual se añadió el 5% de adición del PET, 365.3 kg/cm² por consiguiente, decimos que el % aditivo aumenta la resistencia en un 16.3 kg/cm² al diseño patrón.
- En la tabla 83 nos muestra las resistencias promedio a la cual se añadió el 10% de adición del PET, 354.7 kg/cm² por consiguiente, decimos que el % aditivo aumenta la resistencia en un 5.7 kg/cm² al diseño patrón.
- En la tabla 84 nos muestra las resistencias promedio a la cual se añadió el 15% de adición del PET, 360.7 kg/cm² por consiguiente, decimos que el % aditivo aumenta la resistencia en un 11.7 kg/cm² al diseño patrón.

5.4. Módulo de elasticidad.

5.4.1 Módulo de elasticidad estático

- La determinación del módulo de elasticidad estático experimental a compresión del concreto mediante testigos de concreto se realizó siguiendo los lineamientos de la norma ASTM C-469.

- Siendo el concreto un material variable en cuanto a resistencia, la misma que aumenta progresivamente en función del tiempo teniendo como estimado los 28 días de curado, llegando a su resistencia estimada y siendo el módulo de elasticidad estático la medida de su rigidez, este valor también va hacer variable, además del adicionado de otros materiales en esta investigación usamos PET lo cual es importante determinar la variable que influye en este módulo de elasticidad dado que disminuye otros factores como lo son: peso, y costo entre otros. Por eso se realizó ensayos de edades a 28 días de los especímenes con diferentes resistencias a la compresión diseñados como los fueron: 210,280 y 350 kg/ cm², de este modo se registró valores de carga y deformación, y así realizamos los cálculos necesarios, donde se determinó el módulo de elasticidad estático siguiendo el procedimiento de la norma ASTM C-469.
- Por esto decimos que el comportamiento variable del módulo de elasticidad se sostiene en la variación de la resistencia, donde comprobamos que la forma de variar el módulo de elasticidad es aumentar la resistencia de concreto.
- Desde las Tablas N° 86 a la tabla N°121 se observan los resultados del Módulo de Elasticidad estático del concreto fabricado con el material de la cantera Lekersa – El Milagro, cemento Tipo 1Co (Inka) y aditivo Chema Plast y adicionado PET obtenido experimentalmente y su vez se muestra la comparación con las normas ACI y NTP.
- Cabe precisar que actualmente en la actualización de la norma NTP y ACI tienen las mismas fórmulas en MPa, lo cual fueron de vital importancia calcularlas para hacer las comparativas donde se observa que el módulo de elasticidad estático experimental está por debajo de la norma ACI y NTP.

5.4.2 Módulo de elasticidad dinámico

- La determinación del módulo de elasticidad estático experimental a compresión del concreto mediante testigos de concreto se realizó siguiendo los lineamientos de la norma ASTM C-215.

- Desde las Tablas N° 128 a la tabla N°163 se observan los resultados del Módulo de Elasticidad Dinámico del concreto fabricado con el material de la cantera Lekersa – El Milagro, cemento Tipo 1Co (Inka) y aditivo Chema Plast y adicionado PET obtenido experimentalmente y su vez en las tablas 164, 165 y 166 se muestra la comparativa del M.E. Estático Experimental vs M.E.Dinámico.
- Se puede observar que el Módulo de Elasticidad Dinámico obtenido por el equipo V- E-400 mediante el ensayo de Resonancia el cual tiene un incremento con respecto al M.E. Estático experimental y teórico.

CONCLUSIONES

- Según la Discusión de resultados en el ítem 5.1 de la presente investigación se determinó las propiedades físicas y mecánicas de los agregados (Fino y Grueso) de la cantera Lekersa – El Milagro, obteniendo como resultado en los ensayos de laboratorio que los agregados se encuentran aptos y entre los rangos estipulados por las especificaciones de la Norma Técnica Peruana NTP 400.012, para la preparación de concreto en obras civiles.
- Se realizó el correcto diseño de mezcla incluyendo el aditivo super plastificante Sika y adicionando diferentes % de PET; siguiendo los lineamientos que dicta el Instituto Americano del Concreto ACI, para los diferentes $f'c = 210, 280$ y 350 kg/cm^2 , ítem desarrollado en el 4.1.2 de Análisis e interpretación de datos.
- Se elaboró un total de 108 testigos de concreto siguiendo los lineamientos del método ACI 211, para los ensayos destructivos y no destructivos (Resistencia a la compresión, Módulo de Elasticidad estático y Dinámico) relacionados a cada variable identificada anteriormente como lo son: porcentaje de incremento de PET y las diferentes resistencias a la compresión del concreto.
- Los resultados del análisis de compresión se especifican en el punto 5.3 de Discusión de Resultados. Este ensayo se realizó siguiendo los lineamientos de la ASTM C78, en el cual el diseño de mezcla que se determinó para cada dosificación cumplió con la resistencia diseñada a los 28 días.
- Los resultados del Módulo de elasticidad estático, se especifican en el punto 5.4.1 bajo los lineamientos de la norma ASTM C39 donde, el testigo de concreto se sometió al 40% de su resistencia promedio alcanzada en el análisis de compresión de cada dosificación del concreto + aditivo super plastificante Sika + diferentes % de adición de PET el cual se determinó que a diferente % de PET, el Módulo de Elasticidad incrementó con respecto al concreto patrón.
- Los resultados del Módulo de elasticidad dinámico, se especifican en el punto 5.4.2 bajo los lineamientos de la norma ASTM C215, ASTM C-600 y ASTM C469 donde, el testigo de concreto se sometió a diferente amplitud de onda usando el equipo de resonancia V-E-400, cada dosificación del concreto + aditivo super plastificante Sika + diferentes % de adición de PET, donde se determinó que a diferente % de PET, el Módulo de Elasticidad incrementó con respecto al concreto patrón.

- Se elaboraron los gráficos comparativos a partir de los resultados obtenidos mediante el equipo de resonancia y compresómetro (Módulo de Elasticidad Estático y Módulo de Elasticidad dinámico), el cual se puede visualizar en las figuras 41, 42 y 43 de los diferentes $f'c = 210, 280$ y 350 kg/cm^2 respectivamente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que estudios similares se realicen en otras regiones del Perú, para garantizar mejores diseños y reevaluar las ecuaciones propuestas por el ACI 318-11, 8.5.1 y reglamento nacional de edificaciones, E-060, concreto armado, ítem 8.5.1.
- Se recomienda que, para la realización de los ensayos, los agregados a utilizarse, antes de proceder a ensayarlos, se debe realizar una limpieza ya que estos tienen impurezas por el mismo ambiente al cual están expuestos y pueden modificar y variar los resultados a diseño.
- Se recomienda que para otros estudios posteriores del estudio del módulo de elasticidad estático del concreto se tenga en cuenta un mayor número de muestras para obtener mejor calculo estadístico aplicando algunas herramientas estadísticas entre ellas: desviación estándar entre otras.
- Se recomienda que para realizar los ensayos de laboratorio se debe antes estudiar adecuadamente las normas a utilizar y sobretodo a tener en cuenta las unidades de conversión para el uso de las fórmulas y así no tener complicaciones durante el ensayo.
- Error en la lectura: tener cuidado en la medición de lectura del deformímetro. Por lo cual se recomienda tener 2 operadores que inicie el ensayo y lo finalice (uno para la lectura del deformímetro y otro para hacer seguimiento de la carga aplicada).
- Se recomienda un uso de deformímetros digitales o sensores de deformación y carga o realizar el ensayo del M.E. Estático experimental con un equipo que cuente con la exportación de datos, para evitar errores y desfase de tiempo en la toma de lecturas del deformímetro
- Se recomienda realizar el ensayo diametral para este tipo de concreto adicionado con PET para amplificar su estudio.

- Se recomienda realizar el ensayo de tracción en vigas de concreto para evaluar cuál es su comportamiento en dichos elementos estructurales y M,E.Dinámico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI-318-11. (2005). *Reglamento del American Concrete Institute*. USA: american concrete institute.
- Aguirre, M. (2014). *Implementación de métodos de ensayos para módulo de elasticidad, contracción y fluencia en el concreto*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Castillo, E. & Peralta, J. (2014). *Determinación del módulo de elasticidad estático a compresión del concreto producido en la planta concretera Dino-Chimbote*. Chimbote: Universidad Nacional del Santa.
- C, J. (2014). *Concepto, Historia y Producción del Cemento*. Consultado el 10.03.2020. Disponible en: <https://es.slideshare.net/krdozo15joe/powerpoint-cemento>.
- Casas, V. (2015). *El módulo de elasticidad en morteros de cemento con arenas de las canteras de la ciudad de Iquitos*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Herrera, S. & Villegas, F. (2008). *Módulos de Elasticidad y Curvas de Esfuerzo y Deformación, En Base a la Comprensión del Hormigón a 21,28,35 Mpa*. Colombia: Escuela Politécnica del Ejercito.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W. & y Tanesi, J. (2004). *Capítulo 9- Diseño y Proporción de Mezclas de Concreto Normal*. EE.UU: Portland Cement Association.
- NTP 339.033, N. (2009). *Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo*.
- NTP 339.034, N. (2008). *Método de ensayo para la determinación de la Resistencia a la Compresión del concreto*.

- NTP 339.036, N. (1999). *Práctica normalizada para muestreo de mezclas de concreto fresco*. Perú.
- NTP 339.046, N. (2008). *Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)*. Perú.
- NTP 339.185, N. (2002). *Método de ensayo normalizado para Contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*.
- NTP 400.012, N. (2001). *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*.
- NTP 400.017, N. (2011). *Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados*.
- NTP 400.018, N. (2002). *Método de ensayo para determinar materiales mas finos que pasan por el tamiz N°200 por lavado en agregados*.
- NTP 400.021, N. (2002). *Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*.
- NTP 400.022, N. (2013). *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (Peso específico) y absorción del agregado fino*.
- NTP E.060, N. (2014). *Reglamento Nacional de Edificaciones*.
- Pasquel Carbajal, E. (19992). *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú*. Lima.
- Peruana, N. T. (1999). *Norma Técnica Peruana 400.017*. Lima: Indecopi.
- Pineda, L. (2009). *Determinación del módulo de elasticidad estático de los concretos premezclados de mayor uso, en el área metropolitana de la ciudad de Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Puallas, J. (2013). *Diseños de Mezclas para el concreto*.
- Rivera, A. (2009). *El Cemento*.

Roncalla, D. (2017). *Influencia del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados en el Módulo de Elasticidad del Concreto Reoplástico*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.

Sánchez, J. (2013). *La Resistencia a la Comprensión del Hormigón y su Influencia en el Módulo de Elasticidad Estático en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua*. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

Torres, C. (2004). *Curso Básico de Tecnología del Concreto*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

ANEXOS

ANEXO 1 (PANEL FOTOGRÁFICO)



Imagen 9. Recolección de la Cantera LEKERSA- El Milagro – Trujillo – La Libertad



Imagen 10. Ensayos de Propiedades Físicas y Mecánicas de los agregados (Piedra y Arena) en Los Laboratorios de Ing. Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego.



Imagen 11. Preparación de las probetas con un lubricante de la marca DW, para que el concreto al ser desarmado, sea mucha más fácil y no permite su adherencia, así como el pesado del aditivo.

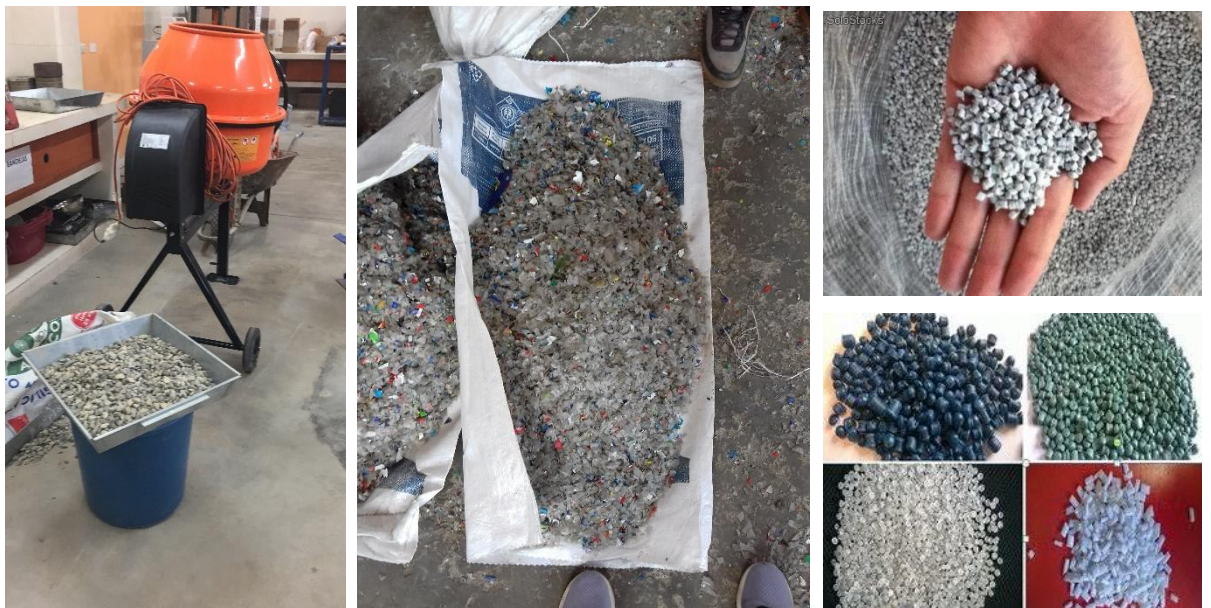


Imagen 12. Pesado, selección y preparación de los materiales y adicionados a los diferentes tipos de concreto que se ha diseñado en las imágenes tenemos (agregado fino, agregado grueso y PET).



Imagen 13. Ensayos de concreto en estado fresco: Temperatura, Slump y preparación del concreto a diferentes diseños



Imagen 14. Ensayo de compresión de testigos de concreto y Módulo de Elasticidad Estático Experimental en el Laboratorio de Ensayo de Materiales.



Imagen 15. Ensayo de Módulo de Elasticidad Dinámico con el equipo de resonancia V-E Endumer 400 en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Privada Antenor ORREGO



**CEMENTO
ULTRA
RESISTENTE**
CON MICROFILLER CALIZO
TIPO IC



FICHA TÉCNICA

CEMENTO DE USO GENERAL

Brinda ventajas y propiedades únicas para su utilización en obras de concreto estructural, edificios, industria, minería, infraestructura vial, construcción de viviendas y cualquier uso o elemento de concreto. Es compatible con agregados convencionales y aditivos que dosificados apropiadamente proporciona a la mezcla fresca la trabajabilidad, fluidez y plasticidad que la obra requiere.



CARACTERÍSTICAS

El Cemento INKA Ultra Resistente posee moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos, además de baja reactividad con agregados alcali-activos, cumpliendo las normas técnicas NTP 334.090 y la ASTM C-595 satisfaciendo cualquier necesidad de la construcción. Su adición de microfiller calizo, complementado con una molienda extrema, mejoran las propiedades físicas del cemento, obteniendo una mezcla con menos porosidades, más compacta y una masa más adherible. Es un cemento que se acondiciona a todos los climas del Perú.

PROPIEDADES

ALTAS RESISTENCIAS EN EL TIEMPO

La molienda extrema y una excelente distribución granulométrica de las partículas generan altas resistencias iniciales y a largo plazo.

MODERADO CALOR DE HIDRATACIÓN

Ideal para obras masivas de concreto, evitando fisuras de origen térmico, principalmente en estructuras de gran volumen.

MODERADA RESISTENCIA A LOS SULFATOS

Su bajo contenido de álcalis y de CSA lo hacen ideal para su uso en ambientes agresivos.

MAJOR TRABAJABILIDAD E IMPERMEABILIDAD

Su plasticidad y la molienda extrema generan mejor acabado y disminuyen el ingreso de agentes externos al interior del concreto.

CONFORME A NORMAS TÉCNICAS: NTP 334.090 / ASTM C-595



Calidad que Construye

Hoja Técnica

CHEMA PLAST

Aditivo mejorador de la trabajabilidad del concreto y reductor de agua para lograr concretos fluidos, compactos, y durables.

VERSIÓN: 02
FECHA: 04/12/2017

PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO	<p>Agregar de 145ml a 360ml de CHEMA PLAST por bolsa de cemento al agua de amasado de acuerdo al efecto deseado, sin combinarlo con otros aditivos. Dosificar por separado cuando se usen otros aditivos en la misma mezcla. Se sugiere realizar pruebas previas con los materiales, tipo de cemento y condiciones de obra.</p> <p>Para morteros impermeables usar diseño 1:3 (1 de cemento+ 3 de arena fina) utilizando la mayor dosis de aditivo. Es indispensable realizar el curado del concreto con agua o alguno de nuestros curadores como Membraniil Económico Reforzado antes y después del fraguado</p>
RENDIMIENTO	<p>La dosis sugerida es de 145ml a 360ml de CHEMA PLAST por bolsa de cemento. La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales, tipo de cemento y en las condiciones de obra.</p>
PRESENTACIÓN	<p>Envase de 1 gal. Envase de 5 gal. Envase de 55 gal.</p>
ALMACENAMIENTO	<p>1 año almacenado en su envase original, sellado en lugar fresco, ventilado y bajo techo.</p>
PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES	<p>En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico).</p> <p>Durante su manipulación no beber ni comer alimentos. Lavarse las manos luego de manipular el producto. Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo. En caso de contacto con los ojos y la piel, lávese con abundante agua. Es tóxico si es ingerido, no provocar vómitos; procurar ayuda médica inmediata.</p>

"La presente Edición anula y reemplaza la Versión N° 1 para todos los fines"

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen conveniente, para determinar si son apropiados para un uso en particular. El uso, aplicación y manejo correcto de los productos, quedan fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.

Página 2 de 2

ATENCIÓN AL CLIENTE:

(511) 336-8407

ANEXO 3: RESOLUCIÓN RECTORAL DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS



UPAO | Facultad de Ingeniería

Trujillo, 25 de octubre de 2019

Resolución N° 01630-2019-FI-UPAO

VISTO, el OFICIO N° 1066-2019-DEIC-FI-UPAO, remitido por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, sobre aprobación, registro e inscripción del proyecto de tesis de los bachilleres **RODRIGUEZ PEREZ JHOMNY MARLON** y **CHERO CORDOVA KAREN JANETTE** de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, y;

CONSIDERANDO:

Que, el jurado evaluador conformado por los señores docentes: Ing. **CESAR LEONIDAS CANCINO RODAS**, Presidente; Ing. **JORGE ANTONIO VEGA BENITES**, Secretario e Ing. **MANUEL ALBERTO VERTIZ MALABRIGO**, Vocal, han revisado el proyecto de tesis, encontrándolo conforme;

Que, el proyecto de tesis ha sido elaborado conforme a las exigencias prescritas por el Reglamento de Grados y Títulos de Grado de la Universidad, el mismo que fue sometido a evaluación por el mencionado jurado evaluador, quien por acuerdo unánime recomendó su aprobación, tal como se desprende del dictamen elevado a la Facultad de Ingeniería;

Que, el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, establece que el proyecto de tesis se inscribe en el libro de proyectos de tesis a cargo de la secretaría académica;

Estando al Estatuto de la Universidad, al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad y a las atribuciones conferidas a este Despacho:

SE RESUELVE:

PRIMERO: APROBAR la modalidad de titulación solicitada por los bachilleres **RODRIGUEZ PEREZ JHOMNY MARLON** y **CHERO CORDOVA KAREN JANETTE**, consistente en la elaboración y sustentación de una **TESIS** para optar el título profesional de **INGENIERO CIVIL**.

SEGUNDO: APROBAR y DISPONER la inscripción del Proyecto de Tesis titulado: "**INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL CONCRETO EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD**", presentado por los citados bachilleres.

TERCERO: COMUNICAR a los bachilleres que tienen un plazo máximo de **UN AÑO** para desarrollar su tesis hasta la presentación de la solicitud de fecha de sustentación, a cuyo vencimiento, se produce la caducidad de mismo, perdiendo el derecho exclusivo sobre el tema elegido.

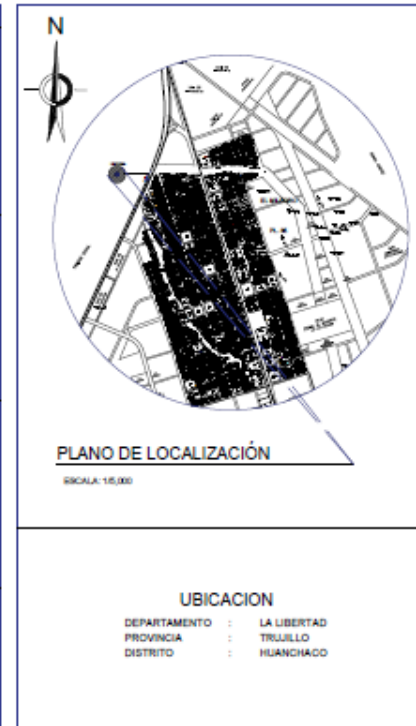
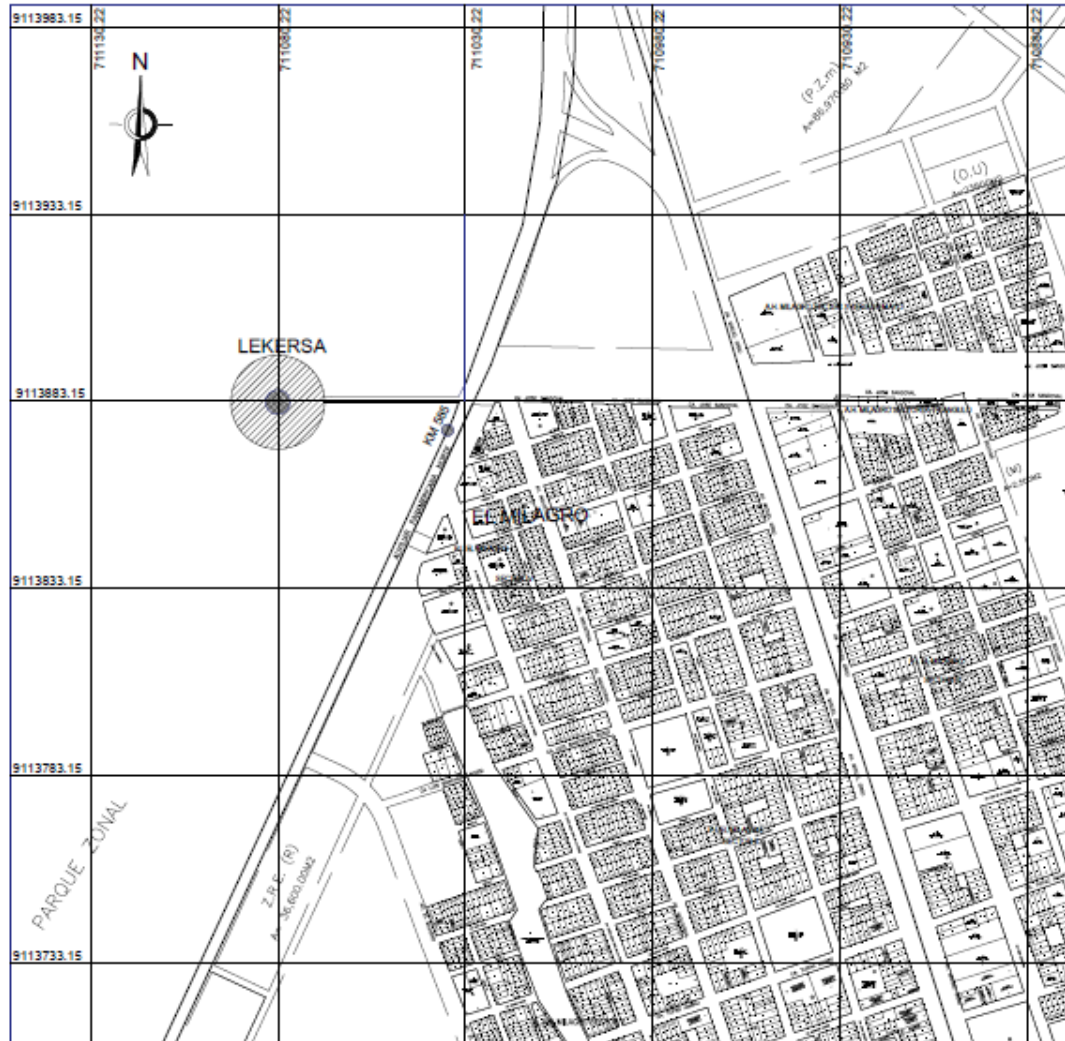
REGISTRESE, COMUNIQUESE y ARCHIVESE.



DR. ANGEL FREDY ALANOCA QUENTA
DECANO

- CC
- ✓ Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- ✓ Intendencia
- ✓ Archivo
- ✓

ANEXO 4: PLANO DE UBICACIÓN DE LA CANTERA LEKERSA- EL MILAGRO



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO	
INFLUENCIA DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO ADICIONADO AL CONCRETO EN EL M. DE ELASTICIDAD	
PROYECTO :	CANTERA LEKERSA
PLANO :	LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN
Br. Chero Cordoba, Karen Janette Br. Rodriguez Pérez, Jhomny Marion	
ESCALA : 1/50	FECHA : 28/08/2019
LÁMINA : T-01	