



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA EFICIENCIA DE LOS
EMPALMES POR CONECTOR MECÁNICO, TRASLAPE Y
SOLDADURA EN VARILLAS DE ACERO CORRUGADO $F_y =$
4,200 KG/CM² EN TRACCIÓN EN LA REGIÓN PUNO, 2023**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. PEDRO JUNIOR ORTEGA OLVEA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO - PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA EFICIENCIA DE LOS EMPALMES POR CONECTOR MECÁNICO, TRASLAPE Y SOLDADURA

AUTOR

PEDRO JUNIOR ORTEGA OLVEA

RECuento de palabras

32015 Words

RECuento de caracteres

162817 Characters

RECuento de páginas

175 Pages

Tamaño del archivo

13.4MB

Fecha de entrega

Nov 11, 2024 11:09 AM GMT-5

Fecha del informe

Nov 11, 2024 11:16 AM GMT-5

● **6% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 6% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)

Mgtr. Ing. Nicolas Luza Flores
Asesor / Director

Ing. Jaime M. La Aciva
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA N° 910345
SUB DIRECTOR INI TPC

Resumen



DEDICATORIA

Dedico mi tesis, a mi madre Nancy Olvea Rojas por todo su esfuerzo por quererme ver como todo un profesional, a mi padre Ing. Wilfredo B. Ortega Pineda por ser mi mentor y principal pilar con su experiencia y conocimientos, a mis Hermanos Jenny Rocio, Tania Natividad, Pedro Edinson y Patricia Alexandra por siempre estar presentes en mi vida y ser fundamentales en el crecimiento como persona, A mi Conyugue Ruth Cecilia por ser la persona que está a mi lado y me alienta todo día que afrontamos juntos y especialmente dedico con todo mi amor y sacrificio a mi hija Emma Ariadna por ser el principal pedestal que me mantiene perseverante y darme las energías para cumplir todo reto en la vida.

Pedro Junior Ortega Olvea



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por darme el rumbo y guía cada día. A la plana docente de Ingenieros que fueron parte imprescindible durante mi formación académica en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura en la Universidad Nacional del Altiplano de Puno. De forma muy especial al Mgtr.Ing. Nicolas Luza Flores, quien es mi asesor y quien confió en mi plenamente. Al Mg.Ing. Diana Elizabeth Quinto Gastiaburu que con su experiencia logre mejorar la presente tesis de investigación. Al Mg.Sc.Ing. Yasmani T. Vitulas Quille, por darme las herramientas e indicaciones para la mejora del proyecto de investigación. Al Mg.Ing. Fausto P. Mamani Mamani por brindarme su gran e incondicional apoyo y sugerencias necesarias en la investigación. Al D.Sc. Edgar V. Hurtado Chávez quien siempre estuvo dispuesto a recomendarme pautas y mejora continua durante mi etapa de formación.

También quiero agradecer al Mgtr. Julio Modesto Laura Curasi del Instituto José Carlos Mariátegui de Moquegua y al Dr. Elmer Mamani Calcina de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa y por último al Sr. Hernán Huayna Aquino, personas maravillosas que aportaron con su experiencia en este trabajo de investigación.

Pedro Junior Ortega Olvea



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	19
ABSTRACT.....	20
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	23
1.1.1. Problema general.....	25
1.1.2. Problemas específicos	25
1.2. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	26
1.2.1. Hipótesis general.....	26
1.2.2. Hipótesis específicas	26
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	27
1.3.1. Justificación teórica.....	27
1.3.2. Justificación metodológica.....	27
1.3.3. Justificación social	28



1.3.4.	Justificación económica	29
1.3.5.	Importancia del estudio	29
1.3.6.	Relevancia del estudio.....	30
1.3.6.1.	Credibilidad.....	30
1.3.6.2.	Transferibilidad.....	30
1.3.6.3.	Fidelidad.....	31
1.3.6.4.	Confirmabilidad	31
1.3.6.5.	Consecuencias del estudio	31
1.3.7.	Limitaciones del estudio	32
1.3.8.	Cuestiones éticas	32
1.4.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
1.4.1.	Objetivo general	33
1.4.2.	Objetivos específicos	33
CAPÍTULO II		
REVISIÓN DE LITERATURA		
2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	34
2.1.1.	Antecedentes internacionales	34
2.1.2.	Antecedentes nacionales	37
2.2.	MARCO TEÓRICO	40
2.2.1.	Longitud del empalme.....	40
2.2.1.1.	Longitud de traslape en vigas y columnas	40
2.2.2.	Tipos de empalmes en el acero de refuerzo	41



2.2.2.1.	Empalmes por traslape	41
2.2.2.2.	Empalmes mecánicos	42
2.2.2.3.	Empalmes soldados	43
2.2.3.	Varilla de construcción	44
2.2.4.	Acero corrugado en el refuerzo	45
2.2.4.1.	Adherencia	45
2.2.4.2.	Dimensiones	45
2.2.4.3.	Doblado	46
2.2.4.4.	Calidad	46
2.2.4.5.	Presentación	47
2.2.5.	Propiedades mecánicas.....	48
2.2.5.1.	Límite de fluencia del acero	48
2.2.5.2.	Resistencia a la tracción	49
2.2.5.3.	Factor de relación sismorresistente	50
2.2.5.4.	Diagrama esfuerzo – deformación	50
2.2.6.	Ensayo de tracción en acero	52
2.3.	MARCO CONCEPUAL.....	52
2.3.1.	Empalme tipo I por conector mecánico	52
2.3.2.	Empalme tipo II por traslape	54
2.3.3.	Empalme tipo III por soldadura	54
2.4.	MARCO NORMATIVO	57



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	58
3.2.	MATERIALES.....	59
3.2.1.	Etapa Preliminar.....	59
3.2.2.	Etapa de gabinete	60
3.3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	60
3.3.1.	Tipo de Investigación.....	60
3.3.2.	Nivel de investigación.....	61
3.3.3.	Enfoque de investigación	61
3.3.4.	Diseño de investigación	62
3.3.5.	Línea de Investigación	63
3.4.	POBLACION Y MUESTRA.....	63
3.4.1.	Población.....	63
3.4.2.	Muestra.....	64
3.4.3.	Muestreo.....	65
3.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	65
3.5.1.	Técnicas.....	65
3.5.1.1.	Análisis de la información	65
3.5.1.2.	Observación Directa.....	66
3.5.2.	Instrumentos de recolección de datos	66
3.6.	VARIABLES	66



3.7. PROCEDIMIENTOS	68
3.7.1. Empalme tipo I por conector mecánico	71
3.7.1.1. Etapa preliminar y adquisición de materiales	71
3.7.1.2. Etapa de elaboración y confección del espécimen.....	71
3.7.1.3. Etapa de evaluación y ensayo de tracción en acero	77
3.7.1.4. Recolección de datos y observación del espécimen.....	79
3.7.2. Empalme Tipo II por traslape	81
3.7.2.1. Etapa preliminar y adquisición de materiales	81
3.7.2.2. Etapa de elaboración y confección del espécimen.....	81
3.7.2.3. Etapa de evaluación y ensayo a la tracción en acero	84
3.7.2.4. Recolección de datos y observación del espécimen.....	86
3.7.3. Empalme tipo III por soldadura	88
3.7.3.1. Etapa preliminar y adquisición de materiales	88
3.7.3.2. Etapa de elaboración y confección del espécimen.....	89
3.7.3.3. Etapa de evaluación y ensayo a la tracción en acero	92
3.7.3.4. Recolección de datos y observación del espécimen.....	94

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS.....	96
4.1.1. Resistencia a la tracción del empalme tipo I por conector mecánico.....	96
4.1.1.1. Para varillas de acero corrugado de 1/2”	96
4.1.1.2. Para varillas de acero corrugado de 5/8”	97



4.1.1.3.	Para varillas de acero corrugado de 3/4”	98
4.1.1.4.	Comparación de los resultados obtenidos	98
4.1.1.5.	Interpretación	101
4.1.2.	Resistencia a la tracción del empalme tipo II por traslape	102
4.1.2.1.	Para varillas de acero corrugado de 1/2”	102
4.1.2.2.	Para varillas de acero corrugado de 5/8”	103
4.1.2.3.	Para varillas de acero corrugado de 3/4”	103
4.1.2.4.	Comparación de los resultados obtenidos	104
4.1.2.5.	Interpretación	107
4.1.3.	Resistencia a la tracción del empalme tipo III por soldadura	108
4.1.3.1.	Para varillas de acero corrugado de 1/2”	108
4.1.3.2.	Para varillas de acero corrugado de 5/8”	108
4.1.3.3.	Para varillas de acero corrugado de 3/4”	109
4.1.3.4.	Comparación de los resultados obtenidos	110
4.1.3.5.	Interpretación	113
4.1.4.	Comparación de la eficiencia de los tipos de empalmes	114
4.2.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	116
4.2.1.	Prueba de normalidad	116
4.2.2.	Prueba de correlación de spearman	117
4.3.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	118
4.3.1.	Para empalmes mecánicos	118



4.3.2. Para empalmes por traslape.....	120
4.3.3. Para empalmes soldados	121
4.4. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS	123
4.4.1. Objetivo específico 1.....	123
4.4.2. Objetivo específico 2.....	124
4.4.3. Objetivo específico 3.....	126
V. CONCLUSIONES.....	128
VI. RECOMENDACIONES	130
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131
ANEXOS.....	135

Tema : Empalmes en las construcciones
Área : Análisis y diseño estructural
Línea de Investigación : Eficiencia de los empalmes en el acero de refuerzo

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 02 de Diciembre del 2024



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Esquema de traslape en barras de acero corrugado	42
Figura 2 Esquema de empalme mecánico en barras de acero corrugado	43
Figura 3 Esquema de empalme soldado tipo solapo en barras de acero corrugado ...	44
Figura 4 Esquema de empalme soldado tipo a tope en barras de acero corrugado	44
Figura 5 Corrugas para adherencia en el acero de refuerzo corrugado	45
Figura 6 Identificación de la barra de acero corrugado Aceros Arequipa	48
Figura 7 Identificación de la barra de acero corrugado SiderPerú	48
Figura 8 Diagrama de esfuerzo - deformación	51
Figura 9 Esquema de empalme tipo I por conector mecánico	53
Figura 10 Esquema de empalme tipo II por traslape	54
Figura 11 Tipos de soldadura entre barras de acero corrugado	55
Figura 12 Esquema de empalme tipo III por soldadura.....	56
Figura 13 Ubicación de la ciudad de Puno	58
Figura 14 Informes de laboratorio de ensayo a tracción.....	59
Figura 15 Maquina universal de ensayos INSTRON 23-100.....	69
Figura 16 Maquina Universal de Ensayos METROTEC MTE-300.....	70
Figura 17 Dibujo de empalme tipo I por conector mecánico en varillas de 3/4”	71
Figura 18 Dibujo de empalme tipo I por conector mecánico en varillas de 5/8”	72
Figura 19 Dibujo de empalme tipo I por conector mecánico en varillas de 1/2”	72
Figura 20 Fabricación de conector mecánico	73
Figura 21 Esquema de roscado UNC para conector mecánico.....	73
Figura 22 Proceso de tratamiento térmico al conector mecánico	74



Figura 23	Espécimen en empalme tipo I por conector mecánico en varillas de 1/2" ...	75
Figura 24	Espécimen en empalme tipo I por conector mecánico en varillas de 5/8" ...	76
Figura 25	Espécimen en empalme tipo I por conector mecánico en varillas de 3/4" ...	76
Figura 26	Ensayo de empalme tipo I por conector mecánico para varillas de 1/2"	77
Figura 27	Ensayo de empalme tipo I por conector mecánico para varillas de 5/8"	78
Figura 28	Ensayo de empalme tipo I por conector mecánico para varillas de 3/4"	78
Figura 29	Rotura de espécimen en empalme tipo I para varillas de 1/2"	79
Figura 30	Rotura de espécimen en empalme tipo I para varillas de 5/8"	80
Figura 31	Rotura de espécimen en empalme tipo I para varillas de 3/4"	80
Figura 32	Dibujo de empalme tipo II por traslape en varillas de 3/4"	81
Figura 33	Dibujo de empalme tipo II por traslape en varillas de 5/8"	81
Figura 34	Dibujo de empalme tipo II por traslape en varillas de 1/2"	82
Figura 35	Espécimen en empalme tipo II por traslape para varillas de 1/2"	83
Figura 36	Espécimen en empalme tipo II por traslape para varillas de 5/8"	83
Figura 37	Espécimen en empalme tipo III por traslape para varillas de 3/4"	84
Figura 38	Ensayo de empalme tipo II por traslape para varillas de 1/2"	85
Figura 39	Ensayo de empalme tipo II por traslape para varillas de 5/8"	85
Figura 40	Ensayo de empalme tipo II por traslape para varillas de 3/4"	86
Figura 41	Desprendimiento de espécimen en empalme tipo II para varillas de 1/2" ...	87
Figura 42	Desprendimiento de espécimen en empalme tipo II para varillas de 5/8" ...	87
Figura 43	Desprendimiento de espécimen en empalme tipo II para varillas de 3/4" ...	88
Figura 44	Dibujo de empalme tipo III por soldadura para Varillas de 3/4"	89
Figura 45	Dibujo de empalme tipo III por soldadura para Varillas de 5/8"	89
Figura 46	Dibujo de empalme tipo III por soldadura para Varillas de 1/2"	89
Figura 47	Pre calentamiento de varillas y electrodo SMAW E7018.....	90



Figura 48	Soldadura de las varillas en contacto directo	91
Figura 49	Espécimen empalme tipo III por soldadura en varillas de 1/2", 5/8", 3/4"..	91
Figura 50	Ensayo de empalme tipo III por soldadura para varillas de 1/2"	92
Figura 51	Ensayo de empalme tipo III por soldadura para varillas de 5/8"	93
Figura 52	Ensayo de empalme tipo III por soldadura para varillas de 3/4"	93
Figura 53	Rotura de espécimen en empalme tipo III para varillas de 1/2"	94
Figura 54	Rotura de espécimen en empalme tipo III para varillas de 5/8"	95
Figura 55	Rotura de espécimen en empalme tipo III para varillas de 3/4"	95
Figura 56	Gráfico de barras de factor de relación del empalme tipo I	99
Figura 57	Gráfico de dispersión de factor de relación del empalme tipo I.....	99
Figura 58	Gráfico de comparación de resistencia a la tracción del empalme tipo I...	100
Figura 59	Gráfico de barras de factor de relación del empalme tipo II.....	105
Figura 60	Gráfico de dispersión de factor de relación del empalme tipo II	105
Figura 61	Gráfico de comparación de resistencia a la tracción del empalme tipo II..	106
Figura 62	Gráfico de barras de factor de relación del empalme tipo III.....	111
Figura 63	Gráfico de dispersión de factor de relación del empalme tipo III	111
Figura 64	Gráfico de comparación de resistencia a la tracción del empalme tipo III	112
Figura 65	Gráfico de comparación del factor de relación por tipo de empalme	115
Figura 66	Comparación de la resistencia a la tracción por tipos de empalmes	116



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Longitud de traslape en columnas	41
Tabla 2 Longitud de traslape en vigas	41
Tabla 3 Composición química del acero grado 60.....	44
Tabla 4 Dimensiones y pesos nominales del acero corrugado	46
Tabla 5 Diámetros de doblado en el acero corrugado.....	46
Tabla 6 Calidades de las varillas de acero corrugado	47
Tabla 7 Dimensiones del conector mecánico.....	53
Tabla 8 Tipos y calidades de electrodos para soldadura en acero	57
Tabla 9 Lista de materiales y equipos utilizados	59
Tabla 10 Cantidad de especímenes para ensayo a la tracción	64
Tabla 11 Operacionalización de variables	67
Tabla 12 Características de maquina universal de laboratorio UNSA	69
Tabla 13 Características de maquina universal de laboratorio I.E.S.T.P.....	70
Tabla 14 Datos y resultados obtenidos para empalme tipo I en varillas de 1/2”	97
Tabla 15 Datos y resultados obtenidos para empalme tipo I en varillas de 5/8”	97
Tabla 16 Datos y resultados obtenidos para empalme tipo I en varillas de 3/4”	98
Tabla 17 Datos estadísticos descriptivos del empalme tipo I	100
Tabla 18 Datos y resultados obtenidos para empalme tipo II en varillas de 1/2”	102
Tabla 19 Datos y resultados obtenidos para empalme tipo II en varillas de 5/8”	103
Tabla 20 Datos y resultados obtenidos para empalme tipo II en varillas de 3/4”	104
Tabla 21 Datos estadísticos descriptivos del empalme tipo II.....	106
Tabla 22 Datos y resultados obtenidos para empalme tipo III en varillas de 1/2”	108



Tabla 23	Datos y resultados obtenidos para empalme tipo III en varillas de 5/8"	109
Tabla 24	Datos y resultados obtenidos para empalme tipo III en varillas de 3/4"	110
Tabla 25	Datos estadísticos descriptivos del empalme tipo III.....	112
Tabla 26	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.....	117
Tabla 27	Prueba de correlación de Spearman.....	117
Tabla 28	Discusión de resultados en el empalme tipo I.....	119
Tabla 29	Discusión de resultados en el empalme tipo II	121
Tabla 30	Discusión de resultados en el empalme tipo III.....	122



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Matriz de consistencia	135
ANEXO 2 Matriz de operacionalización de variables	136
ANEXO 3 Certificación de calibración de equipo de laboratorio.....	137
ANEXO 4 Informes de laboratorio	140
ANEXO 5 Panel fotográfico	170
ANEXO 6 Constancia de revisión de redacción	173



ACRÓNIMOS

ACI:	American Concrete Institute
ASTM:	American Society for Testing and Materials
AWS:	American Welding Society
BM:	Bench Mark
CE:	Carbono Equivalente
E.060:	Concreto Armado
f_y :	Límite de Fluencia del Acero
F_u :	Carga Ultima
FCAW:	Flux Cored Arc Welding
GMAW:	Gas Metal Arc Welding
I.E.S.T.P.:	Instituto de Educación Superior Tecnológico Publico
N.T.E.:	Norma Técnica de Edificación
N.T.P.:	Norma Técnica Peruana
R.N.E.:	Reglamento Nacional de Edificaciones
R_u :	Resistencia a la Tracción
SAE:	Society of Automotive Enginners
S.A.:	Sociedad Anónima
SMAW:	Shielded Metal Arc Welding
UNSA:	Universidad Nacional San Agustín de Arequipa
UNC:	Unificado Nacional Gueso
UNF:	Unificado Nacional Fino
UTM:	Universal Transversal de Mercator
UTP:	Universidad Tecnológica del Perú



RESUMEN

En la presente tesis se tiene como objetivo general evaluar la eficiencia entre los empalmes tipo I por conector mecánico, tipo II por traslape y tipo III por soldadura en varillas de acero corrugado grado 60, $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ para diámetros nominales de 1/2", 5/8" y 3/4" para desarrollar esfuerzos de tracción del elemento conjunto de empalme, de tal manera que se evaluó los 45 especímenes en laboratorio de materiales de los cuales fueron ensayados, procesados e interpretados para encontrar el factor de relación tensión – fluencia, del empalme del refuerzo sea $1.25 f_y$ mínimo estipulado en la norma E.060 Concreto Armado. El presente trabajo es de tipo de investigación básica, con enfoque de investigación cuantitativo y cualitativo, con nivel de investigación correlacional, diseño de investigación experimental y línea de investigación eficiencia de los empalmes en el refuerzo. Se tuvo una población de 45 especímenes las cuales fueron elaborados de manera propia. Se obtuvo resultados de resistencia a la tracción para el empalme tipo I por conector mecánico de $6,953.09 \text{ kg/cm}^2$ equivalente a $1.52 f_y$, $6,953.09 \text{ kg/cm}^2$ equivalente a $1.66 f_y$ y $7,006.99 \text{ kg/cm}^2$ equivalente a $1.67 f_y$ respectivamente, para empalmes tipo II por traslape de 820.00 kg/cm^2 equivalente a $0.20 f_y$, 568.34 kg/cm^2 equivalente a $0.14 f_y$ y 487.89 kg/cm^2 equivalente a $0.12 f_y$ respectivamente y para el empalme tipo III por soldadura de $4,387.91 \text{ kg/cm}^2$ equivalente a $1.04 f_y$, $3,849.92 \text{ kg/cm}^2$ equivalente a $0.92 f_y$ y $3,641.11 \text{ kg/cm}^2$ equivalente a $0.87 f_y$ respectivamente. En conclusión, el empalme tipo I por conector mecánico presenta buena eficiencia a comparación del empalme tipo II por traslape y empalme tipo III por soldadura son deficientes.

Palabras clave: Acero de refuerzo, Empalme mecánico, Empalme soldado, Empalme traslapado, Resistencia



ABSTRACT

The general objective of this thesis is to evaluate the efficiency between splices type I by mechanical connector, type II by overlapping and type III by welding in corrugated steel rods grade 60, $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ for nominal diameters of 1/2", 5/8" and 3/4" to develop tensile stresses of the joint splicing element, in such a way that 45 specimens were evaluated in laboratory of materials which were tested, processed and interpreted to find the stress - creep ratio factor of the splicing of the reinforcement to be 1.25 minimum stipulated in the E.060 standard. Reinforced Concrete. The present work is of basic research type, with quantitative and qualitative research approach, with correlational research level, experimental research design and line of research efficiency of splices in reinforcement. There was a population of 45 specimens which were elaborated in our own way. Tensile strength results were obtained for splice type I by mechanical connector of $6,953.09 \text{ kg/cm}^2$ equivalent to $1.52 f_y$, $6,953.09 \text{ kg/cm}^2$ equivalent to $1.66 f_y$ and $7,006.99 \text{ kg/cm}^2$ equivalent to $1.67 f_y$ respectively, for splice type II by overlapping of 820.00 kg/cm^2 equivalent to $0.20 f_y$, 568.34 kg/cm^2 equivalent to $0.14 f_y$ and 487.89 kg/cm^2 equivalent to $0.12 f_y$ respectively and for the type III splice by welding of $4,387.91 \text{ kg/cm}^2$ equivalent to $1.04 f_y$, $3,849.92 \text{ kg/cm}^2$ equivalent to $0.92 f_y$ and $3,641.11 \text{ kg/cm}^2$ equivalent to $0.87 f_y$ respectively. In conclusion, the type I splice by mechanical connector presents good efficiency compared to the type II splice by overlapping and type III splice by welding, which are deficient.

Keywords: Lap splice, Mechanical splice, Reinforcing steel, Strength, Welded splice



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En esta presente tesis se realiza el estudio comparativo entre la eficiencia de los métodos de empalme en varillas de acero corrugado ASTM A615 Grado 60, $f_y = 4,200$ kg/cm² los cuales se encuentran estipulados dentro de la norma N.T.E. E.060 Concreto Armado en el Capítulo 12 longitudes de desarrollo y empalmes del refuerzo de la R.N.E. (2020). En el ámbito de las estructuras de concreto armado y construcciones, en el cual se menciona que existen tres tipos de empalmes en el refuerzo de tal manera que se nombran de la siguiente manera: empalmes mecánicos, empalmes traslapados y empalmes soldados. En el ámbito de las construcciones de estructuras y edificaciones, es recurrente poder identificar que en el refuerzo de los elementos estructurales como vienen a ser las columnas, vigas, placas y zapatas, entre otros los cuales usualmente se presentan en los diseños y planos como parte de los conjuntos entre el concreto estructural y el acero de refuerzo.

En ciertos puntos de la etapa de armado de la estructura de refuerzo en los elementos de concreto armado por proceso constructivo se verifica la existencia de dar continuidad a la barra de acero y por ende, la necesidad de contar con una alternativa que cumpla la función de unir entre dos barras de acero corrugado para la continuación del refuerzo longitudinal en los elementos estructurales. Por procedimiento convencional es sabido que el método para empalmar los aceros es traslapando mediante el uso de un amare con alambre calibre número 16, el cual visualmente da la impresión de ofrecer bajas prestaciones en el empalme y unión de barras de acero, en cuestión de adherencia de las misma se desconoce su capacidad. Se realiza el estudio comparativo de los tres métodos de empalme que contempla la normatividad vigente y además de su aplicación



en las varillas de acero corrugado de diámetros normalmente utilizados en la construcción los cuales son de 1/2" (38.1 mm), 5/8" (47.6 mm) y 3/4" (95.3 mm).

La presente tesis se determina con variables cuantitativas y cualitativas, la eficiencia de los tres tipos de empalmes los cuales son: empalme tipo I por conector mecánico, empalme tipo II por traslape y empalme tipo III por soldadura de las cuales se busca encontrar el método con mayores prestaciones en el empalme de acero.

La presente investigación, tiene como estructura de la siguiente forma:

En el Capítulo I, se desarrolla el planteamiento del problema en el cual se menciona las causales de las deficiencias por lo cual se realiza la presente investigación de tal manera que se formula el problema general y problemas específicos. Por consiguiente, se realiza el plantea la hipótesis de la investigación, para luego indicar la justificación de la investigación mediante la justificación teórica, justificación metodológica, justificación social, justificación económica e importancia del estudio. Y por último establecer los objetivos de la investigación de forma general y específicos.

En el Capítulo II, se realiza la revisión de la literatura, como primer punto será los antecedentes de la investigación en el ámbito internacional y nacional. En segundo punto se desarrolla el marco teórico donde se detalla los conceptos y términos utilizados en la presente investigación como fundamentos y principios del estudio. Por consiguiente, el marco conceptual se basa en establecer los términos y significados del material de acero corrugado y las propiedades mecánicas del mismo.

En el Capítulo III, se enfatiza en los materiales y métodos utilizados en la presente tesis, como primer punto se basa en la ubicación del estudio, como segundo punto en los materiales y equipos a utilizar para los tipos de empalmes a estudiar. Luego pasar al tercer punto la metodología de la investigación en el cual, se resalta el tipo de investigación, enfoque de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación y línea de



investigación. Se continua con el tercer punto población y muestra en el cual se detalla la determinación de cantidad de los especímenes de los tres tipos de empalmes. Como cuarto punto se identifica las técnicas e instrumentos de medición utilizados. En el quinto punto se establece las variables que son la eficiencia de tipo cualitativa y la resistencia a la tracción de tipo cuantitativa. Y por sexto y último punto se desarrolla los procedimientos de la confección, elaboración y/o fabricación de los tres tipos de empalme para que sean sometidos a esfuerzos de tracción en laboratorio y por consecuencia finalmente realizar la recolección de datos y observar la rotura de los especímenes.

En el Capítulo IV, se analiza los resultados y discusión para la interpretación de los mismos de tal forma plasmar y ratificar la hipótesis de la presente Investigación.

En el Capítulo V, se manifiesta las conclusiones del estudio comparativo en concordancia con los objetivos planteados en el planteamiento del problema.

En el Capítulo VI, se menciona las recomendaciones sobre la aplicación de los tres tipos de empalmes en la actualidad.

En el Capítulo VII, se cita las referencias bibliográficas que fueron tomados de las distintas fuentes y son de utilidad para antecedentes de la presente tesis.

En el Capítulo VIII, se adjunta los anexos que fueron obtenidos durante los capítulos anteriores.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en las construcciones con sistema de elementos estructurales de concreto armado presenta la necesidad de otorgar la continuidad del acero de refuerzo debido a la existencia de varillas comerciales en el mercado en todos sus diámetros de presentaciones vienen en longitudes de 9 metros lineales, la cual es un indicador de la aplicación de un método de empalme entre barras con determinada longitud de traslape.



De tal manera que comúnmente se utiliza el traslape convencional que aparentemente presta tiene baja capacidad y resistencia como método de empalme.

A Nivel Internacional, Según (Hamed Dabiri, et al., 2022) una de las cuestiones más críticas en los elementos de las estructuras y construcciones, es el empalme de barras que afecta al desempeño de las estructuras sometidas a cargas estáticas como dinámicas. Los métodos de empalme investigados hasta la fecha pueden clasificarse en tres grupos principales: empalmes mecánicos, soldados y traslapados, cada uno de ellos presentan ventajas e inconvenientes.

Según (Hua Huang et al., 2024) las uniones entre vigas y columnas constituyen elementos estructurales críticos que influyen en el desempeño frente a los sismos en las estructuras de pórticos. Debido a su rendimiento mecánico inferior y a los importantes problemas de prefabricación, las uniones del concreto armado conectadas mediante barras de acero y pernos en la actualidad son recurrentemente estudiados por los investigadores.

Según (Ali Ejaz et al., 2022) se tiene de necesidad la mejoría la calidad de los empalmes estructurales es de vital importancia ya que la falla de estos empalmes durante un sismo puede provocar daños o incluso el colapso de estructuras, exponiendo a riesgo la seguridad de las personas y las propiedades.

A nivel nacional, Según la investigación de Barreto E. (2022, p. 1) Las construcciones de concreto armado utilizan métodos para la continuación del acero de refuerzo la cual es el traslape en la actualidad. En la mayoría de construcciones presentan dificultades debido a negligencias de tal forma que presentan poca longitud del traslape en las columnas y placas por lo que ve no viable del traslape para construcciones en niveles superiores y recurre a la técnica de la soldadura ya que esta requiriere menor longitud en el empalme y asegura la prolongación y traspaso de cargas en los aceros.



En la región de Puno al día de hoy se puede apreciar que las construcciones ya sea por concreto armado, albañilería portante o mixto es recurrente la utilización del empalme por traslape la cual es la técnica de primera mano que se tiene al momento de armar la estructura de refuerzo para cualquier tipo de elemento estructural y también es sabido que la manera que estos sean sujetados entre el acero y el alambre dependen de la mano calificada de obra y las herramientas que utilizan de tal manera que existe mucha incertidumbre en su aplicabilidad en términos de cumplimiento de los estándares que se manifiesta en la normativa.

1.1.1. Problema general

¿Cómo se puede determinar el tipo de empalme con mayor eficiencia en varillas de acero corrugado $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ en la región Puno?

1.1.2. Problemas específicos

P.E.1. ¿Los empalmes mecánicos, traslapados y soldados tendrán relación con la capacidad de soportar cargas de tracción en varillas de acero corrugado?

P.E.2. ¿Los empalmes cumplirán el 125% f_y mínima de tensión – fluencia en varillas de acero corrugado en la región Puno?

P.E.3. ¿Qué tipo de empalme reflejara mayores prestaciones al ser evaluado en ensayo de tracción en varillas de acero corrugado $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ en la región Puno?



1.2. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Hipótesis general

El empalme tipo I por conector mecánico presenta mayor eficiencia que los empalmes tipo II por traslape, tipo III por soldadura y supera la relación tensión – fluencia mínima.

1.2.2. Hipótesis específicas

H.E.1. La eficiencia tiene relación con la resistencia a la tracción del empalme tipo I por conector mecánico en varillas de acero corrugado de 1/2”, 5/8” y 3/4”.

H.E.2. La eficiencia tiene relación con la resistencia a la tracción del empalme tipo II por traslape en varillas de acero corrugado de 1/2”, 5/8” y 3/4”.

H.E.3. La eficiencia tiene relación con la resistencia a la tracción del empalme tipo III por soldadura en varillas de acero corrugado de 1/2”, 5/8” y 3/4”.

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Justificación teórica

Según Gonzales M. y Cuevas P. (2018, p. 13) la Ingeniería Civil se centra en incorporar métodos novedosos a la Construcción que atiendan las necesidades y prestaciones que se requieren, con el tiempo las construcciones toman mayor calibre y esto genera dificultades en la aplicación de procedimientos convencionales.

Según (Hamed Dabiri et al., 2022) afirman que los empalmes son puntos críticos en las estructuras debido a las limitaciones que existen entre las barras de acero y su transporte debido a que estos cumplen una función de suma importancia en las respuestas frente a transferencias de tensiones entre el refuerzo y el concreto.

En tal sentido, es de necesidad encontrar el método que mejore el empalme convencional para las varillas de acero corrugadas de tal forma que se garantice a las construcciones en la región de Puno, las ventajas significativas y el aporte al conjunto de las estructuras de concreto armado. La influencia de la utilización de los tres tipos de empalmes otorgara una mejor noción a los criterios en la ingeniería civil a los proyectos de inversión pública y privada.

1.3.2. Justificación metodológica

Según la Investigación de Osco S. (2021, p. 26) refiere que la innovación en la Ingeniería Civil es de relevancia dado sus resultados obtenidos los cuales son de consideración en los datos paramétricos en el diseño estructural y demuestran que los empalmes del tipo mecánico responden a las exigencias al comportamiento estructural ni presentan reducción alguna.



La alternativa de la aplicación de empale por conector mecánico en la región de Puno 2024, surge debido a la injerencia de tomar un método antes no visto entre la industria de la construcción y su procedimiento de instalación con sus respectivos materiales y equipos que conllevaran para su implementación. Como es sabido que las construcciones cada vez vienen en alza de forma vertical para encontrar mayor superficie en los aires sobre los terrenos ya construidos, en tal sentido para aquellas edificaciones que no han previsto la suficiente longitud de desarrollo para su traslape, de acuerdo a los autores de las distintas investigaciones sugieren su aplicación al no tener una longitud mayor para su continuación.

1.3.3. Justificación social

Según la Investigación de Ballón L. (2023, p. 38) manifiesta que la Ingeniería Civil implementa nuevos sistemas de empalmes para las obras para la continuidad de sus estructuras y con ello aporta conocimiento en beneficio de comunidad y sociedad.

Dentro de la industria de la construcción se puede visualizar que dentro de sus estudios de precios unitarios, en la mayoría de proyectos son considerados en los presupuestos de acero de refuerzo un porcentaje de alambre calibre número 16 ya que estos siempre son utilizados para el empalme de los mismos. En la sociedad lo que se tiene a primera mano al momento de cotizar en alguna empresa ferretera es el acero corrugado grado 60 y el alambre negro recocado calibre número 8 y 16 ya que estos son muy cotizados al momento de adquirir los materiales para la construcción, Sin embargo, los mismos se encuentran en estudio debido a que aparentemente no proporcionan las prestaciones necesarias del caso.



1.3.4. Justificación económica

Según Navarro J. y Vega D. (2020, p. 83) Indica que de acuerdo a su análisis económico del uso del conector mecánico resultan ser convenientes para varillas desde diámetro 3/8" (28.6 mm) a mayores las cuales significan en ahorro significativo y además de que se refleja considerablemente la disminución del acero que se requiere en las obras.

En la actualidad es sabido que en los proyectos de inversión pública o privada, al momento de realizar las adquisiciones del acero de refuerzo y del alambre calibre número 16, se consideran un factor de desperdicio del 5% los cuales hacen que se incrementen los costos y visto en los talleres de herrería y corte de material que en la mayoría se presentaría desperdicios de varillas con longitudes menores las cuales al tener dimensiones ínfimas ya no son considerados para su uso en las obras y son desechados como material saldo.

1.3.5. Importancia del estudio

La comparación de la eficiencia de los empalmes por conector mecánico, por traslape y por soldadura permite la evaluación significativa de la capacidad a la resistencia que las uniones presentan como característica mecánica a esfuerzos de tracción. Y también nos genera el indicador del cumplimiento a la normatividad vigente el cual indica que todo empalme del refuerzo deberá respetar que relación tensión – fluencia del acero desarrollará en tracción al menos de 1.25 de f_y , según N.T.E. E.060 Concreto Armado de la R.N.E. (p. 117).



1.3.6. Relevancia del estudio

La comparación de los empalme en el refuerzo, serán de aporte de datos de relevancia al momento de tomar decisiones en la comunidad de la Ingeniería Civil debido a que al momento de plasmas las ideas encima de los proyectos de inversión, estos deberán de considerar que de acuerdo a la normatividad vigente, los empalmes del refuerzo exige que se debe de cumplir con los parámetros mínimos y esto generará el debate entre los responsables que realizan sus proyectos y esto tendrá toda la relevancia para que sea de aplicabilidad.

1.3.6.1. Credibilidad

Los resultados que están estipulados en los objetivos de la presente investigación, estarán reconocidos dentro de una constancia o certificado de laboratorio y esta será validada por el especialista que realiza el ensayo. Además, que podrán ser comparados con resultados que hallaron en trabajos antecedentes y la información que estas brindan ratificadas con las normativas vigentes.

1.3.6.2. Transferibilidad

Al realizar el estudio de la comparación de los tipos de empalmes las cuales están enmarcados en la normatividad vigente E.060, harán que su aplicabilidad en otros ámbitos dentro de la construcción sea de consideración debido a que esta investigación se basa al esfuerzo conjunto entre elemento de unión y barras de acero, mas no al conjunto que se conforma entre el concreto y la estructura de refuerzo en el concreto armado. Sin embargo, permitirá analizar su aporte dentro de las



generalidades del comportamiento de los elementos de concreto armado y sus prestaciones.

1.3.6.3. Fidelidad

La presente investigación busca obtener los resultados ya sean ventajosos y que presenten deficiencias las cuales estos sean tomados como indicadores para la aplicabilidad de cualquier tipo de empalme en el ámbito de la construcción. Así mismo que los resultados obtenidos sean de carácter verídica de tal manera que sea de utilidad como información dentro de la línea de investigación.

1.3.6.4. Confirmabilidad

Al ser una investigación cualitativa, los resultados que se serán obtenidos de acuerdo al análisis e interpretación de los mismos los cuales se estarán presentados en porcentajes en relación al valor nominal que se encuentra enmarcada a la información proporcionada como propiedad del material en estudio. De tal manera que estas podrán ser tomadas por los demás investigadores y llegar a mayores respuestas para investigaciones similares o que estén enmarcadas dentro de los empalmes del refuerzo.

1.3.6.5. Consecuencias del estudio

En el presente estudio, la decisión de decantarse para efectuar la investigación sobre la comparación de la eficiencia de los empalmes estuvo siempre sujeto en énfasis de estudiar la respuesta en tracción de los empalmes entre las varillas de acero corrugado y este al ser un material tan sumamente estudiado por diferentes fabricantes dentro del mercado



nacional, pero referente a el empalme, generalmente recomiendan longitudes de traslape de acuerdo al diámetro de la varilla y calidad del concreto que embeberá al refuerzo.

1.3.7. Limitaciones del estudio

Se puede manifestar que las limitaciones en la presente investigación estuvieron siempre sujeta a la poca oferta de la prestación de una empresa que realice los ensayos dentro de la ciudad de Puno o aledaños, de tal manera que los especímenes confeccionados fueron trasladados a las regiones de Arequipa y Moquegua. Otra limitación fue la de encontrar una empresa que provea los conectores mecánicos ya que no las elaboran o tienen en stock debido a la baja demanda en el mercado de tal manera que su accesibilidad es baja frente a otros materiales en la construcción.

1.3.8. Cuestiones éticas

Los estudios realizados se basan en los principios en base al avance del conocimiento compartido, respetando las versiones de los autores y la importancia de sus investigaciones como fuente de los antecedentes al tema en estudio con fines de encontrar el debate respectivo que genere el aporte a la ciencia y la Ingeniería Civil.

La presente investigación cumple con el aspecto ético de acuerdo al tema abordado la cual es de importancia e interés para los investigadores y la sociedad, así mismo se preserva la dignidad e identidad de los involucrados en el presente trabajo.

Se utilizaron las herramientas del estilo APA séptima edición para evitar el plagio de manera que se respeta la autoría de las fuentes, así mismo los datos



obtenidos no fueron manipulados para ser totalmente validados y se mantendrán a la disposición de los demás investigadores para ser tomados respetando sus derechos como autor.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la eficiencia entre los tipos de empalmes en varillas de acero corrugado $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ de diámetros de 1/2", 5/8" y 3/4", en ensayo de tracción en la región de Puno.

1.4.2. Objetivos específicos

O.E.1. Determinar la resistencia a la tracción del empalme tipo I por conector mecánico en varillas de acero corrugado $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ para diámetros de 1/2", 5/8" y 3/4".

O.E.2. Determinar la resistencia a la tracción del empalme tipo II por traslape en varillas de acero corrugado $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ para diámetros de 1/2", 5/8" y 3/4".

O.E.3. Determinar la resistencia a la tracción del empalme tipo III por soldadura en varillas de acero corrugado $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ para diámetros de 1/2", 5/8" y 3/4".



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según la investigación Mora C. y Ortega D. (2021), se tuvo por objetivo efectuar el ensayo de tracción para la comparación ocho especímenes para los métodos de empalmes mecánicos mediante conector roscado, conector de transición y conector tornillo para varillas de acero corrugado para diámetros de 1/2", 5/8" y 3/4". El método en dicho estudio fue de tipo aplicada - enfoque cuantitativo, obtuvieron resultados para el espécimen número 01 de empalme por conector roscado para varilla de 1/2" con máxima carga de 8,270 Kgf equivalente al 152.64% de f_y , para espécimen número 02 de empalme por conector roscado para varilla de 5/8" con máxima carga de 12,650 Kgf equivalente a 151.35% de f_y , para espécimen número 03 de empalme por conector roscado para varilla de 3/4" con máxima carga de 18,460 Kgf equivalente a 154,76% de f_y , para espécimen número 04 de empalme por conector de transición para varilla de 1/2" a 5/8" con máxima carga de 12,990 Kgf equivalente a 155.42% de f_y , para espécimen número 05 de empalme por conector roscado para Varilla de 5/8" a 3/4" con máxima carga de 18,460 Kgf equivalente a 154,76% de f_y , para espécimen número 06 de empalme por conector tornillo para varilla de 1/2" con máxima carga de 8,330 Kgf equivalente a 153.75% de f_y , para espécimen número 07 de empalme por conector tornillo para varilla de 5/8" con máxima carga de 12,950 Kgf equivalente a 154.94% de f_y , y por ultimo para espécimen número 08



de empalme por conector tornillo para varilla de 3/4" con máxima carga de 18,560 Kgf equivalente a 155.60% de f_y . Concluyeron que los empalmes por conector roscado, de transición y tornillo cumplen al sobrepasar el factor de 1.25 de la relación de esfuerzo ultimo con respecto al esfuerzo de fluencia y aportan mejor transferencia de cargas, resistencia estructural y eficiencia.

Manifiestan también que los empalmes por traslape presenta deslizamiento y no logran resultados respecto a los empalmes mecánicos.

Según la monografía de Vega D. y Navarro J. (2020), tuvieron como objetivo analizar los conectores mecánicos para optar como alternativa viable en el empalme en el refuerzo de acero. La metodología que realizaron tuvo como tipo según su naturaleza, el explicativo la técnica que emplearon fue la de análisis de contenido, los datos fueron obtenidos de la investigación de la Universidad Francisco de Paula Santander de Colombia, en el cual hicieron de adquisición del conector mecánico y realizaron nueve especímenes en total para las varilla de acero de diámetros de 20 mm, 22 mm y 25 mm (tres unidades por cada diámetro en el cual obtuvieron resultados de promedio de 138.62% de f_y , 140.42% de f_y , y 142.28% de f_y respectivamente.

En sus conclusiones, el empalme mecánico es confiable para el empleo en una obra de construcción, también mencionan que, según el análisis económico, es recomendable la utilización de los conectores mecánicos desde los diámetros superiores al #8 (25 mm).

Según el artículo de Huaco G. & Jirsa J. (2020) afirman que la alternativa al método convencional al empalme por traslape es la utilización de los empalmes mecánicos los cuales tienden a ser más económicos que los traslapes cuando presentan pocos espacios disponibles. La metodología de investigación fue del



tipo explicativo, la técnica que se empleo es de análisis e interpretación de datos. Los empalmes mecánicos son aplicados con más frecuencia en las construcciones, sin embargo, son limitadas y poco prácticas en estructuras modernizadas. A su vez si las barras no necesitan ser roscadas para ser unidas con una unión especial, empalme mecánico será útil con fines de innovación. También concluyen que el empalme mecánico al ser sometido a ensayos de tensión y compresión son adecuados y presentan aceptables respuestas frente a cargas de sismo.

Según la Investigación de Cuevas P. y Gonzales M. (2018) tuvieron como objetivo para su estudio el análisis de la factibilidad comparando los empalmes por traslapes con los empalmes mecánicos y la evaluación del desempeño que tienen, así como también realizan el análisis económico. La metodología fue de tipo descriptiva, enfoque de investigación cualitativa y técnica de investigación se basa en la recopilación de datos de antecedentes. De las diez muestras efectuadas para varillas de 1", solo un espécimen llegó a la rotura obteniendo un registro de 28.22 Ton equivalente a 28,220 Kgf que representa el 131.75% f_y , de tal manera que se encuentra por encima del factor de 1.25 la relación entre la resistencia a la fluencia y la resistencia última del acero. De diez muestras efectuadas para varillas de 3/4", solo un espécimen llego a la rotura obteniendo un registro de 17.01 Ton equivalente a 17,010 Kgf que representa el 142.61% f_y . En el análisis económico manifiesta que empalme por traslape son más económicos respecto a la utilización del empalme mecánico y que este último es el más costoso debido a que es el país de República Dominicana solo cuenta con una empresa que los provea.



2.1.2. Antecedentes nacionales

Según la investigación de Ccasa P. y Huaman Y. (2019), tuvieron como objetivo de la investigación realizar la comparativa de los empalmes por conector mecánico y por traslape para. La metodología fue de diseño experimental, nivel correlacional y tipo inductivo, para ello elaboraron vigas de concreto con su respectivo acero de refuerzo y en su interior con los empalmes por conector y por traslape. Los resultados obtenidos para el conjunto de viga de concreto y empalme por traslape para barras de acero de 3/8" de 171% f_y , para barras de acero de 1/2" de 170% f_y , y para barras de acero de 5/8" de 168% f_y ; en viga de concreto y empalme por conector mecánico para barras de acero de 3/8" de 177% f_y , para barras de acero de 1/2" de 174% f_y , y para barras de acero de 170% f_y .

Concluyen que el sistema de empalme de conector mecánico presenta mayor resistencia a comparación del sistema de empalme por traslape.

Según la Investigación de Tarazona K. (2019), tuvo como objetivo la determinación de la variación de costos sobre el uso de empalme mecánico respecto al traslape, en el pilotaje de sus estaciones de su proyecto. La metodología de investigación fue de tipo explicativa, su población elegida fue el proyecto que estudia y utilizaron el empalme mecánico tipo rosca en la estructura del mismo, la muestra que se tomó fue los pilotes de las cinco estaciones del proyecto, de tal manera que utilizaron 832 conectores mecánicos para varillas de acero para diámetro de 3/4" con precio unitario de \$17.30, también utilizaron 96 conectores mecánicos para varillas de acero de 1" con precio unitario de \$18.30 y finalmente 5,136 conectores mecánicos para varillas de acero de diámetro 1 3/8" con precio unitario de \$20.91. Además, manifestó que para suplir la cantidad de conectores mecánicos por traslape hubiese significado utilizar 138,894.35 Kg de



Acero corrugado. Concluye en su investigación que el presupuesto utilizado para los conectores mecánicos asciende al monto de \$123,544.16 en contraprestación del presupuesto para acero en traslape con un monto de \$220,842.03.

Según el trabajo de investigación de Robles I. y Reyes D. (2021), tuvieron como objetivo establecer, sí la utilización del empalme mecánico aportará celeridad en la gestión de su obra de ampliación 03 de su infraestructura. La metodología que empleó para su estudio fue descriptiva, diseño no experimental con un enfoque cuantitativo. En la población participaron 15 profesionales los cuales verificaron que las columnas y placas de su proyecto no presentaban las longitudes suficientes de acero para efectuar el empalme por traslape convencional, de tal manera que decidieron la incorporación de la utilización de empalmes por conector mecánico lo cual generaba mayor costo de su proyecto, por consiguiente determinaron que necesitaran utilizar 78 conectores mecánicos tipo tornillo y 36 conectores mecánicos tipo presión para barras de acero de 1” en el cual tienen precios unitarios de \$78 y \$36 respectivamente. Concluyeron que la utilización de empalmes por conector mecánico facilitó el proceso de empalme y repercutió en menos cantidad de días para su instalación. Además de presentar mayor calidad en los trabajos y ofrecen mejor integridad estructural a su proyecto.

Según la Investigación de Curi O. y Magro P. (2020) tuvieron como objetivo la determinación del uso del empalme mecánico marca Linxion tipo 2 en acero de construcción. Su investigación fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicada y diseño experimental, para ello elaboraron seis probetas de empalme conector tipo rosca paralela con rotación marca Linxion para de las cuales tres fueron para varillas de diámetro de 3/4” y otras tres para varillas de diámetro de 1” y de la misma manera seis probetas para empalmes de conector mecánico de rosca



paralela sin rotación marcan Linxion de los cuales tres fueron para barras de acero de diámetro de 3/4” y otras tres para barras de acero de diámetro de 1”. De sus resultados, obtuvo que la máxima de resistencia en tracción para varillas de acero de 1” con conector mecánico roscado con rotación es de 161% de f_y , mientras que para varillas de acero de 1” con conector mecánico roscado sin rotación es de 156% de f_y , a su vez la máxima resistencia en tracción para varillas de diámetro de 3/4” con conector mecánico roscado con rotación es de 167% de f_y , y finalmente la máxima resistencia en tracción para varillas de diámetro de 3/4” con conector mecánico roscado sin rotación es de 161% de f_y . Como conclusión de su investigación determina que el conector mecánico tipo 2 marca Lixion aportan una unión segura entre aceros y esto puede prevenir probables problemas patológicos en el confinamiento del concreto.

Según la investigación de Sánchez P. (2019), tuvo como objetivo la determinación de la resistencia en tensión, resistencia a la flexión del empalme mecánico en comparación a los empalmes por traslape. La metodología fue de tipo aplicada, enfoque cuantitativo y diseño experimental. Para la muestra se tomaron dos tipos para el análisis del desempeño estructural por cada dimensión, la muestra uno utilizó un empalme de conector mecánico tipo II Barsplice forma tornillo de 1/2” de diámetro, la muestra dos utilizó un empalme con alambre por traslape que estaba embebido con concreto de resistencia de 210 kg/cm². En sus resultados, la resistencia máxima en tracción fue de 73,900 kg/cm², mientras que en la muestra dos fue de 69,887 kg/cm², con un porcentaje del 5.43% de diferencia, la resistencia máxima en flexión en la muestra uno fue de 61.46 kg/cm² y su muestra dos con resistencia máxima en flexión de 57.10 kg/cm². Concluyo que el empalme por traslape tiene una resistencia a la flexión superior en 41.20%



al empalme mecánico y menos capacidad de carga residual. En resumen, el uso de empalmes mecánicos de tornillo tipo II de 1/2" de diámetro mejora la respuesta estructural.

En la investigación de Cieza J. (2018), tuvo como objetivo analizar el desempeño del empalme por traslape y empalme soldado en elementos de concreto armado sometidos a tracción. La metodología que empleó para su estudio fue aplicada - experimental con un enfoque cuantitativo. En la población y la muestra son diferentes los tipos de empalmes; empalme traslapado y empalme soldado. Los mejores resultados fueron para las probetas con empalme traslapado de 0,42 Ton a la primera fisura y 0,52 Ton para las probetas con empalme soldado de 0,38 Ton para probetas con empalme mecánico de 13,4 Ton.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Longitud del empalme

Las longitudes de empalmes por traslape en el refuerzo se basan de acuerdo a las expresiones para determinar dichas dimensiones para lo elementos estructurales, a su vez los fabricantes de acero de construcción y también en los diseños y especificaciones de los proyectos de infraestructura. Mientras que para empalmes soldados y por conector mecánico, se tomara las longitudes de empalme de acuerdo a las recomendaciones y fichas técnicas existentes.

2.2.1.1. Longitud de traslape en vigas y columnas

En la Tabla 1 y Tabla 2 se visualiza las longitudes traslapadas recomendadas de acuerdo al fabricante Corporación de Aceros Arequipa S.A. para empalmes por traslapes:

Tabla 1

Longitud de traslape en columnas

Diámetro	Traslape tipo A	Traslape tipo B	Traslape tipo C
	cm	cm	cm
3/8"	30	39	39
1/2"	32	42	42
5/8"	40	52	52
3/4"	54	70	70
1"	97	126	126

Nota: Traslape tipo A cuando se ubica al centro de la longitud de la columna, tipo B cuando se ubica en la parte inferior de la columna de forma alternada, tipo C cuando se ubica en la parte inferior de la columna de forma no alternada.

Fuente: Tomada de "Guía de Maestro Constructor", Corporación de Aceros Arequipa S.A., 2022, <https://www.acerosarequipa.com/manuales/>

Tabla 2

Longitud de traslape en vigas

Diámetro	Traslape tipo A		Traslape tipo B		Traslape tipo C	
	Barra Superior	Barra Inferior	Barra Superior	Barra Inferior	Barra Superior	Barra Inferior
	cm	cm	cm	cm	cm	cm
3/8"	34	30	44	39	57	51
1/2"	45	32	59	42	76	54
5/8"	56	40	73	52	95	68
3/4"	76	54	99	70	129	92
1"	136	97	177	126	231	165

Nota: Traslape tipo A cuando se ubica al centro de la longitud de la viga, tipo B cuando se ubica en la parte inferior de la viga de forma alternada, tipo C cuando se ubica en la parte inferior de la viga de forma no alternada.

Fuente: Tomada de "Guía de Maestro Constructor", Corporación de Aceros Arequipa S.A., 2022, <https://www.acerosarequipa.com/manuales/pdf/manual-del-maestro-constructor.pdf>

2.2.2. Tipos de empalmes en el acero de refuerzo

2.2.2.1. Empalmes por traslape

Según la Investigación de Cuevas P. y Gonzales M. (2018, p. 61) sostiene que el traslape entre barras de acero corrugado consiste en solapar de forma longitudinalmente mediante una determinada longitud que permita la transferencia de esfuerzos de la barra en adherencia al concreto.

Es el mecanismo de empalme que permite prolongar y dar continuidad a la barra de acero mediante un alambre negro recocido para sujetar con un amarre, y tiene por objetivo de otorgar transferencias de cargas entre un acero a otro. En las estructuras, el acero corrugado del refuerzo no llega a tener continuidad debido a que el mercado en el nacional ofrece presentaciones de longitud de nueve metros, por lo tanto, para las construcciones, siempre se presentará la necesidad de unir las barras de acuerdo al siguiente esquema de la Figura 1

Figura 1

Esquema de traslape en barras de acero corrugado



Nota: Dibujo propio de esquema de empalme por traslape entre varillas de acero corrugado mediante el amarre con alambre negro recocido calibre 16

2.2.2.2. Empalmes mecánicos

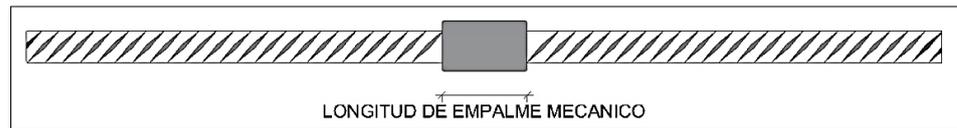
Según la investigación de Reyes D. y Robles I. (2021, p. 23) refiere que los empalmes mecánicos son utilizados para empalmar varillas de gran diámetro los cuales deben desarrollar por lo menos el $125\% f_y$, sostiene que los empalmes mecánicos son muy usados en la actualidad y son los más seguros respecto a otros tipos de empalmes.

Es el mecanismo de empalme que permite otorgar una unión entre las barras de acero corrugado de igual o distinto diámetro de manera que se transmitan las cargas entre barras de forma asegurada. También se puede definir a los empalmes mecánicos como acoples adecuados para la continuidad de las barras de acero corrugado, las cuales deben cumplir con

las normativas y requisitos mínimos para su uso y seguirá de acuerdo al esquema de la Figura 2.

Figura 2

Esquema de empalme mecánico en barras de acero corrugado



Nota: Dibujo propio de esquema de empalme mecánico entre varillas de acero corrugado mediante el conector roscado.

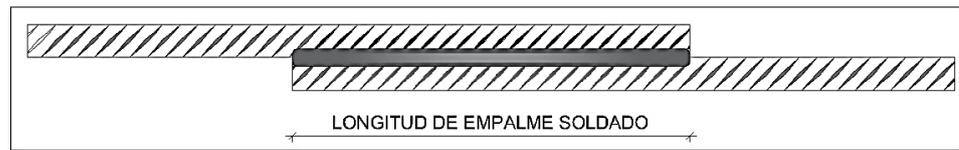
2.2.2.3. Empalmes soldados

Según la Investigación de Cuevas P. y Gonzales M. (2018, p. 40) refiere que el método de empalme soldado fue utilizado por años en uniones en rieles y barras en la construcción ya que fueron los japoneses en emplearlos. Además, refiere en qué consisten en calentar a cierta temperatura el material y someter a presión controlada para que sus moléculas que la componen sean unidas.

Es el mecanismo de empalme que permite unir dos barras de acero mediante una junta longitudinal por medio de una resina o cordón el cual esta adherido al acero en ambas caras mediante un proceso de soldadura el cual debe de cumplir con los requisitos mínimos físicos y químicos. También se puede definir como la fusión de las piezas para la fijación de masas mediante un tratamiento de calor para los materiales metálicos. Existen distintos tipos de empalmes por soldadura como son a tope directo, tope indirecto y de solapo. Y seguirá de acuerdo al esquema de la Figura 3 y Figura 4.

Figura 3

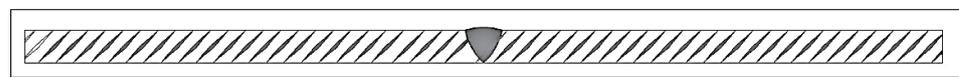
Esquema de empalme soldado tipo solapo en barras de acero corrugado



Nota: Dibujo propio de esquema de empalme soldado solapado entre varillas de acero corrugado.

Figura 4

Esquema de empalme soldado tipo a tope en barras de acero corrugado



Nota: Dibujo propio de esquema de empalme soldado a tope entre varillas de acero corrugado.

2.2.3. Varilla de construcción

La empresa Corporación de Aceros Arequipa S.A. en su publicación *construyendo seguro (2020)*, define como el material del producto de la aleación de metales. De tal manera como se muestra en la tabla 3, además refiere como barras de acero de sección transversal circular, hexagonal o cuadrada, y se clasifican de acuerdo a su límite de fluencia f_y (grado) y su acabado (liso o corrugado).

Son elementos de sección circular y materiales altamente resistentes y de excelente calidad en las construcciones, su composición como material de acuerdo a la Tabla 3.

Tabla 3

Composición química del acero grado 60

Elemento	Carbono	Manganeso	Silicio	Azufre	Fósforo
Max. %	0.30	1.50	0.50	0.045	0.035

Fuente: Tomado de "Barras de construcción", Empresa Siderurgica del Perú S.A.A., 2019, p. 2, <https://www.siderperu.com.pe/>

Nota: Composición química de la varilla de acero corrugado grado 60 ASTM A615

2.2.4. Acero corrugado en el refuerzo

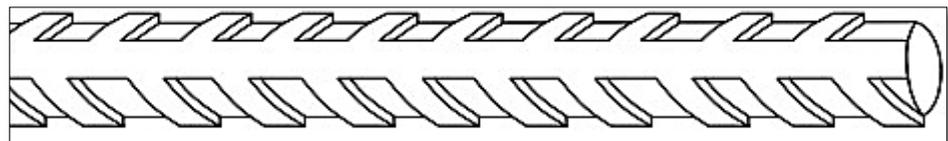
Es el material enormemente utilizado en la construcción como elemento de refuerzo estructural, cumplirá con las normativas vigentes N.T.E. E.060 Concreto Armado, ASTM A615 Grado 60 y NTP 341.031 y tiene las siguientes características y propiedades:

2.2.4.1. Adherencia

La adherencia es indispensable entre el acero y el concreto que lo embebe de manera que ambos materiales logren trabajar de manera conjunta frente a las cargas que son sometidas. Al no existir algún tipo de adherencia se puede deducir que el conjunto presentara fisuras y/o fallas. En el acero corrugado de refuerzo presente corrugas las cuales resaltan en su perfil y esta garantiza la adherencia con el concreto que lo recubrirá y sigue el esquema de la figura 5.

Figura 5

Corrugas para adherencia en el acero de refuerzo corrugado



Fuente: Tomado de “Varilla corrugada grado 60”, 2024, <https://www.deacero.com/>
Nota: Esquema de resalte en corrugas de la varilla de acero el cual tiene la función de otorgar adherencia

2.2.4.2. Dimensiones

Según la publicación de Corporación de Aceros Arequipa S.A. (2020) suministra en paquetes y toneladas de acuerdo a la Tabla 4.

Tabla 4

Dimensiones y pesos nominales del acero corrugado

Diámetro	Sección cm²	Perímetro cm	Peso Nominal Kg/m lineal
3/8"	0.71	2.99	0.560
1/2"	1.29	3.99	0.994
5/8"	1.99	4.99	1.552
3/4"	2.84	5.98	2.235
7/8"	3.87	6.98	3.042
1"	5.10	7.98	3.973
1 3/8"	10.06	11.25	7.907

Fuente: Adoptado de "Fierro Corrugado", Corporación de Aceros Arequipa S.A., 2022, <https://www.acerosarequipa.com/>

2.2.4.3. Doblado

El acero corrugado de refuerzo tiene la característica de otorgarle un doblado en su perfil con un procedimiento manual mediante una mesa, trampa y tubo de acero o procedimiento mecánico mediante equipos dadas las condiciones. El acero corrugado de refuerzo será doblado de acuerdo al requerimiento del elemento estructural que será colocado, de acuerdo a la Tabla 5.

Tabla 5

Diámetros de doblado en el acero corrugado

Diámetro Varilla (d)	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"
Diámetro doblado	3d	3d	3d	5d	5d
mm	28.6	38.1	47.6	95.3	127

Fuente: Fuente: Tomado de "Fierro Corrugado", Corporación de Aceros Arequipa S.A., 2020, <https://www.acerosarequipa.com/>

Nota: Diámetro de doblado donde "d" es el diámetro de la varilla de acero corrugado en mm.

2.2.4.4. Calidad

Como principal característica del acero corrugado de refuerzo en la construcción es de reforzar las estructuras y garantizar la seguridad antes,

durante y post construcción. De tal manera que proporciona también estabilidad asegurando calidad y durabilidad en los elementos estructurales.

Según Barreto E. (2022, PP. 21-22), sostiene que la calidad del acero en el mercado peruano se detalla de acuerdo a su grado y normativa ASTM en la Tabla 6.

Tabla 6

Calidades de las varillas de acero corrugado

Grado	ASTM	f_y kg/cm²	R_u kg/cm²
40	A615	2,800	4,900
60	A615	4,200	6,330
75	A615	5,270	7,030
60	A706	4,200	5,600

Fuente: Tomado de “Fierro Corrugado”, Corporación de Aceros Arequipa S.A., 2020, <https://acerosarequipa.com/>

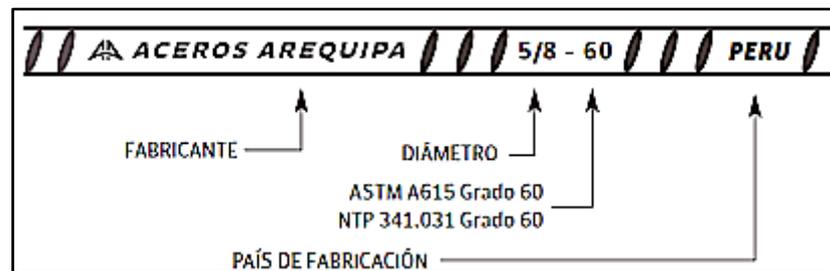
Nota: Calidades en varillas de acero corrugado más comerciales en el mercado

2.2.4.5. Presentación

En el mercado peruano existen múltiples marcas o fabricantes de varillas de acero corrugado ASTM A615 grado 60, las cuales tienen presentaciones de longitudes de 9 metros lineales para sus distintos productos y medidas, de las cuales las más conocidas son Aceros Arequipa y SiderPerú, entre otros. Los cuales tienen el siguiente esquema en la Figura 6 y Figura 7.

Figura 6

Identificación de la barra de acero corrugado Aceros Arequipa

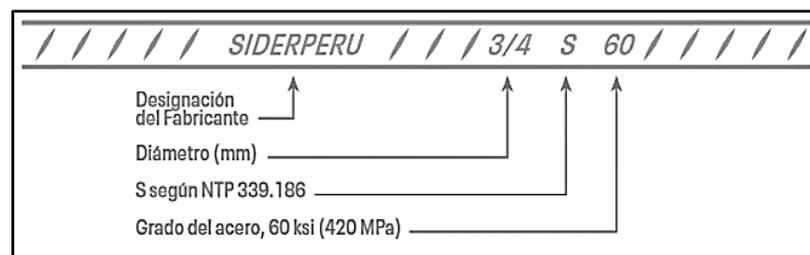


Fuente: Tomado de “Fierro Corrugado”, Corporación de Aceros Arequipa S.A., 2020, <https://acerosarequipa.com/>

Nota: Identificación en varilla de acero corrugado de la empresa Corporación de Aceros Arequipa S.A.

Figura 7

Identificación de la barra de acero corrugado SiderPerú



Fuente: Tomado de “Barras de construcción”, Empresa Siderurgica del Perú S.A.A., 2019, p. 2, <https://www.siderperu.com.pe/>

Nota: Identificación en varilla de acero corrugado de la empresa Siderurgica del Perú S.A.A.

2.2.5. Propiedades mecánicas

2.2.5.1. Límite de fluencia del acero

Según Cieza J. (2018, p. 46) define como que la fluencia del acero es la deformación cuando el concreto alcanza su mayor compresión y comienza a formarse fisuras tomando el acero toda la tensión por lo que el esfuerzo del acero aumenta hasta alcanzar su valor de fluencia.

De acuerdo a la publicación de López L. (2013, p.10) afirma que, con el aumento de temperatura, implica la disminución del límite de fluencia del material.

El límite de fluencia tiene la expresión de f_y de la varilla de acero de corrugado en kg/cm^2

2.2.5.2. Resistencia a la tracción

Según Cieza J. (2018, p. 32) define que la tracción al esfuerzo interno que un cuerpo es sometido debido a la aplicación de cargas opuestas y estas tienden a estirarlo. Por lo que dichos cuerpos deben de resistir las fuerzas y no ceda a la deformación.

Según Ballón L. (2023, p. 21) refiere que la resistencia en tracción es el esfuerzo ultimo máximo que un material desarrolla en la curva de esfuerzo – deformación la cual se obtiene de la fuerza aplicada y este indica la resistencia a la tracción del acero. También sostiene que es el esfuerzo el cual hace reducción de la sección de la varilla de refuerzo.

Según Sanches P. (2019, PP. 16-20) sostiene que la resistencia a la tracción es el esfuerzo obtenido máximo aplicado en los materiales. Indica también que en materiales dúctiles la. La resistencia a tracción última del acero se expresará de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R_u = F_u / A$$

Donde:

$$R_u = \text{Resistencia a la tracción en } \text{kg/cm}^2$$

$$F_u = \text{Carga ultima en tracción en Kgf}$$

$$A = \text{Área de la sección del acero en } \text{cm}^2$$

2.2.5.3. Factor de relación sismorresistente

De acuerdo a Norma N.T.E. E.060 Concreto Armado (2020, p.117) indica que los empalmes mecánicos y empalmes soldados deben desarrollar en esfuerzos de tracción o compresión al menos $1.25 f_y$.

Según la investigación de Sanches P. (2019, p. 12) expresa la siguiente ecuación:

$$R_u / f_y \geq 1.25$$

Donde:

R_u = Resistencia a la tracción del acero en kg/cm^2

f_y = Limite de fluencia del acero en kg/cm^2

2.2.5.4. Diagrama esfuerzo – deformación

La deformación unitaria o alargamiento es otra propiedad mecánica importante para caracterizar aceros de construcción especialmente para barras de refuerzo, se puede definir como:

El diagrama de tracción o diagrama esfuerzo-deformación es una representación gráfica fundamental para caracterizar el comportamiento mecánico de los aceros ante cargas axiales de tensión.

En el diagrama de tracción se grafica en el eje X la deformación unitaria (alargamiento) sufrida por una probeta de acero y en el eje Y el correspondiente esfuerzo o tensión aplicada.

Zona elástica: Se cumple la ley de hooke, con proporcionalidad entre esfuerzo y deformación unitaria. Si se descarga la probeta vuelve a su longitud inicial.

Zona plástica: Cuando se sobrepasa el límite elástico o fluencia, ocurren deformaciones permanentes en el material.

Zona de endurecimiento: Etapa donde sobrepasa la fluencia y se forma el cuello y ocurre cambios en el material.

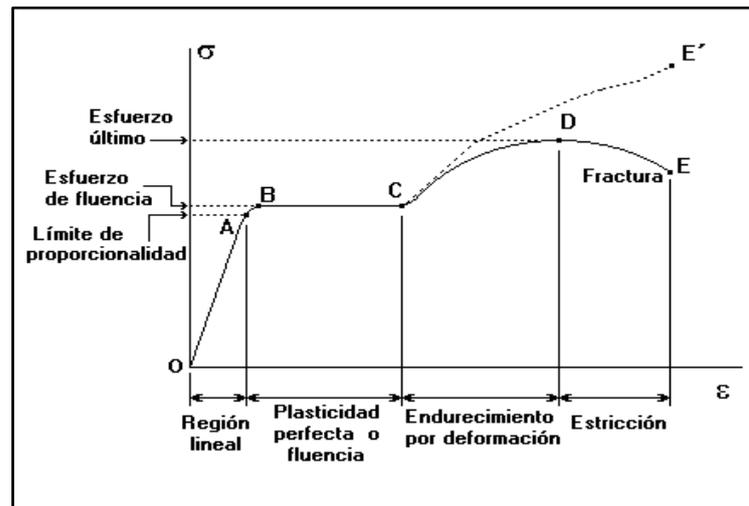
Zona de estricción: Reducción de la sección transversal poco antes de la ruptura o carga máxima.

Finalmente se produce fractura frágil o dúctil, dando la resistencia última o máxima del material.

El diagrama de esfuerzo – deformación del acero que se muestra en la Figura 8, permite identificar parámetros importantes como módulo de elasticidad, límite elástico, resistencia de diseño entre otros, es indispensable para un correcto uso estructural del acero.

Figura 8

Diagrama de esfuerzo - deformación



Fuente: Tomado de “Diagrama Tensión-Deformación”, 2022, <https://www.vortize.com/>
Nota: Diagrama de esfuerzo – deformación en materiales dúctiles.



2.2.6. Ensayo de tracción en acero

Según Ballón L. (2023, p. 18) refiere que la Norma ASTM A1034 determina que el ensayo a la Tracción en el conjunto de un compuesto entre dos barras de acero corrugado de refuerzo y empalme hasta llegar a la rotura bajo regimiento a la Norma ASTM A370 y N.T.E. E.060 Concreto Armado.

Según Cieza J. (2018, p. 31) refiere que la tracción es una fuerza interna que surge en un material cuando se le aplica dos fuerzas opuestas que intentan estirarlo, debido a que los cuerpos que trabajan a tracción deberán ser diseñados de manera resistente a las fuerzas y no sea susceptible a la deformación.

ASTM E8 “Métodos para la prueba de tracción en materiales metálicos”, indica que los especímenes de tamaño-prueba mecanizado prescribe las especificaciones del producto que será probado. Refiere que serán realizados en máquinas universales con dispositivos de agarre, las cuales normalmente están equipadas con mordazas de cuña para la sujeción de especímenes de metal dúctil.

2.3. MARCO CONCEPUAL

2.3.1. Empalme tipo I por conector mecánico

Según Curi O. y Magro P. (2020, PP. 16-21) Sostiene que existen múltiples tipos de conectores mecánicos los cuales son los siguientes: conector tornillo, conector a presión, conector de presión con rosca y conector de rosca paralela.

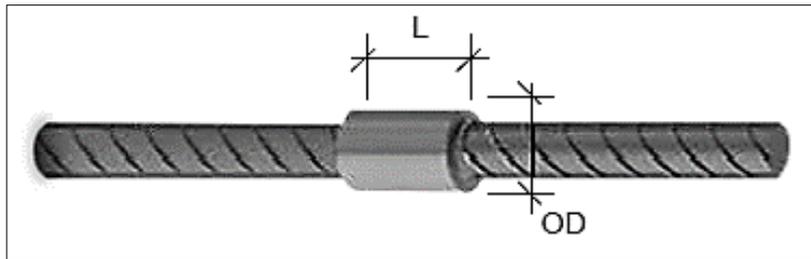
Según la Investigación de Reyes D. y Robles I. (2021, p. 23) Se afirma que se utiliza con frecuencia para empalmar aceros de diámetro grande (# 6 o más). Deberán desarrollar al menos el 125% f_y . En la actualidad, los empalmes mecánicos se utilizan con más frecuencia y presentan mayor seguridad que los empalmes soldados.

Los empalmes por conector mecánico tendrán la característica de fijación cuando esta encuentre el acañamiento entre conector y barra de acero, de tal manera que será en este momento cuando el conjunto no pueda retornar a su estado independiente debido a que el acañamiento ejercerá la presión suficiente que este empalme ceda frente alguna fuerza que lo debilite.

De acuerdo a la Corporación de Aceros Arequipa S.A. (2022) define las dimensiones de su producto de Conector BARTEC el cual se presenta en la siguiente Figura 9 y en Tabla 7.

Figura 9

Esquema de empalme tipo I por conector mecánico



Fuente: Tomado de “Ficha Técnica BARTEC” Corporación de Aceros Arequipa S.A. (2020, p. 5)
Nota: Esquema de empalme por conector mecánico y sus dimensiones

Tabla 7

Dimensiones del conector mecánico

Diámetro	Dimensiones (mm)	
	OD	L
1/2”	20	28
5/8”	26	44
3/4”	31	52
1”	39	66
1 3/8”	55	90

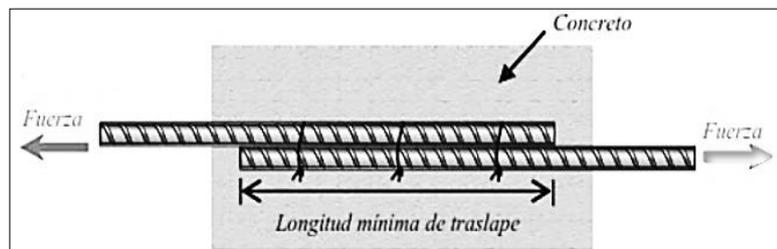
Fuente: Tomado de “Ficha Técnica BARTEC” Corporación Aceros Arequipa S.A. (2020, p. 5), <https://acerosarequipa.com/pe/>
Nota: Dimensiones de conector mecánico

2.3.2. Empalme tipo II por traslape

Según la Investigación de Cieza J. (2018, PP. 6-7) refiere que los empalmes por traslapes consisten en juntar dos varillas de acero corrugado en contacto con una cierta longitud de traslape. Afirma también que el empalme traslapado en contacto es mejor debido a es posible amarrar mediante alambres. Y seguirá el esquema de acuerdo a la Figura 10.

Figura 10

Esquema de empalme tipo II por traslape



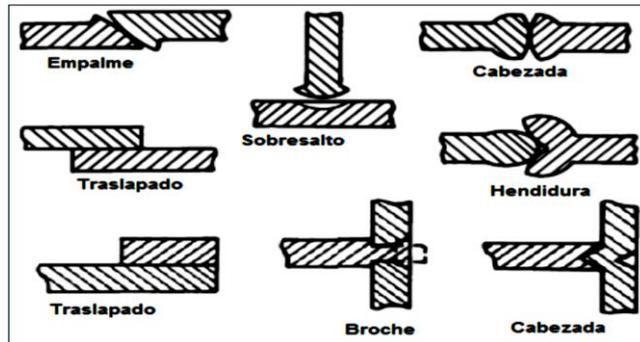
Fuente: Tomado de “Guía de Maestro Constructor” Corporación Aceros Arequipa S.A. (2020, p. 50)

2.3.3. Empalme tipo III por soldadura

De acuerdo a la publicación de López L. (2013, p.10) refiere que empalme consiste en aplicar soldadura directamente los extremos de las barras, colocándolos en contacto directo, mediante soldadura eléctrica o autógena, formando una unión rígida. El empalme por soldadura es un tipo de unión muy común en la construcción metálica y que consiste en unir dos piezas metálicas mediante la aplicación de calor. La soldadura por forja es la unión en estado sólido de piezas a soldar alcanzado temperaturas altas, además que la soldadura requiere la aplicación de presión. Indica también que existen tipos de soldaduras y se muestra en la Figura 11.

Figura 11

Tipos de soldadura entre barras de acero corrugado



Fuente: Tomado de “Soldadura por fricción” López L., 2013, <http://repobib.ubiobio.cl/>

Nota: Tipos de soldadura entre barras de acero

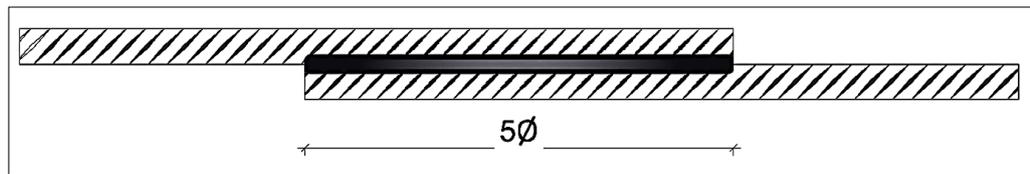
Se sueldan directamente los extremos de las barras, colocándolos en contacto directo, mediante soldadura eléctrica o autógena, formando una unión rígida. El empalme por soldadura es un tipo de unión muy común en la construcción metálica y que consiste en unir dos piezas metálicas mediante la aplicación de calor. Se utiliza principalmente en estructuras de acero como puentes, edificios y torres (López, 2013).

Según la investigación de Villaroel E. (2022) refiere que la facilidad con la que un material, como el acero, puede ser soldado depende de su composición química, especialmente del contenido de carbono. Para evaluar esta soldabilidad, se utiliza el concepto de carbono equivalente (CE), que se calcula mediante una fórmula específica. Este valor CE sirve como guía para seleccionar el método de soldadura adecuado y predecir la dureza de la unión soldada, tomando en cuenta la composición del material base.

Según la investigación de Quezada A. (2010, p. 66) indica que, en su esquema de empalme por soldadura para barras de acero corrugado, como se muestra en la Figura 12.

Figura 12

Esquema de empalme tipo III por soldadura



Nota: Esquema de empalme tipo III por soldadura, donde \emptyset = Diámetro de la varilla de acero corrugado en mm.

Según la norma AWS D1.4/D1.40 Código de soldadura en acero de refuerzo (2011, p. 21) refiere que la aplicación de soldadura en barras de acero de refuerzo estructural para los aceros fabricados bajo la normativa internacional ASTM, indica que, para cada tipo de calidad de acero, este podrá utilizarse una clase de electrodo los cuales se clasifican en: SMAW, GMAW y FCAW.

En la Publicación de Pardo M. “¿Se puede soldar el Acero de Construcción?”, (2021, <https://marcelopardo.com/>), refiere que los procedimientos para aplicar la soldadura serán consiste precalentar las barras de acero y no a temperatura ambiente menor a 18°C. Sugiere utilizar la soldadura tipo SMAW electrodo E9015-X, electrodo E9016-X o E9018-X. Tal como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8

Tipos y calidades de electrodos para soldadura en acero

Especificación de la barra de acero corrugado		Límite de fluencia	Resistencia a la tracción	Especificaciones de electrodo para soldadura de acero
ASTM	Grado	Kg/cm ²	Kg/cm ²	
A615	40	2,800	4,900	SMAW E7015, E7016, E7018, E7028
A615M	300	3,600	5,100	E7015-X, E7016-X, E7018-X
A617	40	2,800	4,900	GAWW
A617M	300	3,600	5,100	ER70S-X
				FCAW E7XT-X
A617M	300	3,600	5,100	SMAW E815-X, E8016-X, E8018-X
A616	50	3,515	5,620	GAWW
A616M	350	3,560	5,600	ER80S-X
A706	60	4,200	5,600	FCAW E8EXTX-X
A615	60	4,200	6,330	SMAW
A615M	420	4,280	6,120	E9015-X, E9016-x, E9018-X
616	60	4,200	6,330	GAWW
616M	420	4,280	6,120	ER90S-X
617	60	4,200	6,330	FCAW
617M	420	4,280	6,120	E9XTX-X
A615	75 ²	5,270	7,030	SMAW E10015-X, E10016-X, E10018-X, 10018-M
A615M	520 ³	5,300	7,140	GAWW ER100S-X
				FCAW A10XTX-X

Fuente: Adoptado de “Código de soldadura en acero de refuerzo”, AWS D1.4/D1.40, 2011, <https://pubs.aws.org/>

Nota: Tipos de electrodos en soldadura para acero de refuerzo.

2.4. MARCO NORMATIVO

- Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA “Reglamento Nacional de Edificaciones” y sus modificatorias.
- ACI 318S-05 “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural”
- ANSI/AWS D1.4 “Código de Soldadura en Acero de Refuerzo”
- ASTM A1034/A1034M “Métodos de Ensayo normalizados para pruebas de Empalmes Mecánicos para Barras de Refuerzo de Acero”
- ASTM E8/E8M “Métodos de Ensayo normalizados para pruebas de Tracción de materiales Metálicos”

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La presente tesis tiene por ubicación en la ciudad de Puno, de acuerdo a la figura 13.

Figura 13

Ubicación de la ciudad de Puno



Fuente: Tomado de “Google Earth”, 2024, <https://earth.google.com/>

Nota: BM ubicado en Parque San Román de la Ciudad de Puno

- Coordenadas geográficas
 - Latitud : -15.841087 S
 - Longitud : -70.029358 O
 - Altitud : 3,857 m s.n.m.

- Coordenadas UTM
 - Zona UTM : 19L
 - Este : 389,775.70
 - Norte : 8'248,372.30

3.2. MATERIALES

3.2.1. Etapa Preliminar

En esta etapa se realiza la compra de los materiales y accesorios necesarios para la fabricación de los especímenes para los tipos de empalmes estudiados en la presente investigación, así mismo encontrar los laboratorios con sus respectivos equipos para ensayos, como se detalla en la Tabla 9.

Tabla 9

Lista de materiales y equipos utilizados

Descripción	Cantidad	Unidad
Varilla de 9 metros de acero corrugado Grado 60 de 1/2"	5.00	Und
Varilla de 9 metros de acero corrugado Grado 60 de 5/8"	5.00	Und
Varilla de 9 metros de acero corrugado Grado 60 de 3/4"	5.00	Und
Alambre negro recocido calibre 16	2.00	Kg
Soldadura electrodo SMAW AWS E7018 DE 3/32"	3.50	Kg
Soldadura electrodo SMAW AWS E7018 DE 1/8"	3.50	Kg
Barra de 6 metros de acero SAE 1045 1 1/4"	1.00	Und
Maquina universal de ensayo METROTEC modelo MTE-300	1.00	Und
Maquina universal de ensayo INSTRON modelo 23-100	1.00	Und
Máquina de Soldadura 220 V	1.00	Und
Máquina de Tornería	1.00	Und

Nota: Lista de materiales y equipos utilizados para elaboración y ensayo de especímenes

Los datos recolectados mediante informes de laboratorio seguirán de acuerdo a la Figura 14.

Figura 14

Informes de laboratorio de ensayo a tracción

INFORME :	EMPALMES CON SOLDADURA	
ENSAYO :	TRACCION	
Referencia :		
Cliente :		
Calidad :		
Operario :	admin	
Norma :		
Fecha :	07/12/2023	
Hora :	12:26:08	
Temperatura :		
H.R.% :		
Pedido :	EMPALMES CON SOLDA	

Nota: Modelo de informes o reporte de laboratorio en ensayo a tracción



3.2.2. Etapa de gabinete

Se efectuó la realización de ensayos en laboratorio, obteniendo recomendaciones del laboratorista especialista, así como también de informes y fichas de laboratorio debidamente firmados y validados, para posteriormente ser analizados y procesados en los programas de Excel y SPSS, la recolección de datos fue mediante los siguientes documentos:

- Fichas para analizar datos
- Informe de resultados de laboratorio
- Presentación de resultados y escaneo.
- Panel Fotográfico

3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Tipo de Investigación

Según Sánchez H., et al, (2018) Refiere que existe dos tipos de investigación: básica, pura o fundamental, y aplicada o tecnológica. La investigación básica es la que surge de la curiosidad científica de los humanos por desentrañar los misterios de la naturaleza, el mundo, el universo, la sociedad y el pensamiento, mediante la observación y el análisis lógico. La investigación pura busca descubrir nuevos conocimientos mediante el uso de la lógica. La investigación aplicada se ocupa en resolver los problemas de la vida productiva de la sociedad a partir de la formulación de problemas o hipótesis seguida por la verificación y experimentación. Se llama tecnológico porque el producto de esta investigación no es de conocimiento puro, sino más bien tecnológica porque se



utilizaron sistemas, técnicos, normas, máquinas, equipos, herramientas, según el tipo de investigación.

La investigación es de tipo básica debido a que se busca comprender la comparación de la eficiencia en la utilización del empalme por conector mecánico, por traslape y por soldadura entre varillas de aceros corrugado de $f_y = 4,200$ kg/cm², y teniendo como resultado determinar qué tipo de empalme tiene mayor eficiencia y capacidad para las construcciones en la región Puno.

3.3.2. Nivel de investigación

Según Ruiz C. y Valenzuela M. (2021) define el nivel investigación tiene niveles los cuales se clasificaron según: La profundidad de análisis y el grado de conocimiento que se tiene sobre el tema. El nivel de investigación correlacional es la que abarca más allá de la descripción de solo conocimiento del fenómeno si no a la búsqueda de responder las causas de lo que ocasiona la variación física por métodos o el material mismo que se utilizó para que cause un resultado diferente. A su vez, para esta investigación se usa una metodología cuantitativa.

El nivel de investigación es correlacional, de tal forma así analizar de manera detallada la relación que existe entre los tipos de empalmes en resistencia a la tracción para varillas de acero corrugado de diámetros de 1/2", 5/8" y 3/4".

3.3.3. Enfoque de investigación

Según Hernandez R., et al (2014) indican que el enfoque cuantitativo tiene la característica de utilizar variables de medir con valores numéricos y utiliza estadística para la prueba de la hipótesis. El enfoque cualitativo tiene la característica de utilizar variables que no se pueden asociar a valores numéricos, utiliza la recolección de datos para responder la pregunta de la investigación y



permite plantear nuevas interrogantes. Así mismo manifiesta que la investigación tiene dos enfoques, los cuales también se pueden llegar a combinar ambos enfoques teniendo el mixto; el enfoque cuantitativo manifiesta que es un proceso en el cual se emplean las mediciones que tengan valores numéricos, utilizando la observación de todo el proceso para almacenar esos datos en la recolección de datos, así poder responder la problemática de investigación, el problema también es delimitado de forma concreta y precisa teniendo una delimitación de las variables.

La presente investigación tiene un enfoque mixto (cualitativo – cuantitativo) debido a que se obtendrán valores numéricos para la determinación de la resistencia a la tracción de los tipos de empalmes y realizar su comparación y de tal manera este dato utilizarlo para identificar nominalmente la eficiencia del empalme.

3.3.4. Diseño de investigación

Sefun Espinoza E. (2018) refiere que el diseño experimental verifica las hipótesis específicas con estudios donde determinar el vínculo de causa y efecto de las variables, realizando así mediciones de datos de una o más variables.

De acuerdo a Hernandez R., et al (2014) manifiestan que el diseño no experimental se define cuando no se manipula las variables, sino solo se verifican u observan en su contexto natural para su análisis.

Para el caso de la investigación, fue de diseño experimental porque hay una causa que es la carga a tracción dando el efecto donde ocurre la falla de la variable en los tres tipos de empalmes, para los cuales se buscó el porqué de sus diferencias tomando los datos de laboratorio como la longitud de empalme.



3.3.5. Línea de Investigación

En la presente tesis se ha identificado que los tipos de empalmes en varillas de acero corrugado que menciona la norma N.T.E. E.060 Concreto Armado de la R.N.E. que existen el sistema de empalmes traslapados, y también los empalmes soldados y mecánicos. Dichas alternativas para efectuar el empalme en el acero corrugado de refuerzo, deben cumplir cierta característica las cuales son la de transferencia de cargas para su correcto comportamiento. Así mismo se requiere determinar las deficiencias para cada tipo de empalme y de tal manera se determine cuál de ellos serán de aplicación al momento de tomar la decisión para su ejecución en las construcciones.

La línea de investigación viene a ser la eficiencia de los empalmes en el acero de refuerzo.

3.4. POBLACION Y MUESTRA

3.4.1. Población

Según la publicación de Danel O. (2015) “La población es la base de nuestra investigación, el grupo que queremos comprender y sobre el que queremos hacer generalizaciones”

Para la población se tomó la recomendación de la norma ACI 318S-14 porque es el principal reglamento para concreto estructural donde se emplean empalmes, sin embargo, esta norma no indica la población que se debe emplear, por lo cual la norma AC 133 nos benefició como ayuda para la determinación de la población porque indica el número de ensayos por tipo de empalme y diámetro que se debe realizar.

La población está conformada por 45 especímenes de empalmes de varillas corrugadas de acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ que se determinó con la muestra para los ensayos de los empalmes por conector mecánico, traslape y soldadura, según los diámetros en dicho estudio.

3.4.2. Muestra

De acuerdo a Hernandez R., et al (2014) La muestra es esencialmente un grupo más pequeño tomado de una población más grande. Es como un subconjunto de elementos que comparten las mismas características que el grupo más grande, al que llamamos población.

De acuerdo a la Norma AC 133 Criterios de aceptación del sistema de conectores mecánicos para armaduras de Acero (2010, p.3), refiere que el empalme por conector mecánico para cada tamaño de varilla de acero corrugado, se deberá realizar como mínimo 5 ensayos.

Para la investigación, se detalló el número de ensayos y el número de especímenes en la siguiente Tabla 10.

Tabla 10

Cantidad de especímenes para ensayo a la tracción

Ensayo	Diámetro de varilla	Tipo de Empalme			N° de Ensayos
		Tipo I por conector mecánico	Tipo II por traslape	Tipo III por soldadura	
Tracción en el acero	1/2"	5	5	5	15
	5/8"	5	5	5	15
	3/4"	5	5	5	15
	Total	15	15	15	45

Nota: El total de especímenes elaborados fueron de 45 unidades, las cuales tienen el esquema de cada tipo de empalme a estudiar, por requerimiento de los encargados de laboratorio de ensayos de materiales, el espécimen tendrá una longitud máxima de 500 mm



3.4.3. Muestreo

Según Ruiz C. y Valenzuela M. (2021) Es el procedimiento para obtener una muestra de población finita o infinita dependiendo con el objetivo de obtener sus valores paramétricos. El muestreo No Probabilístico tiene la característica de seleccionar su muestra por conveniencia, por intención y por cuotas

Para la presente investigación, se optó que el muestreo será no probabilístico.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. Técnicas

De acuerdo a Hernandez R., et al (2014) Las técnicas de recopilación de datos son los métodos y herramientas que utilizan los investigadores para recopilar información para la investigación o el análisis.

3.5.1.1. Análisis de la información

Para esta técnica se empleó la recopilación de normas, revistas, repositorios, tesis, artículos y libros referentes al tema de empalme por conector mecánico, por traslape y por soldadura, teniendo como referencia los objetivos específicos que se desea alcanzar, para tener el procedimiento a seguir, así como del análisis del resultado obtenido para que se llegue al más óptimo resultado final y sean aceptables.

3.5.1.2. Observación Directa

Esta técnica nos permitió tomar datos a través de la recopilación de los registros que se muestren en el laboratorio del ensayo que se realice de los empalmes por conector mecánico, por traslape y por soldadura.

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

En el ámbito de la investigación, el autor destaca la importancia de los instrumentos, tanto físicos como virtuales, ya que permiten a los investigadores recopilar datos y cuantificar variables. Córdova (2018).

En la presente investigación, se busca encontrar la resistencia a la tracción de los tipos de empalmes como variable. Para ello, se utilizó el instrumento para recopilar estos datos en el laboratorio, mediante la ficha de observación de datos y gráficas, para evaluar la eficiencia mediante el uso del programa Excel.

3.6. VARIABLES

- Variable independiente: Eficiencia
- Dimensión: Empalme Tipo I por conector mecánico, Empalme Tipo II por traslape, Empalme Tipo III por soldadura
- Indicadores: Relación R_u/f_y , Calidad del acero, Capacidad del empalme
- Escala de medición: Razón.
- Variable dependiente: Resistencia a la tracción
- Dimensión: Resistencia a tracción y fluencia de acero
- Indicadores: Límite de Fluencia, Carga ultima, Rotura
- Escala de medición: Razón.

De tal manera que en la Tabla 11, se puede verificar el cuadro de operacionalización de variables

Tabla 11

Operacionalización de variables

Variables	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Escala de medición	
V.I. Eficiencia	La Eficiencia es la comparación de la capacidad del Tipo de Empalme como unión entre barras de acero corrugado de 1/2", 5/8" y 3/4". Sujeto a esfuerzos de tracción.	Empalme Tipo I por Conector Mecánico	Relación R_u/f_y	Bueno	Ordinal	
		Empalme Tipo II por Traslape	Calidad del acero	Regular		
		Empalme Tipo III por Soldadura	Correlación	Deficiente		
V.D. Resistencia a la Tracción	La Resistencia a la Tracción es la capacidad máxima de un conjunto de elementos los cuales serán sometidos a esfuerzos de tracción mediante el estiramiento y determinando su máxima fuerza que esta pueda soportar hasta llegar a su rotura.	Varilla de acero corrugado de 1/2"	Límite de Fluencia	kg/cm ²	Razón	
		Varilla de acero corrugado de 5/8"				Carga Ultima
		Varilla de acero corrugado de 3/4"				Rotura



3.7. PROCEDIMIENTOS

En la presente investigación, se enfatizó constituir las muestras de acuerdo a las exigencias fijadas dentro de los lineamientos para establecer el presente estudio comparativo, de tal manera que al identificar los métodos o tipos de empalme que se quiere probar mediante ensayo de laboratorio, se determinó fijar el procedimiento para la investigación de diseño experimental. Para ello se ha definido por etapas para los procedimientos efectuados en la presente investigación.

Como alcance como etapa preliminar se indago el laboratorio de materiales donde se efectuarán los ensayos de tracción, en la cual se hizo las consultas en las ciudades de Puno y Juliaca de la Región donde se tuvo como la dificultad de no encontrar una entidad, institución o empresa que preste el servicio para el presente proyecto debido a que no cuentan con la especialidad, ni tampoco con los equipos necesarios para el ensayo.

Es por ello, que se decidió en realizar la indignación en las vecinas regiones como Arequipa y Moquegua. Como primer laboratorio para la realización del ensayo para varillas de acero corrugado de diámetro de 1/2" para los empalmes Tipo I, Tipo II y Tipo III; En varillas de acero corrugado de diámetro de 5/8" para el empalme Tipo II y en varillas de acero corrugado de diámetro de 3/4" para el empalme Tipo II. Se opto con el laboratorio de Ensayo de Materiales del Programa de Ingeniería de Materiales de la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, a cargo del Dr. Elmer Antonio Mamani Calcina. En una entrevista, dio las indicaciones para efectuar el ensayo de tracción en acero se tienen que cumplir con los requerimientos, los cuales se muestran en la Tabla 12 y Figura 15.

Tabla 12

Características de maquina universal de laboratorio UNSA

Descripción	Característica
Maquina Universal de Ensayos, marca INSTRON Modelo 23-100	Capacidad de 100 kN
Velocidad de Ensayo	10 mm/min
Peso	766 Kg
Dimensiones (Alto x Ancho x Largo)	2,393 x 1,124 x 779 mm
Potencia Máxima	1.5 Kw
Requerimiento de Laboratorio	Característica
Longitud Máxima de Espécimen	500 mm
Extremos de Espécimen	Acabado Liso
Eje de Espécimen	Alineado

Fuente: Tomado de “Maquinas Universales Electromecánicas” INSTRON, 2017, <https://www.instron.com/>

Nota: Requerimiento de laboratorio dados por indicaciones de especialista encargado.

Figura 15

Maquina universal de ensayos INSTRON 23-100



Nota: Laboratorio de Ensayo de Materiales del Programa de Ingeniería de Materiales, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa

Como segundo laboratorio para la realización del ensayo de tracción en acero para varillas de acero corrugado de diámetro de 5/8” para los empalmes tipo I y tipo III y para varillas de acero corrugado de diámetro de 3/4” para los empalmes tipo I y tipo III. Se optó por el laboratorio de ensayos del Programa de Académico de Mecánica de

Producción Industrial del Instituto José Carlos Mariátegui de Moquegua, a cargo del Mgr. Julio Modesto Laura Curasi. Mediante una entrevista, dio indicaciones para cumplir con los requerimientos, los cuales se muestran en la siguiente Tabla 13 y Figura 16.

Tabla 13

Características de maquina universal de laboratorio I.E.S.T.P.

Descripción	Característica
Maquina Universal de Ensayos, marca METROTEC modelo MTE-300	Capacidad de 300 kN
Velocidad de Ensayo	500 mm/min
Peso	1,205 Kg
Dimensiones (Alto x Ancho x Largo)	2,220 x 1,170 x 685 mm
Potencia Máxima	3.3 Kw
Requerimiento de Laboratorio	Característica
Longitud Máxima de Espécimen	500 mm
Extremos de Espécimen	Acabado Liso
Eje de Espécimen	Alineado

Fuente: Tomado de “Maquinas Universales de Ensayos para Materiales Tenaces” METROTEC, 2019, <https://techlabsystems.com/>

Nota: Requerimiento de laboratorio dados por indicaciones de especialista encargado.

Figura 16

Maquina Universal de Ensayos METROTEC MTE-300



Nota: Taller de Ensayo de Materiales del Programa de Mecánica de Producción Industrial, I.E.S.T.P. José Caros Mariátegui de Moquegua

3.7.1. Empalme tipo I por conector mecánico

3.7.1.1. Etapa preliminar y adquisición de materiales

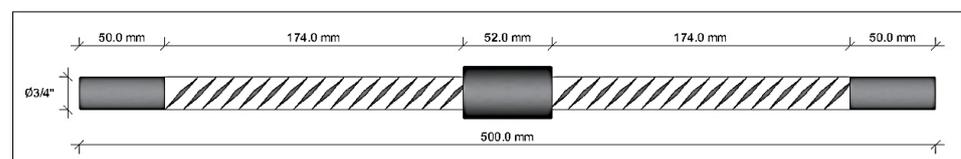
Se realizó la adquisición de varillas de acero corrugado ASTM A615 Grado 60, $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ para los diámetros de 1/2", 5/8" y 3/4" de longitudes de 9 metros lineales comerciales, los cuales se obtuvieron de proveedoras del fabricante Corporación Aceros Arequipa S.A. Así mismo, se hizo de adquisición de una barra lisa SAE 1045 de diámetro de 1 1/4", el cual será utilizado para la fabricación de conector mecánico roscado. Se busco un taller de tornería implementado con los equipos necesarios para su confección.

3.7.1.2. Etapa de elaboración y confección del espécimen

Como primer paso, se elaboró el esquema y dibujo del espécimen para el empalme tipo I por conector mecánico, el cual se muestra en la Figura 17, Figura 18 y Figura 19.

Figura 17

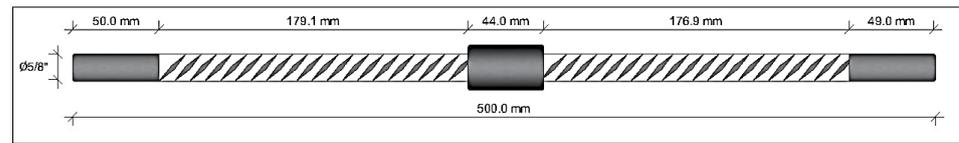
Dibujo de empalme tipo I por conector mecánico en varillas de 3/4"



Nota: Esquema propio de empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 3/4" con dimensiones.

Figura 18

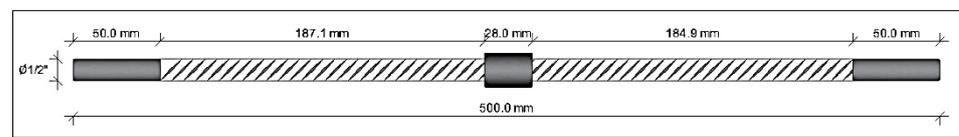
Dibujo de empalme tipo I por conector mecánico en varillas de 5/8"



Nota: Esquema propio de empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 5/8" con dimensiones.

Figura 19

Dibujo de empalme tipo I por conector mecánico en varillas de 1/2"



Nota: Esquema propio de empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 1/2" con dimensiones.

Como segundo paso, en el taller de tornería se inició con el cortado de las varillas de acero corrugado de acuerdo al dibujo de esquema, utilizando discos de corte y amoladoras

Como tercer paso, se procede a trazar los ejes para seguir con el centrado y taladrado en máquina de tornería para agujeros de diámetro interior del conector mecánico respetando dimensiones tomadas y adaptadas de la "Ficha Técnica BARTEC" Corporación Aceros Arequipa S.A. (2020, p. 5). Utilizando brocas de menor a mayor diámetro hasta encontrar el diámetro exterior de la cavidad interior de conector mecánico requerido como se muestra en la Figura 20.

Figura 20

Fabricación de conector mecánico

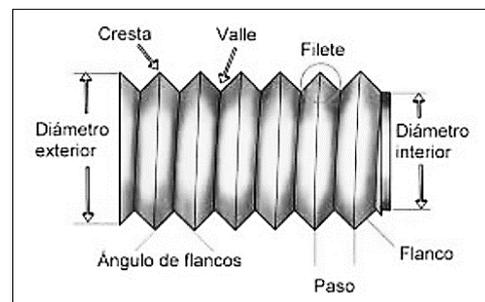


Nota: Conector mecánico elaborado de forma propia para varillas de 1/2", 5/8" y 3/4"

Como cuarto paso, se procede a realizar el roscado UNC centrando la cuchilla de torno y otorgándole las características de cresta, ángulo de flanco, flanco y filete, como se muestra en la Figura 21.

Figura 21

Esquema de roscado UNC para conector mecánico



Fuente: Tomado de "Ficha Técnica Roscas UNC y UNF", BM BULMETAL, 2023, <https://www.bbulmetal.com.ar/>

Nota: Tipo de roscado UNC aplicado en conector mecánico para empalme tipo I

Como quinto paso, se procede a darle un tratamiento térmico de temple del acero de conector mecánico a horno de fragua a alta temperatura de 855°C por alrededor de 10 a 15 minutos para luego ser enfriado en aceite automotriz. Por consiguiente, se realiza el tratamiento de revenido del acero del conector mecánico calentando a baja temperatura de 300°C para luego dejar enfriar a temperatura ambiente. Estos procedimientos se

efectuaron con el objetivo de otorgar mayor dureza, tenacidad y propiedades mecánicas como se muestra en la Figura 22.

Figura 22

Proceso de tratamiento térmico al conector mecánico



Nota: Tratamiento en fragua para forjar los conectores mecánicos

Como sexto paso, se inicia con el cortado de la varilla de acero corrugado en dimensiones de acuerdo a esquema de dibujo en la figura 17, figura 18 y figura 19. Se procede a realizar el procedimiento de embuchado en los extremos de la varilla de acero corrugado calentando a alta temperatura de 900°C y aplicar fuerzas en forma de golpes en ambos extremos hasta que se forme un diámetro excedente, para luego dejar enfriar a temperatura ambiente. De tal manera que el paso anterior, se realiza el procedo de roscado UNC en el extremo a empalmar de la varilla de acero corrugado obteniendo el acople con el conector mecánico elaborado. Así mismo el otro extremo de la barra al otorgarle excedente diámetro se realiza la rebaja mediante la cuchilla de torno hasta encontrar el mismo diámetro de la varilla de acero corrugado. Esto por requerimiento de laboratorio el cual indica que los extremos deberán tener un acabado

liso con una longitud de 50 mm suficientes para que los cabezales de la maquina universal de ensayos tengan suficiente superficie limpia para su sujeción segura. De tal manera se consiguió elaborar los especímenes para el empalme tipo I como se muestra en la Figura 23, Figura 24 y Figura 25.

Figura 23

Espécimen en empalme tipo I por conector mecánico en varillas de 1/2”



Nota: Producto de elaboración y confección de espécimen de longitud de 500 mm, para empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 1/2”, es necesario resaltar el acabado liso de los extremos con una longitud de 50 mm de tal manera las mordazas de la maquina universal de ensayo pueda sujetar uniformemente y llevar correctamente el ensayo a tracción en acero.

Figura 24

Espécimen en empalme tipo I por conector mecánico en varillas de 5/8"



Nota: De la misma forma que el empalme tipo I por conector mecánico de la figura 23, con la diferencia que este para varillas de acero corrugado de 5/8"

Figura 25

Espécimen en empalme tipo I por conector mecánico en varillas de 3/4"



Nota: De la misma forma que el empalme tipo I por conector mecánico de la figura 23, con la diferencia que este para varillas de acero corrugado de 3/4"

3.7.1.3. Etapa de evaluación y ensayo de tracción en acero

En esa etapa, los especímenes fueron sometidos a ensayo de tracción en laboratorio de ensayo de materiales de tal forma como se manifiesta siguiendo las indicaciones del encargado mediante la maquina universal de ensayos, siendo esta la que sujeta en los extremos por las mordazas y aplicar los esfuerzos de tracción hasta llegar a su rotura, como se muestra en la Figura 26, Figura 27 y Figura 28.

Figura 26

Ensayo de empalme tipo I por conector mecánico para varillas de 1/2”



Nota: Proceso de ensayo a tracción en acero, para el espécimen de empalme tipo I por conector mecánico en varillas de acero corrugado de 1/2”, velocidad de ensayo 10 mm/min. Laboratorio de ensayo de materiales UNAS de Arequipa.

Figura 27

Ensayo de empalme tipo I por conector mecánico para varillas de 5/8"



Nota: Proceso de ensayo a tracción en acero, para el espécimen de empalme tipo I por conector mecánico en varillas de acero corrugado de 5/8", velocidad de ensayo 500 mm/min. Laboratorio de ensayo de I.E.S.T.P José Carlos Mariátegui de Moquegua.

Figura 28

Ensayo de empalme tipo I por conector mecánico para varillas de 3/4"



Nota: Proceso de ensayo a tracción en acero, para el espécimen de empalme tipo I por conector mecánico en varillas de acero corrugado de 3/4", velocidad de ensayo 500 mm/min. Laboratorio de ensayo de I.E.S.T.P José Carlos Mariátegui de Moquegua.

3.7.1.4. Recolección de datos y observación del espécimen

Luego de haber realizado los ensayos de tracción correspondientes, se procedió a la recolección de datos mediante informes de laboratorio validado por el especialista encargado, a su vez se pudo observar la rotura del espécimen de empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 1/2", 5/8" y 3/4", como se muestra en la figura 29, figura 30 y figura 31.

Figura 29

Rotura de espécimen en empalme tipo I para varillas de 1/2"



Nota: Especímenes ensayados que desarrollaron la resistencia a la tracción mediante la lectura de la carga ultima antes de la rotura del espécimen de empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 1/2".

Figura 30

Rotura de espécimen en empalme tipo I para varillas de 5/8"



Nota: Especímenes ensayados que desarrollaron la resistencia a la tracción mediante la lectura de la carga ultima antes de la rotura del espécimen de empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 5/8".

Figura 31

Rotura de espécimen en empalme tipo I para varillas de 3/4"



Nota: Especímenes ensayados que desarrollaron la resistencia a la tracción mediante la lectura de la carga ultima antes de la rotura del espécimen de empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 3/4"

3.7.2. Empalme Tipo II por traslape

3.7.2.1. Etapa preliminar y adquisición de materiales

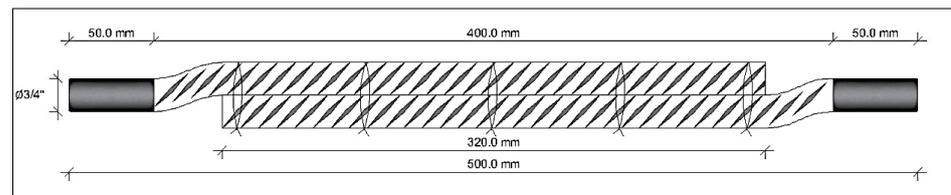
Se realizó la adquisición de varillas de acero corrugado ASTM A615 Grado 60, $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ para los diámetros de 1/2", 5/8" y 3/4" de longitudes de 9 metros lineales comerciales, los cuales se obtuvieron de proveedoras del fabricante Corporación Aceros Arequipa S.A. Así mismo, se hizo alambre negro recocido calibre 16 como elemento de amarre.

3.7.2.2. Etapa de elaboración y confección del espécimen

Como primer paso, se elaboró el esquema y dibujo del espécimen para el empalme Tipo II por traslape, el cual se muestra en la figura 32, Figura 33 y Figura 34.

Figura 32

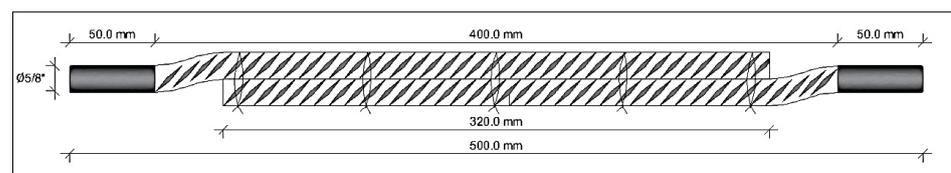
Dibujo de empalme tipo II por traslape en varillas de 3/4"



Nota: Esquema propio de empalme tipo II por traslape para varillas de acero corrugado de 3/4" con dimensiones.

Figura 33

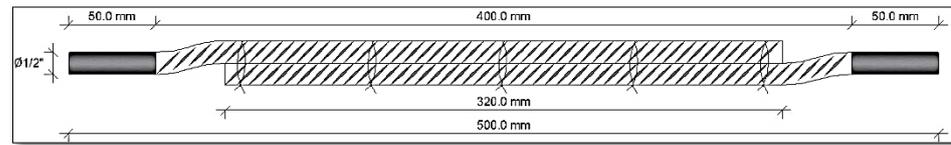
Dibujo de empalme tipo II por traslape en varillas de 5/8"



Nota: Esquema propio de empalme tipo II por traslape para varillas de acero corrugado de 5/8" con dimensiones.

Figura 34

Dibujo de empalme tipo II por traslape en varillas de 1/2"



Nota: Esquema propio de empalme tipo II por traslape para varillas de acero corrugado de 1/2" con dimensiones.

Como segundo paso, en el taller de tornería se procedió a realizar el cortado de las varillas de acero corrugado para los diámetros requeridos, en el esquema del espécimen para empalme Tipo II por Traslape tiene la particularidad de haberle otorgado un ligero dobléz en el acero corrugado debido a que este tiene la propiedad elástica sin romperse, por requerimiento de laboratorio el cual indico que los extremos deben estar alineados en el mismo eje y contener el acabado liso en los mismos para realizar el ensayo. En los extremos se realiza el mismo procedimiento de embuchar el cual consiste en aplicar fuerza en forma de golpes a temperatura alta para luego de otorgar el diámetro excedente y mediante la maquina cortadora de torno, efectuar la rebaja hasta llegar al diámetro requerido de la barra y obedeciendo al acabado liso según laboratorio.

Como tercer paso, se procedió a realizar un doble amarre el cual consiste en sujetar el traslape de contacto directo mediante el tortoleo conocido en la construcción con la mano de obra y herramientas de tal forma obtener el espécimen como se muestra en la Figura 35, Figura 36 y Figura 37.

Figura 35

Espécimen en empalme tipo II por traslape para varillas de 1/2"



Nota: Producto de elaboración y confección de espécimen de longitud de 500 mm, para empalme tipo II por traslape para varillas de acero corrugado de 1/2", es necesario resaltar el acabado liso de los extremos con una longitud de 50 mm de tal manera las mordazas de la maquina universal de ensayo pueda sujetar uniformemente y llevar correctamente el ensayo a tracción en acero.

Figura 36

Espécimen en empalme tipo II por traslape para varillas de 5/8"



Nota: De la misma forma que el empalme tipo II por traslape de la figura 35, con la diferencia que este para varillas de acero corrugado de 5/8"

Figura 37

Espécimen en empalme tipo III por traslape para varillas de 3/4"



Nota: De la misma forma que el empalme tipo II por traslape de la figura 35, con la diferencia que este para varillas de acero corrugado de 3/4"

3.7.2.3. Etapa de evaluación y ensayo a la tracción en acero

En esa etapa, los especímenes fueron sometidos a ensayo de tracción en laboratorio de ensayo de materiales de tal forma como se manifiesta siguiendo las indicaciones del encargado mediante la maquina universal de ensayos, siendo esta la que sujeta en los extremos por las mordazas y aplicar los esfuerzos de tracción hasta llegar a la rotura del espécimen, como se muestra en la Figura 38, Figura 39 y Figura 40.

Figura 38

Ensayo de empalme tipo II por traslape para varillas de 1/2"



Nota: Proceso de ensayo a tracción en acero, para el espécimen de empalme tipo II por traslape en varillas de acero corrugado de 1/2", velocidad de ensayo 10 mm/min. Laboratorio de ensayo de materiales UNSA de Arequipa.

Figura 39

Ensayo de empalme tipo II por traslape para varillas de 5/8"



Nota: Proceso de ensayo a tracción en acero, para el espécimen de empalme tipo II por traslape en varillas de acero corrugado de 5/8", velocidad de ensayo 10 mm/min. Laboratorio de ensayo de materiales UNSA de Arequipa.

Figura 40

Ensayo de empalme tipo II por traslape para varillas de 3/4"



Nota: Proceso de ensayo a tracción en acero, para el espécimen de empalme tipo II por traslape en varillas de acero corrugado de 3/4", velocidad de ensayo 10 mm/min. Laboratorio de ensayo de materiales UNSA de Arequipa.

3.7.2.4. Recolección de datos y observación del espécimen

Luego de haber realizado los ensayos de tracción correspondientes, se procedió a la recolección de datos mediante informes de laboratorio validado por el especialista encargado, a su vez se pudo observar el desprendimiento del elemento de amarre y la no rotura del espécimen de empalme tipo II por traslape para varillas de acero corrugado de 1/2", 5/8" y 3/4", como se muestra en la Figura 41, Figura 42 y Figura 43.

Figura 41

Desprendimiento de espécimen en empalme tipo II para varillas de 1/2"



Nota: Especímenes ensayados que desarrollaron la resistencia a la tracción mediante la lectura de la carga ultima en el momento del desprendimiento del amarre del espécimen de empalme tipo II por soldadura para varillas de acero corrugado de 1/2".

Figura 42

Desprendimiento de espécimen en empalme tipo II para varillas de 5/8"



Nota: Especímenes ensayados que desarrollaron la resistencia a la tracción mediante la lectura de la carga ultima en el momento del desprendimiento del amarre del espécimen de empalme tipo II por soldadura para varillas de acero corrugado de 5/8".

Figura 43

Desprendimiento de espécimen en empalme tipo II para varillas de 3/4"



Nota: Especímenes ensayados que desarrollaron la resistencia a la tracción mediante la lectura de la carga última en el momento del desprendimiento del amarre del espécimen de empalme tipo II por soldadura para varillas de acero corrugado de 3/4".

3.7.3. Empalme tipo III por soldadura

3.7.3.1. Etapa preliminar y adquisición de materiales

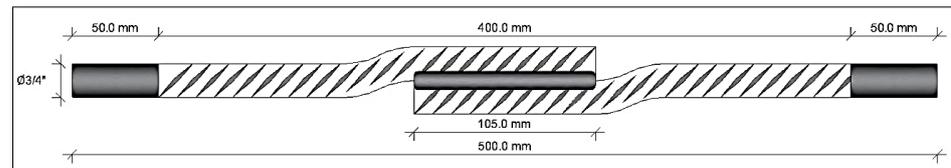
Se realizó la adquisición de varillas de acero corrugado ASTM A615 Grado 60, $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ para los diámetros de 1/2", 5/8" y 3/4" de longitudes de 9 metros lineales comerciales, los cuales se obtuvieron de proveedoras del fabricante Corporación Aceros Arequipa S.A. Así mismo se realizó la adquisición de la soldadura E7018 de marca Supercito de 3/32" y marca Nazca de 1/8" las cuales son las que en el mercado se encontraron más cercanos de lo recomendado por la norma AWS D1.4/D1.4M del código de soldadura en acero de refuerzo

3.7.3.2. Etapa de elaboración y confección del espécimen

Como primer paso, se elaboró el esquema y dibujo del espécimen para el empalme tipo III por soldadura, el cual se muestra en la Figura 44, Figura 45 y Figura 46.

Figura 44

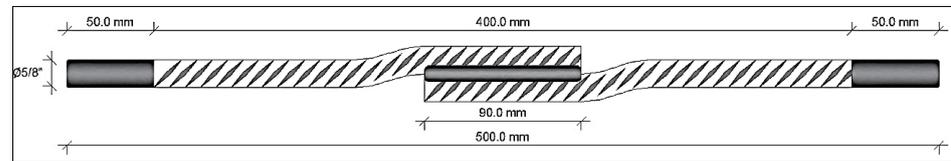
Dibujo de empalme tipo III por soldadura para Varillas de 3/4"



Nota: Esquema propio de empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado de 3/4" con dimensiones.

Figura 45

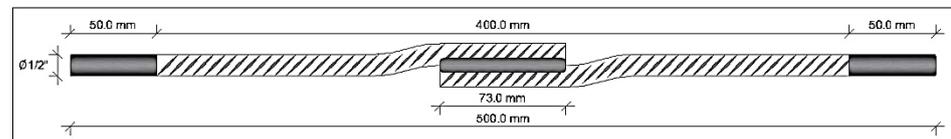
Dibujo de empalme tipo III por soldadura para Varillas de 5/8"



Nota: Esquema propio de empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado de 5/8" con dimensiones.

Figura 46

Dibujo de empalme tipo III por soldadura para Varillas de 1/2"



Nota: Esquema propio de empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado de 1/2" con dimensiones.

Como segundo paso, en el taller de tornería se procedió a realizar el cortado de las varillas de acero corrugado para los diámetros requeridos, en el esquema del espécimen para empalme Tipo III por soldadura tiene la particularidad de haberle otorgado un ligero dobléz en el acero corrugado

debido a que este tiene la propiedad elástica sin romperse, por requerimiento de laboratorio el cual indico que los extremos deben estar alineados en el mismo eje y contener el acabado liso en los mismos para realizar el ensayo. En los extremos se realiza el mismo procedimiento de embuchar el cual consiste en aplicar fuerza en forma de golpes a temperatura alta para luego de otorgar el diámetro excedente y mediante la maquina cortadora de torno, efectuar la rebaja hasta llegar al diámetro requerido de la barra y obedeciendo al acabado liso según laboratorio.

Como tercer paso, en la zona donde se realizar el contacto directo traslapado el cual tendrá una longitud proporcional a cinco veces el diámetro de la varilla de acero corrugado, de tal manera que esta zona se le otorgará el tratamiento de precalentar alrededor de 260°C para luego aplicar la soldadura en ambos lados del contacto en toda su longitud mediante el electrodo SMAW E7018 y máquina de soldar, como se muestra en la Figura 47 y Figura 48.

Figura 47

Pre calentamiento de varillas y electrodo SMAW E7018



Nota: Pre calentamiento de las varillas de acero corrugado y electrodos, previo a la aplicación de soldadura SMAW E7018.

Figura 48

Soldadura de las varillas en contacto directo



Nota: Aplicación de soldadura SMAW E7018 tipo solapado de contacto directo, para empalme tipo II por soldadura en varillas de acero corrugado.

Como cuarto paso, dejar enfriar a temperatura ambiente para después darle limpiar alguna impureza mediante aplicación de lija de forma manual. Y obtenemos los especímenes como se muestra en la figura 49.

Figura 49

Espécimen empalme tipo III por soldadura en varillas de 1/2", 5/8", 3/4"



Nota: Producto de elaboración y confección de espécimen de longitud de 500 mm, para empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado de 1/2", 5/8" y 3/4", es necesario resaltar el acabado liso de los extremos con una longitud de 50 mm de tal manera las mordazas de la maquina universal de ensayo pueda sujetar uniformemente y llevar correctamente el ensayo a tracción en acero.

3.7.3.3. Etapa de evaluación y ensayo a la tracción en acero

En esa etapa, los especímenes fueron sometidos a ensayo de tracción en laboratorio de ensayo de materiales de tal forma como se manifiesta siguiendo las indicaciones del encargado mediante la maquina universal de ensayos, siendo esta la que sujeta en los extremos por las mordazas y aplicar los esfuerzos de tracción hasta llegar a la rotura del espécimen, como se muestra en la Figura 50, Figura 51 y Figura 52.

Figura 50

Ensayo de empalme tipo III por soldadura para varillas de 1/2"



Nota: Proceso de ensayo a tracción en acero, para el espécimen de empalme tipo III por soldadura en varillas de acero corrugado de 1/2", velocidad de ensayo 10 mm/min. Laboratorio de ensayo de materiales UNSA de Arequipa.

Figura 51

Ensayo de empalme tipo III por soldadura para varillas de 5/8"



Nota: Proceso de ensayo a tracción en acero, para el espécimen de empalme tipo III por soldadura en varillas de acero corrugado de 5/8", velocidad de ensayo 500 mm/min. Laboratorio de ensayo de I.E.S.T.P José Carlos Mariátegui de Moquegua.

Figura 52

Ensayo de empalme tipo III por soldadura para varillas de 3/4"



Nota: Proceso de ensayo a tracción en acero, para el espécimen de empalme tipo III por soldadura en varillas de acero corrugado de 3/4", velocidad de ensayo 500 mm/min. Laboratorio de ensayo de I.E.S.T.P José Carlos Mariátegui de Moquegua.

3.7.3.4. Recolección de datos y observación del espécimen

Luego de haber realizado los ensayos de tracción correspondientes, se procedió a la recolección de datos mediante informes de laboratorio validado por el especialista encargado, a su vez se pudo observar la rotura del espécimen de empalme tipo III por Soldadura de Varillas de acero corrugado de 1/2", 5/8" y 3/4", como se muestra en la Figura 53, figura 54 y figura 55.

Figura 53

Rotura de espécimen en empalme tipo III para varillas de 1/2"



Nota: Especímenes ensayados que desarrollaron la resistencia a la tracción mediante la lectura de la carga última antes de la rotura del espécimen de empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado de 1/2"

Figura 54

Rotura de espécimen en empalme tipo III para varillas de 5/8"



Nota: Especímenes ensayados que desarrollaron la resistencia a la tracción mediante la lectura de la carga ultima antes de la rotura del espécimen de empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado de 5/8".

Figura 55

Rotura de espécimen en empalme tipo III para varillas de 3/4"



Nota: Especímenes ensayados que desarrollaron la resistencia a la tracción mediante la lectura de la carga ultima antes de la rotura del espécimen de empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado de 3/4"



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Resistencia a la tracción del empalme tipo I por conector mecánico

De acuerdo con los datos obtenidos de los ensayos realizados en los laboratorios para la resistencia a la tracción en el empalme por conector mecánico para los diámetros de 1/2", 5/8" y 3/4" en la región de Puno, con un total de 15 especímenes sometidos a esfuerzos de tracción en la maquina universal de ensayos.

4.1.1.1. Para varillas de acero corrugado de 1/2"

Se ensayaron cinco especímenes de empalme por conector mecánico para las varillas de acero corrugado de 1/2" fue ejecutado en el laboratorio de ensayo de Materiales del Programa de Estudios de Ingeniería de Materiales de la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Los ensayos registran datos mediante informes de laboratorio, los cuales se reflejan en la Tabla 14.

Tabla 14

Datos y resultados obtenidos para empalme tipo I en varillas de 1/2"

Especímen	Diámetro	Área	Limite Fluencia	Carga Máxima	Resistencia a la Tracción	Relación			
						A	f_y	F_u	$R_u = F_u/A$
#	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg-F	Kg/cm ²	%	Numérico	Promedio	
1	1.27	1.29	4,200	8,235	6,383.72	151.99	1.52		
2	1.27	1.29	4,200	8,185	6,344.96	151.07	1.51		
3	1.27	1.29	4,200	8,310	6,441.86	153.38	1.53	1.52	Cumple
4	1.27	1.29	4,200	8,203	6,358.91	151.40	1.51		
5	1.27	1.29	4,200	8,245	6,391.47	152.18	1.52		

Nota: Velocidad de ensayo de 10 mm/min, todos los especímenes mostraron roturas dentro del material base de la varilla de acero corrugado y se verifico que el conector mecánico no sufrió alguna deformación o rotura.

4.1.1.2. Para varillas de acero corrugado de 5/8"

Se ensayaron cinco especímenes de empalme por conector mecánico para las varillas de acero corrugado de 5/8" fue ejecutado en el Laboratorio de ensayos del Programa de Académico de Mecánica de Producción Industrial del I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua. Los ensayos registran datos mediante informes de laboratorio, los cuales se reflejan en la Tabla 15.

Tabla 15

Datos y resultados obtenidos para empalme tipo I en varillas de 5/8"

Especímen	Diámetro	Área	Limite Fluencia	Carga Máxima	Resistencia a la Tracción	Relación			
						A	f_y	F_u	$R_u = F_u/A$
#	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg-F	Kg/cm ²	%	Numérico	Promedio	
6	1.5875	1.99	4,200	14,103.20	7,087.04	168.74	1.69		
7	1.5875	1.99	4,200	12,946.09	6,505.57	154.89	1.55		
8	1.5875	1.99	4,200	14,057.91	7,064.27	168.20	1.68	1.66	Cumple
9	1.5875	1.99	4,200	13,964.84	7,017.51	167.08	1.67		
10	1.5875	1.99	4,200	14,111.22	7,091.06	168.83	1.69		

Nota: Velocidad de ensayo de 500 mm/min, todos los especímenes mostraron roturas dentro del material base de la varilla de acero corrugado y se verifico que el conector mecánico no sufrió alguna deformación o rotura.

4.1.1.3. Para varillas de acero corrugado de 3/4"

Se ensayaron cinco especímenes de empalme por conector mecánico para las varillas de acero corrugado de 3/4" fue ejecutado en el Laboratorio de ensayos del Programa de Académico de Mecánica de Producción Industrial del I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua. Los ensayos registran datos mediante informes de laboratorio, los cuales se reflejan en la Tabla 16.

Tabla 16

Datos y resultados obtenidos para empalme tipo I en varillas de 3/4"

Especímen	Diámetro	Área	Límite Fluencia	Carga Máxima	Resistencia a la Tracción	Relación			
		A	f_y	F_u	$R_u = F_u/A$	$R_u/f_y \geq 1.25$			
#	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg-F	Kg/cm ²	%	Numérico	Promedio	Obs.
11	1.905	2.84	4,200	20,194.45	7,110.72	169.30	1.69		
12	1.905	2.84	4,200	19,827.13	6,981.39	166.22	1.66		
13	1.905	2.84	4,200	16,894.76	5,948.86	141.64	1.42	1.67	Cumple
14	1.905	2.84	4,200	19,972.30	7,032.50	167.44	1.67		
15	1.905	2.84	4,200	19,605.57	6,903.37	164.37	1.64		

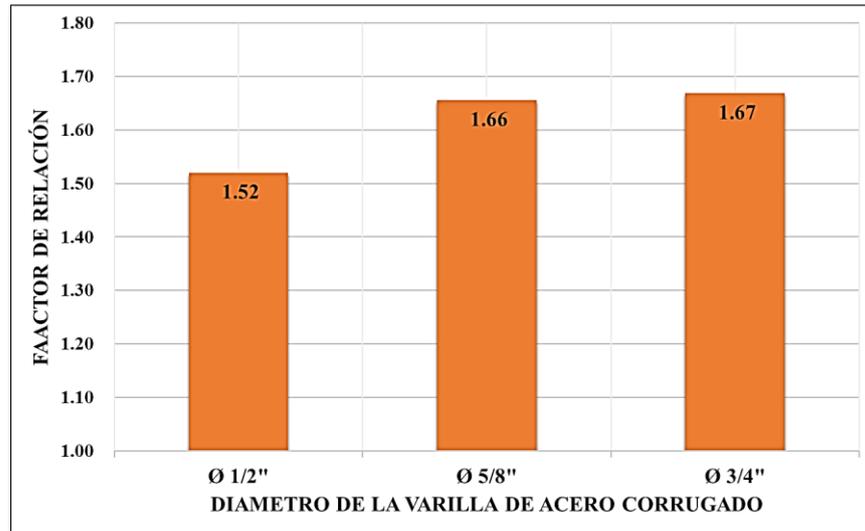
Nota: Velocidad de ensayo de 500 mm/min, todos los especímenes mostraron roturas dentro del material base de la varilla de acero corrugado y se verifico que el conector mecánico no sufrió alguna deformación o rotura.

4.1.1.4. Comparación de los resultados obtenidos

De acuerdo a los datos, se puede mostrar la resistencia a la tracción obtenida de cada espécimen elaborado para el empalme tipo I por conector Mecánico de acuerdo al diámetro de 1/2", 5/8" y 3/4" de varilla de acero corrugado, así también se verifica la resistencia a la tracción R_u que tiene promedios de factor $1.52 f_y$, $1.66 f_y$ y $1.67 f_y$ respectivamente, y se puede representar en el gráfico de barras de la Figura 56 y en el gráfico de dispersión como se muestra en la Figura 57.

Figura 56

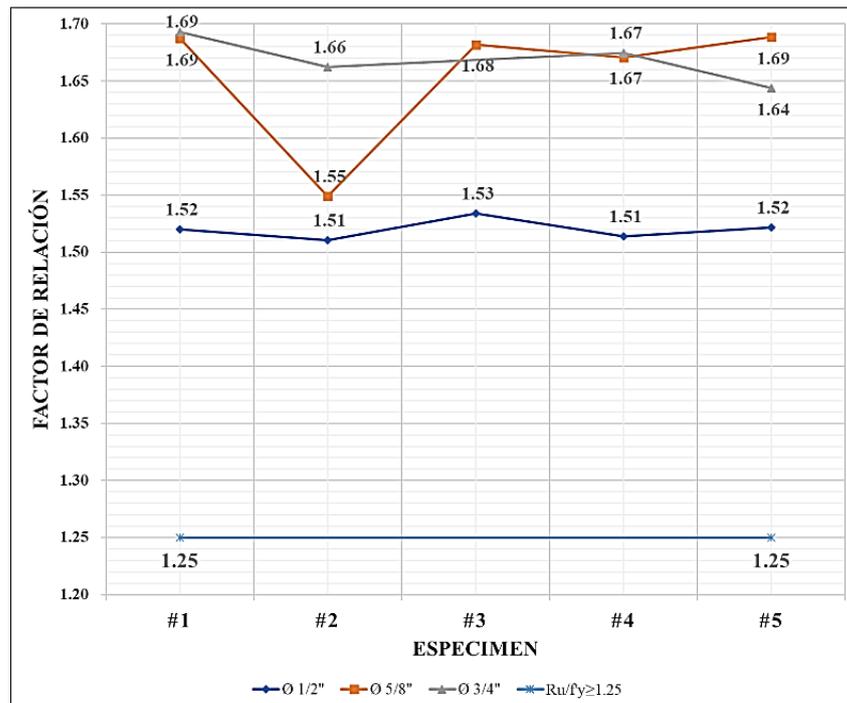
Gráfico de barras de factor de relación del empalme tipo I



Nota: Gráfico de barras donde se muestra la comparación entre los factores de relación promedio obtenido de los resultados entre la resistencia a la tracción R_u y el límite de fluencia del acero f_y de los especímenes de empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado, el cual por reglamento indica que debe de desarrollar 1.25 f_y mínimo de la relación de tensión – fluencia de acero corrugado.

Figura 57

Gráfico de dispersión de factor de relación del empalme tipo I

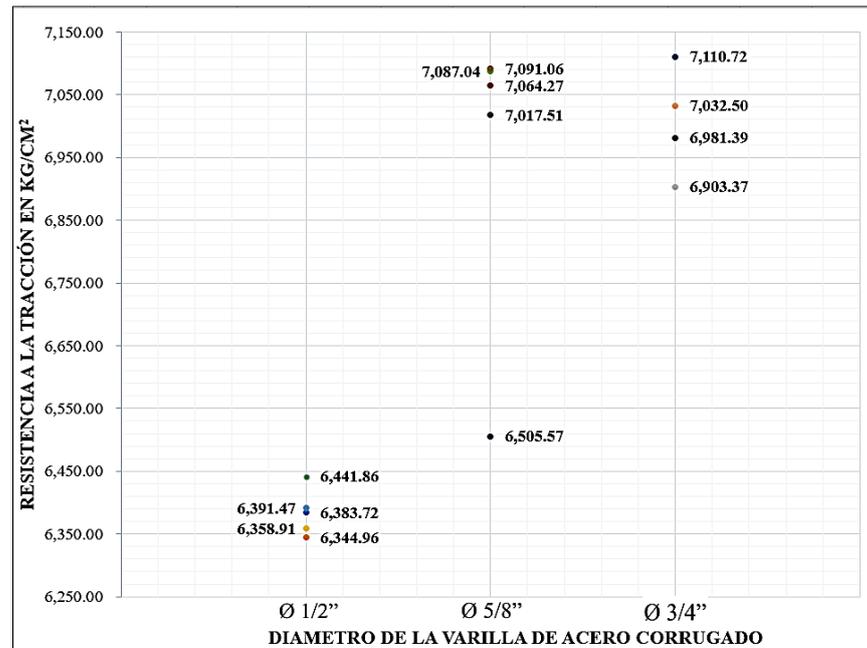


Nota: Gráfico de dispersión donde muestra la comparación del factor de relación individual obtenido por cada espécimen de empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado.

Así mismo se realizó el gráfico de la resistencia a la tracción obtenida en la Figura 58.

Figura 58

Gráfico de comparación de resistencia a la tracción del empalme tipo I



Nota: Gráfico de comparación de la resistencia a la tracción obtenida de los ensayos de tracción en los especímenes de empalme tipo I por conector mecánico en varillas de acero corrugado, se puede observar resultados cercanos a la resistencia a la tracción nominal de $R_u = 6,330 \text{ kg/cm}^2$

Además, se realizó de los datos estadísticos descriptivos los cuales se muestran en la tabla 17.

Tabla 17

Datos estadísticos descriptivos del empalme tipo I

Estadístico descriptivo	Valores
N	14
Media	6,765.31
Mínimo	6,344.96
Máximo	7,110.72
Desviación estándar	330.31
Varianza	109,104.18

Se presenta una estadística descriptiva realizando a los valores obtenidos de resistencia a la tracción de las varillas de aceros corrugado de



diámetros 1/2", 5/8" y 3/4" con empalme tipo I por conector mecánico, en donde "N" representa la cantidad de muestras que son un total de 14 debido a que una muestra se descarta por presentar un error en procedimiento de ensayo, con una media de resistencia a la tracción de 6,765.31 kg/cm². El valor mínimo de Resistencia a la tracción es de 6,344.96 kg/cm² y el valor máximo de resistencia a la tracción es de 7,110.72 kg/cm²; La desviación estándar es de 350.31 y la varianza es de 109,104.18

4.1.1.5. Interpretación

De los ensayos realizados para la determinación de la resistencia a la tracción del empalme tipo I por conector mecánico, se verifico que este sistema de empalme se caracteriza por otorgar la capacidad de unir dos varillas de acero corrugado sin perder las propiedades del acero corrugado Grado 60, a su vez verifico que al seguir los procedimientos de elaboración y fabricación del conector mecánico y darle el tratamiento a la barra de acero corrugado mediante el hilado de las rosca, esta demuestra ser un método practico para la utilización en las construcciones debido a la seguridad y fijación de los aceros al momento de empalmar. En cuanto a la normativa, este cumple al estar por encima del factor de relación entre la resistencia a la tracción y el límite de fluencia mayor al 1.25 f_y .

De los datos estadísticos descriptivos se interpreta que el sistema de Empalme Tipo I por conector mecánico que se tuvo una población de 14 especímenes, en los cuales la desviación estándar de la Resistencia a la Tracción que pueden soportar los especímenes utilizando el empalme por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 1/2", 5/8" y 3/4" de

diámetro, es de 330.31 en promedio y ello indica que la mayor parte de los datos muestran estar agrupados a su media.

4.1.2. Resistencia a la tracción del empalme tipo II por traslape

De acuerdo con los datos obtenidos de los ensayos realizados en los laboratorios para la resistencia a la tracción en el empalme por traslape para los diámetros de 1/2", 5/8" y 3/4" en la región de Puno, con un total de 15 especímenes sometidos a esfuerzos de tracción en la maquina universal de ensayos.

4.1.2.1. Para varillas de acero corrugado de 1/2"

Se ensayaron cinco especímenes de empalme por traslape para las varillas de acero corrugado de 1/2" fue ejecutado en el laboratorio de ensayo de Materiales del Programa de Estudios de Ingeniería de Materiales de la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Los ensayos registran datos mediante informes de laboratorio, los cuales se reflejan en la Tabla 18.

Tabla 18

Datos y resultados obtenidos para empalme tipo II en varillas de 1/2"

Especímen	Diámetro	Área	Limite Fluencia	Carga Máxima	Resistencia a la Tracción	Relación			
		A	f_y	F_u	$R_u = F_u/A$	$R_u/f_y \geq 1.25$	Numérico	Promedio	Obs.
#	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg-F	Kg/cm ²	%			
16	1.27	1.29	4,200	1,067.00	827.13	19.69	0.20		
17	1.27	1.29	4,200	1,162.00	900.78	21.45	0.21		
18	1.27	1.29	4,200	1,029.00	797.67	18.99	0.19	0.20	No
19	1.27	1.29	4,200	969.00	751.16	17.88	0.18		Cumple
20	1.27	1.29	4,200	1,062.00	823.26	19.60	0.20		

Nota: Velocidad de ensayo de 10 mm/min, todos los especímenes mostraron desprendimiento en el elemento de amarre del traslape de varilla de acero corrugado de 1/2"

4.1.2.2. Para varillas de acero corrugado de 5/8"

Se ensayaron cinco especímenes de empalme por traslape para las varillas de acero corrugado de 5/8" fue ejecutado en el laboratorio de ensayo de Materiales del Programa de Estudios de Ingeniería de Materiales de la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Los ensayos registran datos mediante informes de laboratorio, los cuales se reflejan en la Tabla 19.

Tabla 19

Datos y resultados obtenidos para empalme tipo II en varillas de 5/8"

Especímen	Diámetro	Área	Límite Fluencia	Carga Máxima	Resistencia a la Tracción	Relación			
		A	f_y	F_u	$R_u = F_u/A$	$R_u/f_y \geq 1.25$			
#	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg-F	Kg/cm ²	%	Numérico	Promedio	Obs.
21	1.5875	1.99	4,200	1,177.00	591.46	14.08	0.14		
22	1.5875	1.99	4,200	1,084.00	544.72	12.97	0.13		
23	1.5875	1.99	4,200	1,332.00	669.35	15.94	0.16	0.14	No
24	1.5875	1.99	4,200	1,077.00	541.21	12.89	0.13		Cumple
25	1.5875	1.99	4,200	985.00	494.97	11.79	0.12		

Nota: Velocidad de ensayo de 10 mm/min, todos los especímenes mostraron desprendimiento en el elemento de amarre del traslape de varilla de acero corrugado de 5/8"

4.1.2.3. Para varillas de acero corrugado de 3/4"

Se ensayaron cinco especímenes de empalme por traslape para las varillas de acero corrugado de 3/4" fue ejecutado en el laboratorio de ensayo de Materiales del Programa de Estudios de Ingeniería de Materiales de la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Los ensayos registran datos mediante informes de laboratorio, los cuales se reflejan en la Tabla 20.

Tabla 20

Datos y resultados obtenidos para empalme tipo II en varillas de 3/4"

Especímen	Diámetro	Área	Limite Fluencia	Carga Máxima	Resistencia a la Tracción		Relación		
					F_u	$R_u = F_u/A$	$R_u/f_y \geq 1.25$		
#	cm	cm ²	f_y Kg/cm ²	F_u Kg-F	$R_u = F_u/A$ Kg/cm ²	%	Numérico	Promedio	Obs.
26	1.905	2.84	4,200	1,434.00	504.93	12.02	0.12		
27	1.905	2.84	4,200	1,382.00	486.62	11.59	0.12		
28	1.905	2.84	4,200	1,475.00	519.37	12.37	0.12	0.12	No
29	1.905	2.84	4,200	1,335.00	470.07	11.19	0.11		Cumple
30	1.905	2.84	4,200	1,302.00	458.45	10.92	0.11		

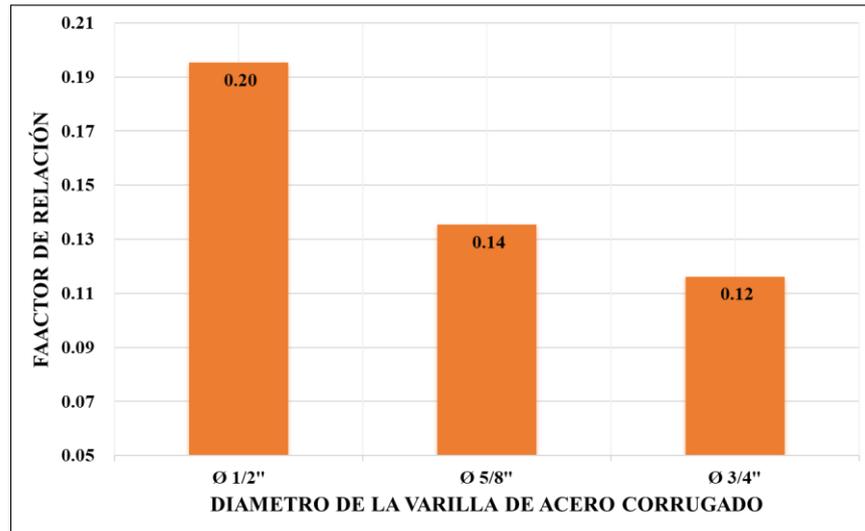
Nota: Velocidad de ensayo de 10 mm/min, todos los especímenes mostraron desprendimiento en el elemento de amarre del traslape de varilla de acero corrugado de 3/4"

4.1.2.4. Comparación de los resultados obtenidos

De acuerdo a los datos, se puede mostrar la resistencia a la tracción obtenida de cada espécimen elaborado para el empalme tipo II por traslape de acuerdo al diámetro de 1/2", 5/8" y 3/4" de varilla de acero corrugado, así también se verifica la resistencia a la tracción R_u que tiene promedios de factor $0.20 f_y$, $0.14 f_y$ y $0.12 f_y$ respectivamente, y se puede representar en el gráfico de barras de la Figura 59 y en el gráfico de dispersión en la Figura 60.

Figura 59

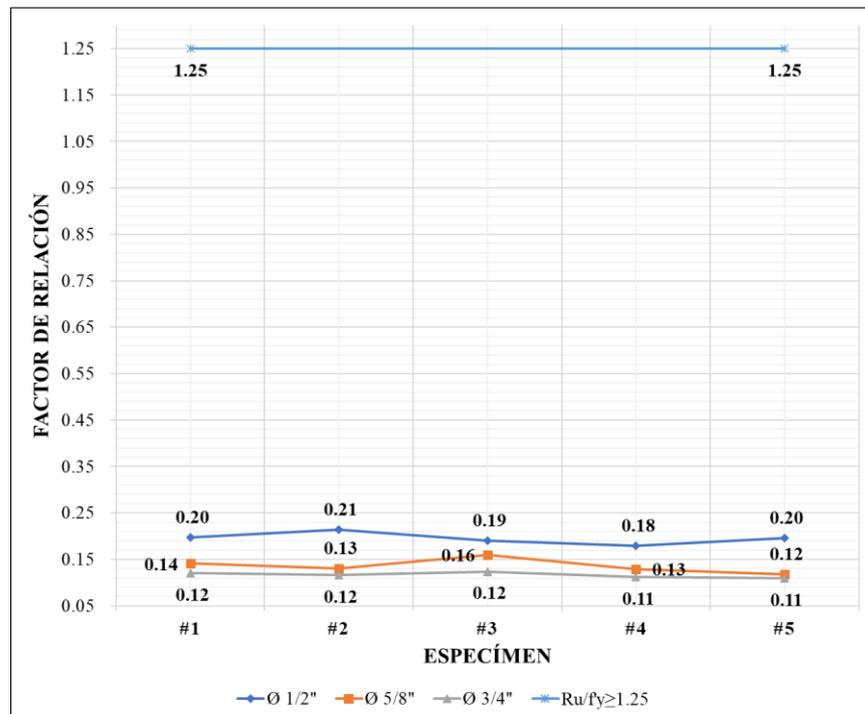
Gráfico de barras de factor de relación del empalme tipo II



Nota: Gráfico de barras donde se muestra la comparación entre los factores de relación promedio obtenido de los resultados entre la resistencia a la tracción R_u y el límite de fluencia del acero f_y de los especímenes de empalme tipo II por traslape para varillas de acero corrugado.

Figura 60

Gráfico de dispersión de factor de relación del empalme tipo II

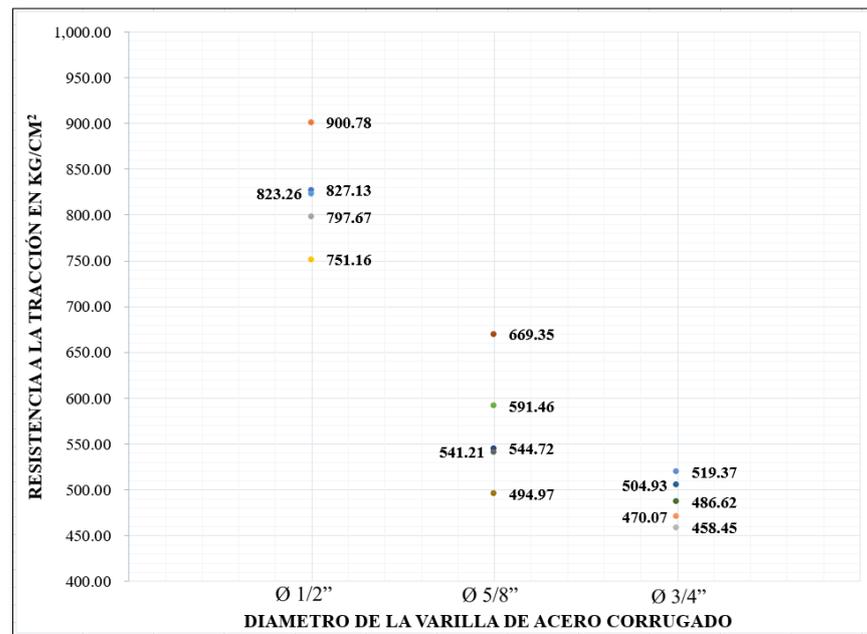


Nota: Gráfico de dispersión donde muestra la comparación del factor de relación individual obtenido por cada espécimen de empalme tipo II por traslape para varillas de acero corrugado.

Así mismo se realizó el gráfico de la resistencia a la tracción obtenida en la Figura 61.

Figura 61

Gráfico de comparación de resistencia a la tracción del empalme tipo II



Nota: Gráfico de comparación de la resistencia a la tracción obtenida de los ensayos de tracción en los especímenes de empalme tipo II por traslape en varillas de acero corrugado, se puede observar resultados muy por debajo a la resistencia a la tracción nominal de $R_u = 6,330 \text{ kg/cm}^2$

Además, que se realizó de los datos estadísticos descriptivos los cuales se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21

Datos estadísticos descriptivos del empalme tipo II

Estadístico descriptivo	Valores
N	15
Media	625.41
Mínimo	458.45
Máximo	900.78
Desviación estándar	153.97
Varianza	23,705.42

Se presenta una estadística descriptiva realizando a los valores obtenidos de resistencia a la tracción de las varillas de aceros corrugado de



diámetros 1/2", 5/8" y 3/4" con Empalme tipo II por traslape, en donde "N" representa la cantidad de muestras que son un total de 15, con una Media de Resistencia a la Tracción de 625.41 kg/cm²; El valor mínimo de resistencia a la tracción es de 458.45 kg/cm² y el valor máximo de resistencia a la tracción es de 900.78 kg/cm²; La desviación estándar es de 153.97 y la varianza es de 23,705.42.

4.1.2.5. Interpretación

De los ensayos realizados para la determinación de la resistencia a la tracción del empalme tipo II por traslape, se verifico que este sistema de empalme no otorga la transferencia de esfuerzos al ser unidos mediante el amarre traslapado, debido a que esta depende del concreto que los embebe al momento de vaciados. De forma independiente este sistema de empalme es deficiente la no otorgar el correcto comportamiento de sus propiedades del acero corrugado. En cuanto a la normativa, esta no indica que deba cumplir con el factor de relación superior a 1.25 f_y , pero con fines comparativos se puede decir que esta es significativamente inferior.

De los datos estadísticos descriptivos se interpreta que el sistema de empalme tipo II por traslape, se tuvo una población de 15 especímenes, en los cuales la desviación estándar de la resistencia a la tracción que pudieron soportar los especímenes utilizando el empalme por traslape para varillas de acero corrugado de 1/2", 5/8" y 3/4" de diámetro, es de 153.97 en promedio y ello indica que la mayor parte de los datos muestran estar agrupados a su media.

4.1.3. Resistencia a la tracción del empalme tipo III por soldadura

De acuerdo con los datos obtenidos de los ensayos realizados en los laboratorios para la resistencia a la tracción en el empalme por soldadura para los diámetros de 1/2", 5/8" y 3/4" en la región de Puno, con un total de 15 especímenes sometidos a esfuerzos de tracción en la maquina universal de ensayos.

4.1.3.1. Para varillas de acero corrugado de 1/2"

Se ensayaron cinco especímenes de empalme por soldadura para las varillas de acero corrugado de 1/2" fue ejecutado en el laboratorio de ensayo de materiales del programa de estudios de Ingeniería de Materiales de la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Los ensayos registran datos mediante informes de laboratorio, los cuales se reflejan en la tabla 22.

Tabla 22

Datos y resultados obtenidos para empalme tipo III en varillas de 1/2"

Especímen	Diámetro	Área	Limite	Carga	Resistencia	Relación			
		A	Fluencia	Máxima	a la	Relación			
#	mm	mm ²	f _y	F _u	R _u =F _u /A	%	Numérico	Promedio	Obs.
31	12.7	129	4,200	4,693.00	3,637.98	86.62	0.87		
32	12.7	129	4,200	6,233.00	4,831.78	115.04	1.15		
33	12.7	129	4,200	6,092.00	4,722.48	112.44	1.12	1.04	No
34	12.7	129	4,200	5,572.00	4,319.38	102.84	1.03		Cumple
35	12.7	129	4,200	5,712.00	4,427.91	105.43	1.05		

Nota: Velocidad de ensayo de 10 mm/min, todos los especímenes mostraron roturas dentro del material base de la varilla de acero corrugado y se dio en el inicio de la longitud de soldadura demostrando pérdida de la propiedad de la ductilidad del acero.

4.1.3.2. Para varillas de acero corrugado de 5/8"

Se ensayaron cinco especímenes de empalme por soldadura para las varillas de acero corrugado de 5/8" fue ejecutado en el laboratorio de

ensayos del Programa de Académico de Mecánica de Producción Industrial del I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua. Los ensayos registran datos mediante informes de laboratorio, los cuales se reflejan en la Tabla 23.

Tabla 23

Datos y resultados obtenidos para empalme tipo III en varillas de 5/8"

Espécimen	Diámetro	Área	Limite Fluencia	Carga Máxima	Resistencia a la Tracción	Relación			
						A	f_y	F_u	$R_u = F_u/A$
#	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg-F	Kg/cm ²	%	Numérico	Promedio	
36	1.5875	1.99	4,200	7,774.37	3,906.72	93.02	0.93		
37	1.5875	1.99	4,200	8,094.85	4,067.76	96.85	0.97		
38	1.5875	1.99	4,200	7,377.47	3,707.27	88.27	0.88	0.92	No
39	1.5875	1.99	4,200	7,365.46	3,701.23	88.12	0.88		Cumple
40	1.5875	1.99	4,200	7,694.56	3,866.61	92.06	0.92		

Nota: Velocidad de ensayo de 500 mm/min, todos los especímenes mostraron roturas dentro del material base de la varilla de acero corrugado y se dio en el inicio de la longitud de soldadura demostrando pérdida de la propiedad de la ductilidad del acero.

4.1.3.3. Para varillas de acero corrugado de 3/4"

Se ensayaron cinco especímenes de empalme por soldadura para las varillas de acero corrugado de 3/4" fue ejecutado en el laboratorio de ensayo de Materiales del Programa de Estudios de Ingeniería de Materiales de la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Los ensayos registran datos mediante informes de laboratorio, los cuales se reflejan en la Tabla 24.

Tabla 24

Datos y resultados obtenidos para empalme tipo III en varillas de 3/4"

Espécimen	Diámetro	Área	Límite Fluencia	Carga Máxima	Resistencia a la Tracción	Relación			
#	cm	A cm ²	f _y Kg/cm ²	F _u Kg-F	R _u =F _u /A Kg/cm ²	%	R _u /f _y ≥ 1.25		Obs.
							Numérico	Promedio	
41	1.905	2.84	4,200	10,492.58	3,694.57	87.97	0.88		
42	1.905	2.84	4,200	9,782.60	3,444.58	82.01	0.82		
43	1.905	2.84	4,200	6,483.52	2,282.93	54.36	0.54	0.87	No
44	1.905	2.84	4,200	11,027.54	3,882.94	92.45	0.92		Cumple
45	1.905	2.84	4,200	10,060.25	3,542.34	84.34	0.84		

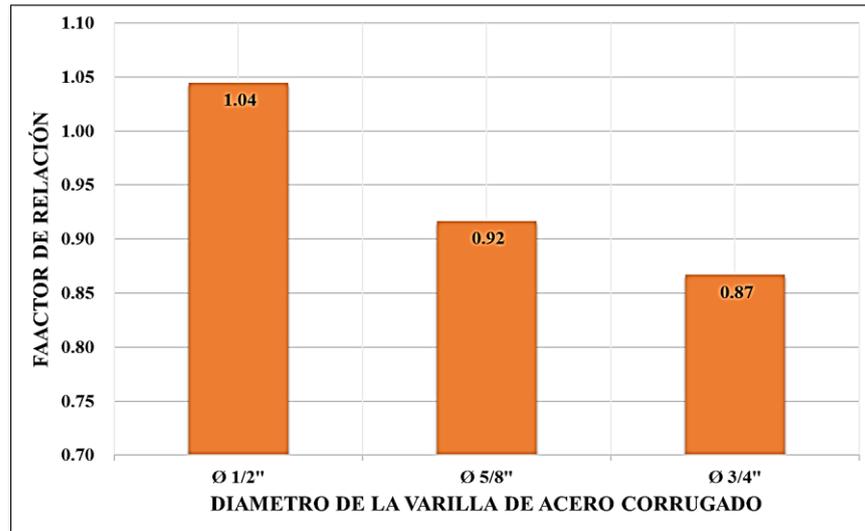
Nota: Velocidad de Ensayo de 500 mm/min, todos los especímenes mostraron roturas en el inicio de la soldadura del material base de la varilla de acero corrugado, observando que la propiedad de ductilidad se recude debido a la alteración de la composición de material. El espécimen #43 durante el procedimiento de ensayo, se observó que tuvo una rotura muy pronta sin llegar a los resultados similares o cercanos de los demás especímenes. Por lo que se descartó para fines de promedio.

4.1.3.4. Comparación de los resultados obtenidos

De acuerdo a los datos, se puede mostrar la resistencia a la tracción obtenida de cada espécimen elaborado para el empalme tipo III por Soldadura de acuerdo al diámetro de 1/2", 5/8" y 3/4" de varilla de acero corrugado, así también se verifica la resistencia a la tracción R_u que tiene promedios de factor 1.04 f_y, 0.92 f_y y 0.87 f_y respectivamente, y se puede representar en el gráfico de barras de la Figura 62 y en el gráfico de dispersión en la Figura 63.

Figura 62

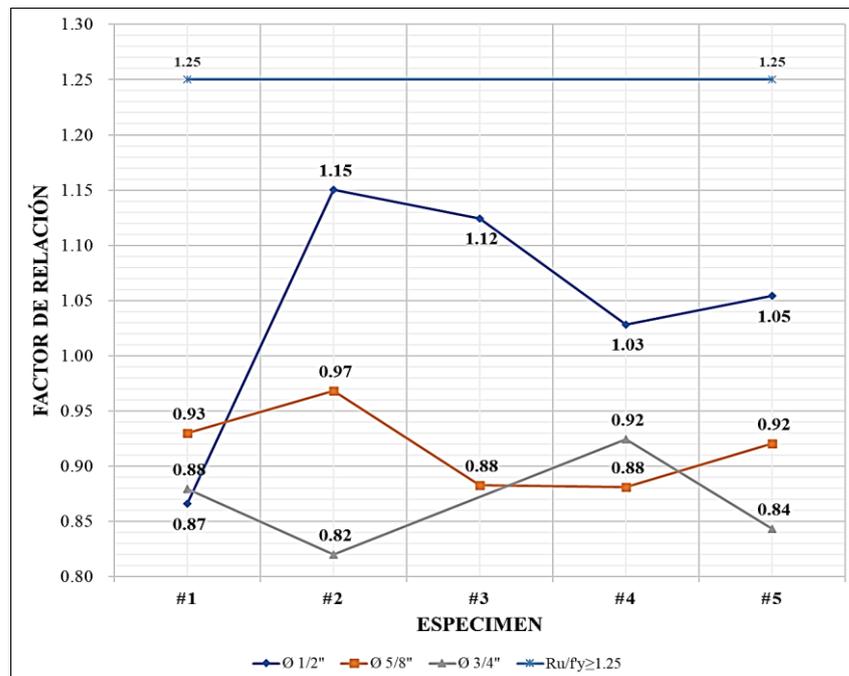
Gráfico de barras de factor de relación del empalme tipo III



Nota: Gráfico de barras donde se muestra la comparación entre los factores de relación promedio obtenido de los resultados entre la resistencia a la tracción R_u y el límite de fluencia del acero f_y de los especímenes de empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado, el cual por reglamento indica que debe de desarrollar 1.25 f_y mínimo de la relación de tensión – fluencia de acero corrugado.

Figura 63

Gráfico de dispersión de factor de relación del empalme tipo III

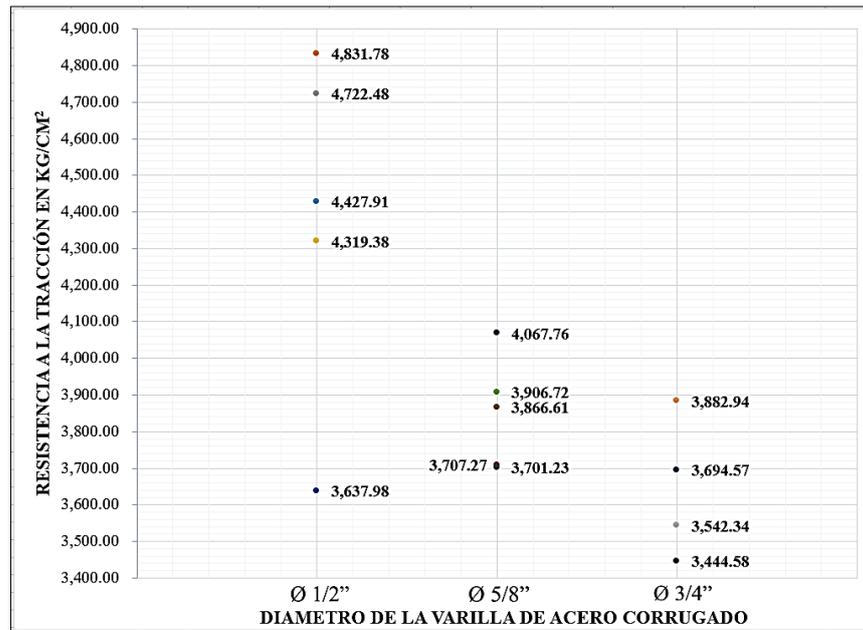


Nota: Gráfico de dispersión donde muestra la comparación del factor de relación individual obtenido por cada espécimen de empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado.

Así mismo se realizó el gráfico de la resistencia a la tracción obtenida en la figura 64.

Figura 64

Gráfico de comparación de resistencia a la tracción del empalme tipo III



Nota: Gráfico de comparación de la resistencia a la tracción obtenida de los ensayos de tracción en los especímenes de empalme tipo III por soldadura en varillas de acero corrugado, se puede observar resultados alejados a la resistencia a la tracción nominal de $R_u = 6,330 \text{ Kg/cm}^2$

Además, que se realizó de los datos estadísticos descriptivos los cuales se muestran en la tabla 25

Tabla 25

Datos estadísticos descriptivos del empalme tipo III

Estadístico descriptivo	Valores
N	14
Media	3,982.40
Mínimo	3,444.58
Máximo	4,831.78
Desviación estándar	434.71
Varianza	188,972.09

Se presenta una estadística descriptiva realizando a los valores obtenidos de resistencia a la tracción de las varillas de aceros corrugado de



diámetros 1/2”, 5/8” y 3/4” con empalme tipo III por soldadura, en donde “N” representa la cantidad de muestras que son un total de 14 debido a que una muestra se descarta por presentar un error en procedimiento de ensayo, con una media de resistencia a la tracción de 3,982.40 kg/cm²; El valor mínimo de resistencia a la tracción es de 3,444.58 kg/cm² y el valor máximo de resistencia a la tracción es de 4,831.78 kg/cm²; La desviación estándar es de 434.71 y la varianza es de 188,972.09.

4.1.3.5. Interpretación

De los ensayos realizados para la determinación de la resistencia a la tracción del empalme tipo III por soldadura, se verifico que este sistema de empalme se caracteriza por tener que implicar a la varilla de acero corrugado a un tratamiento térmico para que pueda este ser unido mediante el contacto directo y de tal manera ejecutar el empalme, sin embargo, esto conlleva a modificar sus propiedades elásticas y de ductilidad del acero corrugado Grado 60. Su aplicación en las construcciones significaría contar con todos los equipos y materiales suficientes para los procedimientos de empalme por soldadura, los electrodos recomendados por la Norma AWS D1.1 código de soldadura de acero de refuerzo, indica que el SMAW E9018 es propicio para el Acero corrugado Grado 60, el cual no se encuentran para su adquisición en la región Puno.

En cuanto a la normativa, el empalme por Soldadura no cumple al estar por debajo del factor de relación entre la resistencia a la tracción y el límite de fluencia mayor al 1.25f_y.

De los datos estadísticos descriptivos se interpreta que el sistema de empalme Tipo III por soldadura que se tuvo una población de 14



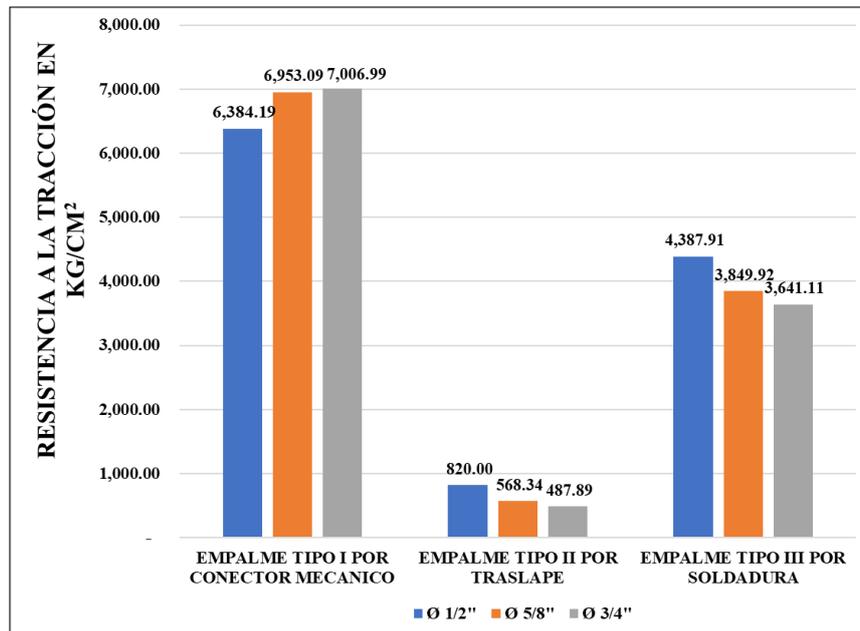
especímenes, en los cuales la desviación estándar de la Resistencia a la Tracción que pueden soportar los especímenes utilizando el empalme por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 1/2", 5/8" y 3/4" de diámetro, es de 434.71 en promedio y ello indica que la mayor parte de los datos muestran estar agrupados a su media.

4.1.4. Comparación de la eficiencia de los tipos de empalmes

En la presente investigación, se ha podido determinar la resistencia a la tracción en los empalmes mecánicos, empalmes traslapados y empalmes soldados en varillas de acero corrugado de 1/2", 5/8" y 3/4", los cuales fueron denominados como empalme tipo I por conector mecánico obtiene factores de $1.52 f_y$, $1.66 f_y$ y $1.67 f_y$ respectivamente; El empalme tipo II por traslape obtiene factores de $0.20 f_y$, $0.14 f_y$ y $0.12 f_y$ respectivamente y por último el empalme tipo III por soldadura obtiene factores de $1.04 f_y$, $0.92 f_y$ y $0.87 f_y$ respectivamente. De tal forma como se muestra en la Figura 65.

Figura 65

Gráfico de comparación del factor de relación por tipo de empalme



Nota: Grafico de comparación del factor de relación promedios de los tipos de empalmes evaluados en ensayo de tracción en acero.

Es conveniente indicar que los empalmes tipo I por conector mecánico, presentan resultados que indican una tendencia a reflejar mayor resistencia a la tracción, lo cual indicaría que, en varillas de acero corrugado de mayor diámetro, estos resultarían tener buena eficiencia.

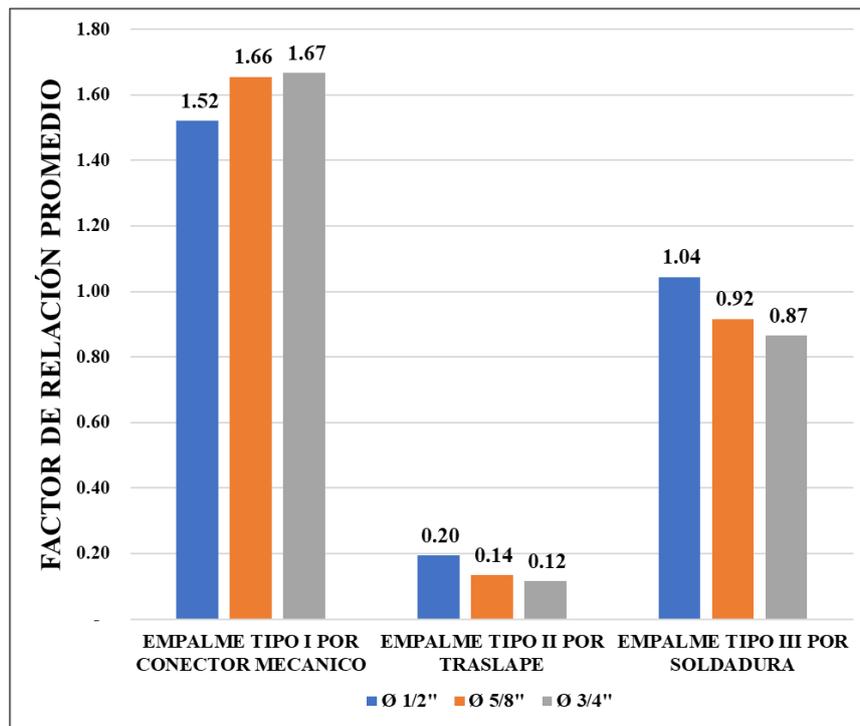
Mientras que para los empalmes tipo II por traslape presentan resultados que indican una tendencia a reflejar baja resistencia a la tracción, lo cual indicaría que en varillas de acero corrugado de mayor diámetro, estas resultarían ser deficientes.

Y por último para los Empalmes Tipo III por Soldadura presenta resultados que indican una tendencia a reflejar menor resistencia a la tracción, lo cual indicaría que en varillas de acero corrugado de mayor diámetro, éstas resultarían ser deficientes.

Se muestra la Figura 66, el cual indica la misma tendencia con datos de resistencia a la tracción para los tipos de Empalme

Figura 66

Comparación de la resistencia a la tracción por tipos de empalmes



Nota: Grafico de comparación de la resistencia a la tracción promedio en los tipos de empalmes evaluados en ensayo de tracción en acero.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

4.2.1. Prueba de normalidad

H₀: Los datos de las variables de eficiencia y resistencia a la tracción, presentan una distribución normal.

H₁: Los datos de las variables de eficiencia y resistencia a la tracción, no presentan una distribución normal.

Nivel de significancia: 5% = 0.05

Si: $p\text{-valor} \leq 0.05$ se valida la hipótesis estadística alterna.

Si: $p\text{-valor} > 0.05$ se valida la hipótesis estadística nula.

Tabla 26*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk*

Variables	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia	0.848	43	< 0.001
Resistencia a la Tracción	0.848	43	< 0.001

Nota: Datos extraídos de SPSS Statistics

Realizando la verificación de datos y debido a que la muestra es menor que 50, se tiene en consideración utilizar la prueba de normalidad de Saphiro-Wilk, de tal manera se observa que las variables no tienen una distribución normal debido a que el p-valor es menor a 0.05, así mismo se rechaza la H_0 y se valida la H_1 . Por lo tanto, corresponde una estadística no paramétrica y se utilizará la prueba Rho de Spearman para determinar la correlación de variables.

4.2.2. Prueba de correlación de spearman

H₀: La eficiencia tiene relación con la resistencia a la tracción de los empalmes en la región de Puno

H₁: La eficiencia no tiene relación con la resistencia a la tracción en los empalmes en la región de Puno.

Nivel de significancia: 5% = 0.05

Si: p-valor \leq a 0.05 se valida la hipótesis estadística alterna.

Si: p-valor $>$ a 0.05 se valida la hipótesis estadística nula.

Tabla 27 Prueba de correlación de spearman*Prueba de correlación de Spearman*

			Eficiencia	Resistencia a la Tracción
Rho de Spearman	Eficiencia del	Coefficiente de correlación	1,000	0.988
		Sig. (bilateral)	-	0.000
		N	43	43

Resistencia a la Tracción	Coficiente de correlación	0.988	1,000
	Sig. (bilateral)	0.000	-
	N	43	43

Nota: Datos extraídos de SPSS Statistics

El p-valor tiene como valor de 0.000 y es menor al nivel de significancia, de tal manera se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Se puede afirmar que existe relación entre las variables de eficiencia y resistencia a la tracción en empalmes, también presenta un coeficiente de correlación de 0.988.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.3.1. Para empalmes mecánicos

Según Ballón L. (2023) que realizo la evaluación del conector mecánico tipo presión y tipo rosca en empalmes para varillas de acero corrugado de 3/4" y 1" con un total de 16 muestras ensayadas, en el cual obtuvo factores de relación entre la resistencia a la tracción R_u y límite de fluencia f_y superiores a 1.25 mínimo en sus diversas muestras, además de evaluar ambos tipos de conector mecánico que existe en el mercado de la marca BarSplice de la empresa CDV Ingeniería Antisísmica. Para el conector mecánico tipo presión obtuvo que el factor de relación promedio de $1.80 f_y$ y $1.61 f_y$ respectivamente, mientras que para conector mecánico tipo rosca, el cual obtuvo un factor de relación promedio de $1.80 f_y$ y $1.60 f_y$ respectivamente.

Según Curi O. & Magro P. (2020) donde realizo la evaluación del conector mecánico tipo rosca con rotación y tipo rosca sin rotación en empalmes para varillas de acero corrugado de 3/4" y 1" con un total de 12 muestras ensayadas, en el cual obtuvo factores de relación entre la resistencia a la tracción R_u y límite de fluencia f_y superiores a 1.25 mínimo en sus diversas muestras, además de

evaluar ambos tipos de conector mecánico que existe en el mercado de la marca Linxion. Para el conector mecánico tipo rosca sin rotación obtuvo que el factor de relación promedio de $1.67 f_y$ y $1.61 f_y$ respectivamente, mientras que para que conector mecánico tipo rosca con rotación obtuvo que el factor de relación promedio de $1.61 f_y$ y $1.56 f_y$ respectivamente.

En contraste con la presente investigación, en la cual se realizó la evaluación del empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de $1/2''$, $5/8''$ y $3/4''$ con un total de 15 muestras ensayadas, en el cual se obtuvo factores de relación entre resistencia a la tracción R_u y límite de fluencia f_y superiores a 1.25 mínimo en las diversas muestras elaboradas propiamente de acuerdo a las fichas técnicas de la empresa Corporación de Aceros Arequipa S.A. Para el empalme tipo I por conector mecánico roscado, se obtuvo que el factor de relación promedio de $1.52 f_y$, $1.66 f_y$, y $1.67 f_y$ respectivamente.

Así mismo se realiza la discusión de los resultados comparado con los datos de investigaciones antecedente, de acuerdo a la Tabla 30

Tabla 28

Discusión de resultados en el empalme tipo I

Autor(es)	Diámetro	Empalme Mecánico	Factor de Relación	Resistencia a la Tracción en kg/cm^2
Ballón L.	$3/4''$	Presión	1.80	7,570.18
	$3/4''$	Roscado	1.80	7,543.86
	$1''$	Presión	1.61	6,745.57
	$1''$	Roscado	1.60	6,740.63
Curi O. & Magro P.	$3/4''$	Roscado sin rotación	1.67	7,014.32
	$1''$	Roscado sin rotación	1.61	6,762.94
	$3/4''$	Roscado con rotación	1.61	6,749.63
	$1''$	Roscado con rotación	1.56	6,552.20
Presente Investigación	$3/4''$	Roscado	1.67	7,006.99
	$5/8''$	Roscado	1.66	6,953.09
	$1/2''$	Roscado	1.52	6,384.19

Nota: Datos extraídos de las investigaciones antecedentes y fuente propia.

4.3.2. Para empalmes por traslape

Según Huamán Y. & Ccasa P. (2020) que realizó la evaluación de vigas de concreto armado con empalme por traslape en varillas de acero corrugado de 3/8", 1/2" y 5/8" con un total de 18 muestras ensayadas, en el cual obtuvo factores de relación entre la resistencia a la tracción R_u y límite de fluencia f_y superiores a 1.25 en sus diversas muestras, en el cual obtuvo que el factor de relación promedio de 1.71 f_y , 1.70 f_y , y 1.68 f_y respectivamente.

Según Cieza J. (2018) en el cual realizó la evaluación de probetas de concreto armado con empalme traslapados en varillas de acero corrugado de 3/8" y 1/2" con un total de dos muestras ensayadas, en el cual obtuvo factores de relación entre la resistencia a la tracción R_u y límite de fluencia f_y inferiores a 1.25 mínimo en sus muestras, en el cual obtuvo que el factor de relación de 0.47 f_y , y 0.37 f_y respectivamente.

En contraste con la presente investigación, en la cual se realizó la evaluación del empalme tipo II por traslape para varillas de acero corrugado de 1/2", 5/8" y 3/4" con un total de 15 muestras ensayadas, en el cual se obtuvo factores de relación entre resistencia a la tracción R_u y límite de fluencia f_y inferiores a 1.25 mínimo en las diversas muestras elaboradas propiamente. Para el empalme tipo II por traslape, se obtuvo que el factor de relación promedio de 0.20 f_y , 0.14 f_y y 0.12 f_y respectivamente.

Así mismo se realiza la discusión de los resultados comparado con los datos de investigaciones antecedentes, de acuerdo a la Tabla 31

Tabla 29*Discusión de resultados en el empalme tipo II*

Autor(es)	Diámetro	Empalme Traslapado	Factor de Relación	Resistencia a la Tracción en kg/cm ²
Huamán Y. & Ccasa P..	3/8"	Amarre	1.71	7,182.00
	1/2"	Amarre	1.70	7,140.00
	5/8"	Amarre	1.68	7,056.00
Cieza J..	3/8"	Amarre	0.47	2,005.27
	1/2"	Amarre	0.37	1,411.25
Presente Investigación	1/2"	Amarre	0.20	820.00
	5/8"	Amarre	0.14	568.34
	3/4"	Amarre	0.12	487.89

Nota: Datos extraídos de las investigaciones antecedentes y fuente propia.

4.3.3. Para empalmes soldados

Según Barreto E. (2022) donde realizó la evaluación de los empalmes soldados en contacto directo con electrodos SMAW E90181G, GMAW ER70-S y GTAW ER70S-6 en varillas de acero corrugado de 3/8" y 1/2" con un total de 18 muestras ensayadas, en el cual obtuvo factores de relación entre la resistencia a la tracción R_u y límite de fluencia f_y inferiores a 1.25 mínimo en sus diversas muestras. Para la soldadura SMAW en contacto directo obtuvo un factor de relación promedio de $0.68 f_y$, y $0.67 f_y$ respectivamente, para la soldadura GMAW en contacto directo obtuvo un factor de relación promedio de $0.77 f_y$, y $0.69 f_y$ respectivamente, y por último para la soldadura GTAW en contacto directo obtuvo un factor de relación promedio de $0.76 f_y$, y $0.66 f_y$ respectivamente.

Según Cieza J. (2018) en el cual realizó la evaluación de probetas de concreto armado con empalme soldados en varillas de acero corrugado de 3/8" y 1/2" con un total de dos muestras ensayadas, en el cual obtuvo factores de relación entre la resistencia a la tracción R_u y límite de fluencia f_y inferiores a 1.25 mínimo

en sus muestras, en el cual obtuvo que el factor de relación de $0.57 f_y$ y $0.37 f_y$ respectivamente.

En contraste con la presente investigación, en la cual se realizó la evaluación del empalme tipo III por Soldadura con electrodos SMAW E7018X para varillas de acero corrugado de $1/2''$, $5/8''$ y $3/4''$ con un total de 14 muestras ensayadas, en el cual se obtuvo factores de relación entre resistencia a la tracción R_u y límite de fluencia f_y inferiores a 1.25 en las diversas muestras. Para el empalme tipo III por soldadura SMAW se obtuvo que el factor de relación promedio es de $1.04 f_y$, $0.92 f_y$, y $0.87 f_y$ respectivamente.

Así mismo se realiza la discusión de los resultados comparado con los datos de investigaciones antecedente, de acuerdo a la Tabla 32.

Tabla 30

Discusión de resultados en el empalme tipo III

Autor(es)	Diámetro	Empalme Soldado	Factor de Relación	Resistencia a la Tracción en kg/cm^2
Barreto E..	$3/8''$	GMAW	0.77	3,249.54
	$3/8''$	GTAW	0.76	3,196.70
	$1/2''$	GMAW	0.69	2,937.68
	$3/8''$	SMAW	0.68	2,860.81
	$1/2''$	SMAW	0.67	2,835.80
	$1/2''$	GTAW	0.66	2,801.84
Cieza J.	$3/8''$	No indica	0.57	2,388.77
	$1/2''$	No indica	0.37	1,571.25
Presente Investigación	$1/2''$	SMAW	1.04	4,387.91
	$5/8''$	SMAW	0.92	3,849.92
	$3/4''$	SMAW	0.87	3,641.11

Nota: Datos extraídos de las investigaciones antecedentes y fuente propia.

4.4. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

4.4.1. Objetivo específico 1

En esta presente investigación, se tuvo como objetivo específico uno determinar la capacidad de soportar cargas en tracción de un empalme mediante el uso de un conector mecánico el cual fue elaborado de manera propia basándose en información proporcionada por publicaciones e investigaciones antecedentes en el tema en estudio. Podría mencionarse que de manera anticipada se cumplió con una exigencia pre establecido, el cual es la adquisición de los materiales y la confección del conector mecánico y por consiguiente la elaboración de los especímenes para el empalme tipo I por conector mecánico en varillas de acero corrugado de 1/2", 5/8" y 3/4" de tal manera como se muestra en la Figura 23 (p. 75), Figura 24 (p. 76) y figura 25 (p. 76).

Así mismo se logró llevar los especímenes elaborados a los laboratorios de ensayos de materiales y mediante las maquinas universales para efectuar el propio ensayo a la tracción en acero, de tal manera que se pudo recolectar los datos de carga ultima o esfuerzo máximo de los especímenes de acuerdo a la Tabla 28 (p. 119), y con ello determinar la resistencia a la tracción respectiva en varillas de acero corrugado para cada diámetro especificado. De tal manera que se logró determinar la resistencia a la tracción en el empalme tipo I por conector mecánico, el cual es de 6,384.19 kg/cm² en promedio para varillas de 1/2", 6,953.09 kg/cm² en promedio para varillas de 5/8" y 7,006.99 kg/cm² en promedio para varillas de 3/4". Hasta este punto se puede indicar que se logró el cumplimiento del objetivo específico uno.

Mediante dichos resultados, se obtuvo que el factor la relación entre la resistencia a la tracción R_u y el límite de fluencia del acero f_y , se determinó que el

empalme tipo I por conector mecánico obtiene los factores de $1.52 f_y$ o equivalente a 152.00% de la fluencia del acero de diámetro de $1/2''$, $1.66 f_y$ o equivalente a 165.55% de la fluencia del acero de diámetro de $5/8''$ y $1.67 f_y$ o equivalente a 166.86% de la fluencia del acero de diámetro de $3/4''$. Así mismo con respecto a la relación mínima especificada en la norma N.T.P. E.060 Concreto Armado de la R.N.E., en el cual los empalmes mecánicos deben ser mayores o iguales a $1.25 f_y$ de la relación entre la tensión – fluencia, el cual en la presente investigación se logra determinar que esta cumple con lo establecido.

De tal manera que también se logró observar que la fatiga y rotura presentada en el espécimen al ser sometido a esfuerzos de tracción se ubicó a un tercio de la longitud del mismo, el cual se encuentra el material base de la varilla de acero corrugado, observándose que el conector mecánico no sufrió alguna deformación o desprendimiento de tal manera que se puede indicar la seguridad que empalme proporciona al dar la continuidad del acero de refuerzo, de tal manera como se muestra en las Figura 29 (p. 79), Figura 30 (p. 80) y Figura 31 (p. 80).

4.4.2. Objetivo específico 2

De igual manera, en esta presente investigación se tuvo como objetivo específico dos determinar la capacidad de soportar cargas en tracción de un empalme mediante la aplicación del traslape convencional mediante el amarre de acuerdo al conocimiento conocido en la construcción y de tal manera conformar los especímenes para el empalme tipo I por traslape en varillas de acero corrugado de $1/2''$, $5/8''$ y $3/4''$ de tal manera como se muestra en la Figura 35 (p. 83), Figura 36 (p. 83) y figura 37 (p. 84).



Así mismo se logró llevar los especímenes elaborados a los laboratorios de ensayos de materiales y mediante las maquinas universales para efectuar el propio ensayo a la tracción en acero, de tal manera que se pudo recolectar los datos de carga ultima o esfuerzo máximo de los especímenes de acuerdo a la Tabla 29 (p. 121), y con ello determinar la resistencia a la tracción respectiva en varillas de acero corrugado para cada diámetro especificado. De tal manera que se logró determinar la resistencia a la tracción en el empalme tipo II por traslape, el cual es de 820.00 kg/cm² en promedio para varillas de 1/2", 568.34 kg/cm² en promedio para varillas de 5/8" y 487.89 kg/cm² en promedio para varillas de 3/4". Sin embargo, salvando las observaciones, cuando la maquina universal arrojo el resultado de esfuerzo máximo al encontrar desplazamientos sin deformaciones del espécimen debido a la falta de rigidez del empalme al estar sujetadas por el alambre. Hasta este punto se puede indicar que se logró el cumplimiento del objetivo específico dos.

Mediante los resultados, se obtuvo el factor de relación entre la resistencia a la tracción R_u y el límite de fluencia del acero f_y , se determinó que el empalme tipo II por traslape obtiene los factores de 19.52 f_y o equivalente a 19.52% de la fluencia del acero de diámetro de 1/2", 0.14 f_y o equivalente a 13.53% de la fluencia del acero de diámetro de 5/8" y 0.12 f_y o equivalente a 11.62% de la fluencia del acero de diámetro de 3/4". Con respecto N.T.P. E.060 Concreto Armado de la R.N.E., en el cual indica que los empalmes por traslape no necesitan cumplir con la relación mínima de tensión – fluencia de 1.25 f_y . Sin embargo, con fines comparativos se tomaron los datos obtenidos y fueron contrastados con los demás tipos de empalmes, de tal manera que existe el factor de relación obtenido se encuentran muy por debajo de lo mínimo establecido.

4.4.3. Objetivo específico 3

De la misma manera que los objetivos anteriores, se propuso determinar la capacidad de soportar cargas en tracción de un empalme mediante la aplicación de la soldadura el cual fue seguido mediante las normas AWS D1.4 Código de soldadura en acero de refuerzo e investigaciones antecedentes del tema en estudio. De tal manera que se siguió las indicaciones y recomendaciones. Se realizó la adquisición de los materiales para luego la elaboración de los especímenes para el empalme tipo III por soldadura en varillas de acero corrugado de 1/2", 5/8" y 3/4" de tal manera como se muestra en la Figura 49 (p. 91).

Así mismo se logró llevar los especímenes elaborados a los laboratorios de ensayos de materiales y mediante las maquinas universales para efectuar el propio ensayo a la tracción en acero, de tal manera que se pudo recolectar los datos de carga ultima o esfuerzo máximo de los especímenes de acuerdo a la Tabla 30 (p. 118), y con ello determinar la resistencia a la tracción en el empalme tipo III por soldadura, el cual es de 4,387.91 kg/cm² en promedio para varillas de 1/2", 3,849.92 kg/cm² para varillas de 5/8" y 3,641.11 kg/cm² para varillas de 3/4". Hasta este punto se puede indicar que se logró el cumplimiento del objetivo específico tres.

Mediante dichos resultados, se obtuvo que el factor de relación entre la resistencia a la tracción R_u y el límite de fluencia del acero f_y , se determinó que el empalme tipo III por soldadura obtiene los factores de 1.04 f_y o equivalente a 104.47% de la fluencia del acero de diámetro de 1/2", 0.92 f_y o equivalente a 91.66% de la fluencia del acero de diámetro de 5/8" y 0.87 f_y o equivalente a 86.69% de la fluencia del acero de diámetro de 3/4". Así mismo con respecto a la relación mínima especificada en la norma N.T.P. E.060 Concreto Armado de la



R.N.E., en el cual los empalmes soldados deben ser mayores o iguales a $1.25 f_y$ de la relación entre la tensión – fluencia, el cual en la presente investigación se logra determinar que esta no cumple con lo establecido.

De tal manera que también se logró observar que la fatiga y rotura presentada en el espécimen al ser sometido a esfuerzos de tracción se ubicó en el inicio de la longitud de soldadura como se muestra en la Figura 53 (p. 94), Figura 54 (p. 95) y Figura 55 (p. 95). De acuerdo a comentarios de los especialistas de laboratorio de materiales, en el cual manifestó que aplicarse la soldadura a la varilla de acero corrugado, está a sufrido una modificación de su composición y pierde ductilidad de tal manera sus propiedades mecánicas de la zona elástica del material de acero de tal manera se pueden ver en la Figura 8 (p. 51). No obstante, este tipo de empalme tipo III por soldadura presenta mayor resistencia que el empalme por traslape convencional utilizado en la construcción.



V. CONCLUSIONES

- Se ha podido evaluar la eficiencia entre los tipos de empalmes, el cual el empalme Tipo I por conector presenta buena eficiencia al desarrollar valores superiores a $1.25 f_y$ mínimo de tensión – fluencia del acero. Sin embargo, el empalme Tipo III por soldadura obtuvieron valores cercanos a la fluencia del acero, pero sin superar el $1.25 f_y$ mínimo de tensión – fluencia del acero. Y por el lado del empalme Tipo II por traslape presenta deficiencia al desarrollar valores a $1.25 f_y$ mínimo de tensión – fluencia del acero debido a que este empalme se desarrolla cuando está cubierto de concreto en los elementos estructurales.
- Se determino la resistencia a la tracción del empalme Tipo I por conector mecánico el cual para varillas de acero corrugado de $1/2''$ alcanzo un valor de $6,384.19 \text{ kg/cm}^2$ equivalente a $1.52 f_y$, para varillas de $5/8''$ alcanzo un valor de $6,953.09 \text{ kg/cm}^2$ equivalente a $1.66 f_y$ y para varillas de $3/4''$ alcanzo un valor de $7,006.99 \text{ kg/cm}^2$ equivalente a $1.67 f_y$, valores mayores a la resistencia nominal del fabricante. Se puede indicar que, para diámetros superiores este tipo de empalme es el más conveniente para su aplicación en las construcciones de la región Puno.
- Se pudo conocer la resistencia a la tracción del empalme Tipo II por traslape el cual para varillas de acero corrugado de $1/2''$ alcanzo un valor de 822.00 kg/cm^2 equivalente a $0.09 f_y$, para varillas de $5/8''$ alcanzo un valor de 568.34 kg/cm^2 equivalente a $0.14 f_y$ y para varillas de $3/4''$ alcanzo un valor de 487.89 kg/cm^2 equivalente a $0.12 f_y$, valores menores a la resistencia nominal del fabricante. Se puede indicar que independientemente del diámetro de la varilla, el realizar el traslape y someterlos a esfuerzos de tracción, se obtendrá resultados por debajo en



comparación de la resistencia propia del acero, y su aplicación en las construcciones dependerá

- Se determino la resistencia a la tracción del empalme Tipo III por soldadura el cual para varillas de acero corrugado de 1/2" alcanzo un valor de 4,387.91 kg/cm² equivalente a 1.04 f_y, para varillas de 5/8" alcanzo un valor de 3,849.92 kg/cm² equivalente a 0.92 f_y y para varillas de 3/4" alcanzo un valor de 3,641.11 kg/cm² equivalente a 0.87 f_y, valores menores la resistencia nominal del fabricante. Se puede indicar que, para diámetros superiores este tipo de empalme viene siendo menos eficiente al demostrar menos capacidad, por lo tanto, está asociado su aplicación a las condiciones necesarias y para diámetros menores a 5/8".
- Se concluye que los empalme tipo I por conector mecánico presentan buena eficiencia al cumplir con la relación mínima de tensión – fluencia que la normativa exige, en comparación con los empalmes tipo II por traslape, el cual presentan deficiencias y no cumple con la relación mínima de tensión – fluencia. Mientras que los empalmes soldados presentan deficiencias, pero mayor que los empalmes traslapados, sin embargo, no cumplen con la relación mínima de tensión – fluencia exigida en la normativa.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los investigadores que opten en realizar el estudio de los empalmes entre barras de acero corrugado en la construcción, en encontrar las condiciones óptimas de aplicabilidad y sustentabilidad dentro de la ingeniería civil, al momento de diseñar los planos estructurales, que los empalmes mecánicos y soldados estudiados sean considerados de tal manera puedan evaluar estructuralmente, económicamente y ambientalmente el impacto de dichas alternativas que se pueden aplicar en nuestra región de Puno
- Se recomienda a las universidades e instituciones públicas y privadas, implementar de mejor manera los laboratorios de ensayo de materiales en la región de Puno, de tal forma apoyar al investigador pueda abordar estudios y trabajos en la línea de investigación, y mejorar paulatinamente el sistema del empalme de los refuerzos en las construcciones de la región Puno.
- Se recomienda compartir y promocionar el uso de los empalmes mecánicos en los refuerzos de acero corrugado en las construcciones de la región de Puno, a su vez generar la demanda de tal manera que los fabricantes puedan abastecer de mejor forma a la disposición en la ingeniería civil
- Se recomienda capacitar a todas las personas involucradas en la industria de la construcción para que estos tomen conciencia de que en la actualidad existen mejoras en los refuerzos para su aplicabilidad en todo tipo de elemento estructural ya sean estos sometidos a cargas de flexión, compresión, tracción, cortante entre otros.
- Se recomienda realizar más estudios referentes a los tipos de empalme que existen y establecerlos en los conocimientos básicos en la construcción.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali, E., Anat, R., Pachara, K., Pison, U., & Anil, W. (2022). Strengthening of substandard lap splices using hollow steel section (HSS) collars. *Structures*, 46, 128-145. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.10.030>
- American Welding Society. (2015). AWS D1.1 Código de Soldadura Estructural en Acero de Refuerzo. Instituto Nacional Estadounidense.
- ASTM Internacional. (2012). ASTM A1034 Standard Test Methods for Testing Mechanical Splices for Steel Reinforcing Bars (Versión PDF). <https://regbar.com/wp-content/uploads/2019/09/A1034.1265935-1.pdf>
- ASTM Internacional. (2019). ASTM E8 Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials (Versión PDF). https://www.astm.org/e0008_e0008m-22.html
- Ballón, L. (2021). Análisis de empalmes con conector mecánico a presión en barras de acero con refuerzo de diámetros de 3/4" y 1" sometidos a tracción en Abancay, 2021 (Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes). Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.14512/643>
- Barreto, E. (2022). Determinación de la Resistencia de Empalmes Soldados del Acero de Refuerzo ASTM A615 Grado 60, para Concreto Reforzado (Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo). Repositorio Institucional. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5598>
- Cieza, J. (2018). Comportamiento del Empalme Traslapado y el Empalme Soldado en Elementos de Armaduras de Concreto Armado sometidos a tracción (Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas). Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.14077/1302>
- Comite ACI 318. (2005). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. American Concrete Institute.
- Corporación de Aceros Arequipa S.A. (2020). BARTEC Ficha Técnica. https://acerosarequipa.com/sites/default/files/fichas/2023-04/AA-CONS_INDUSTRIAL-BARTEC-tipo2.pdf?fv=rDbzf-Mo



- Corporación de Aceros Arequipa S.A. (2020). Fierro Corrugado ASTM A615-Grado 60. <https://acerosarequipa.com/pe/es/productos/466/fierro-corrugado-astm-a615-grado-60>
- Corporación de Aceros Arequipa S.A. (2020). Manual del Maestro Constructor. <https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-del-maestro-constructor>
- Curi, O. (2020). Evaluación de la Resistencia Estructural de la Conexión de Aceros Grado 60 con Empalmes mecánicos Tipo 2 (LINUXION), Lima-2020 (Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo). Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/67003>
- Danel, O. (2016). Metodología de la Investigación. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4170.9529>
- González, M., & Cuevas, P. (2018). Estudio Comparativo entre Empalmes por Traslape y Empalmes Mecánicos utilizados en elementos de Hormigón Armado (Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/670>
- Hamed, D., Ali, K., & Andrea, D. (2022). Splice methods used for reinforcement steel bars: A state-of-the-art review. *Construction and Building Materials*, 320, 126198. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.126198>
- Hamed, D., Ali, K., & Asaad, F. (2022). Predicting tensile strength of spliced and non-spliced steel bars using machine learning- and regression-based methods. *Construction and Building Materials*, 325, 126835. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126835>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación (Versión PDF) (Sexta ed.). McGRAW-HILL. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Hua, H., Zhen, C., Yongxiang, L., Mingze, L., & Wei, Z. (2024). Experimental study on seismic performance of frame with steel-hollow core partially encased composite spliced beam. *Journal of Constructional Steel Research*, 212, 108239. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2023.108239>



- Huaco, G., & Jirsa, J. (2020). Mechanical Splices for Seismic Retrofitting of Concrete Structures. *Materials Science and Engineering*, 6, 739.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/739/1/012033>
- Huamán, Y., & Ccasa, P. (2020). Estudio Comparativo de los Empalmes de Barras de Refuerzo para Concreto Armado de Grado 60 de $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ de Diámetros 3/8", 1" y 5/8", entre el Empalme por Traslape y el Empalme con Conector Mecánico a Esfuerzos de Tracción en la ciudad del Cusco. *Repositorio Institucional*. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/5195>
- López, L. (2013). Soldadura por Fricción.
http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1091/1/Lopez_Gonzalez_Luis_Ricardo.pdf
- Mora, C., & Ortega, D. (2021). Comparación del Comportamiento de Empalmes Mécanicos con Empalmes Tradicionales (Tesis de Pregrado, Universidad Santo Tomás). *Repositorio Institucional*. <http://hdl.handle.net/11634/34436>
- Oscó, S. (2021). La Influencia de empales tipo B, en el Comportamiento a Tracción de Acero de Refuerzo, teniendo una luz entre Barras en los Pilotes P27, P28 y torres del Puente Nanay, Región de Loreto (Tesis de Pregrado, Universidad Peruana del Centro). *Repositorio Institucional*.
<http://repositorio.upecen.edu.pe/handle/20.500.14127/259>
- Quezada, A. (2010). Efectos de la Soldadura en Empalmes de Acero de Refuerzo, para Hormigón Armado (Tesis de Pregrado, Universidad de Chile). *Repositorio Institucional*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103976>
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2020). Norma E.060 Concreto Armado (Versión PDF).
<https://drive.google.com/file/d/19EYUVMgwvm6rDs47GV374avco2ylU5Kz/view?usp=sharing>
- Robles, I., & Reyes, D. (2021). Uso de Empalmes Mecánicos para contribuir en la Gestión del Proyecto de Ampliación 03 de la U.T.P. - Sede Villa el Salvador 2021 (Tesis de Maestría, Universidad Tecnológica del Perú). *Repositorio Institucional*. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/5371>



- Ruiz, C., & Valenzuela, M. (2022). Metodología de la Investigación (Versión PDF) (Primera ed.). Fondo Editorial. <https://doi.org/10.56224/EdiUnat.4>
- Sánchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). Manual de Términos en Investigación Científica, Tecnológica y Humanística (Versión PDF) (Primera ed.). Bussines Support Aneth S.R.L. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/1480>
- Sánchez, P. (2019). Desempeño Estructural de una Columna de tres niveles con el empleo del Empalme Mecanico en C.C. Shoping La Molina 2018 (Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo). Repositorio Institucional. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/44343>
- Tarazona, K. (2019). Analisis Comparativo de Costos entre Empalmes Mecánicos y Empalmes por Traslape en las Pilas-Pilote de la etapa 1A del Proyecto "Linea 2 y Ramal Av. Faucett - Av. Gambetta Metro de Lima y Callao (Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Federico Villareal). Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/2725>
- Vega, D., & Navarro, J. (2020). Conectores Mecánicos para la Unión de Varillas de Acero en Estructuras de Concreto Reforzado (Trabajo de Pregrado, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña). Repositorio Institucional. <https://repositorioinstitucional.ufpso.edu.co/xmlui/handle/123456789/581>

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia

Título del Proyecto: “Estudio comparativo entre la eficiencia de los empalmes por conector mecánico, traslape y soldadura en varillas de acero corrugado $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ en tracción en la región Puno, 2023”									
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	METODOLOGÍA		
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General							
P.G: ¿Cómo se puede determinar el tipo de empalme con mayor eficiencia en varillas de acero corrugado $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ en la región Puno?	O.G: Evaluar la eficiencia de los tipos de empalmes en varillas de acero corrugado $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ de diámetros de 1/2”, 5/8” y 3/4”, en ensayo de tracción en la Región Puno.	H.G: El empalme tipo I por conector mecánico presenta mayor eficiencia que los empalmes tipo II por traslape, tipo III por soldadura y supera la relación tensión – fluencia mínima.	Variable Independiente: Eficiencia	Empalme Tipo I por Conector Mecánico	Relación R_u/f_y	Ordinal	TIPO Y DISEÑO Tipo de Investigación: Básica. Enfoque de Investigación: Cuantitativo - Cualitativo Nivel de Investigación: Correlacional Diseño de Investigación: Experimental. POBLACIÓN Y MUESTRA Población: 45 especímenes de empalme y varillas de acero corrugado ASTM A615 Grado 60 $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$. Muestra: 15 especímenes de empalme tipo I por conector mecánico, 15 de especímenes de empalme tipo II por traslape y 15 especímenes de empalme tipo III por soldadura. TÉCNICA E INSTRUMENTO Técnica de recolección de datos: Análisis de Información. Observación directa. Instrumento de recolección de datos: Ficha de observación de datos y graficas.		
Preguntas Específicas	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos							
P.E.1: ¿Los empalmes mecánicos, traslapados y soldados tendrán relación con la capacidad de soportar cargas de tracción en varillas de acero corrugado?	O.E.1: Determinar la resistencia a la tracción del empalme tipo I por conector mecánico en varillas de acero corrugado $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ para diámetros de 1/2”, 5/8” y 3/4”.	H.E.1: La eficiencia tiene relación con la resistencia a la tracción del empalme tipo I por conector mecánico en varillas de acero corrugado de 1/2”, 5/8” y 3/4”.			Empalme Tipo II por Traslape			Calidad del acero	
P.E.2: ¿Los empalmes cumplirán el 125% f_y mínima de tensión – fluencia en varillas de acero corrugado en la región Puno?	O.E.2: Determinar la resistencia a la tracción del empalme tipo II por traslape en varillas de acero corrugado $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ para diámetros de 1/2”, 5/8” y 3/4”.	H.E.2: La eficiencia tiene relación con la resistencia a la tracción del empalme tipo II por traslape en varillas de acero corrugado de 1/2”, 5/8” y 3/4”.	Variable Dependiente: Resistencia a la Tracción	Empalme Tipo III por Soldadura	Correlación				
P.E.3: ¿Qué tipo de empalme reflejara mayores prestaciones al ser evaluado en ensayo de tracción varillas de acero corrugado $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ en la región Puno?	O.E.3: Determinar la resistencia a la tracción del empalme tipo III por soldadura en varillas de acero corrugado $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ para diámetros de 1/2”, 5/8” y 3/4”.	H.E.3: La eficiencia tiene relación con la resistencia a la tracción del empalme tipo III por soldadura en varillas de acero corrugado de 1/2”, 5/8” y 3/4”.			Varilla de acero corrugado de 1/2”	Límite de fluencia	Razón		
				Varilla de acero corrugado de 5/8”	Carga ultima				
				Varilla de acero corrugado de 3/4”	Rotura				

ANEXO 2: Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Instrumento	Escala de medición
V.I.	La Eficiencia es la comparación de la capacidad del Tipo de Empalme como unión entre barras de acero corrugado de 1/2", 5/8" y 3/4". Sujeto a esfuerzos de tracción.	Empalme Tipo I por Conector Mecánico Empalme Tipo II por Traslape Empalme Tipo III por Soldadura	Relación R_u/F_y Calidad del acero Correlación	Bueno Regular Deficiente	Hojas de calculo	Ordinal
V.D.	La Resistencia a la Tracción es la capacidad máxima de un conjunto de elementos los cuales serán sometidos a esfuerzos de tracción mediante el estiramiento y determinando su máxima fuerza que esta pueda soportar hasta llegar a su rotura.	Varilla de acero corrugado de 1/2" Varilla de acero corrugado de 5/8" Varilla de acero corrugado de 3/4"	Límite de Fluencia Carga Ultima Rotura	Kg/cm^2	Ficha de observación de datos y graficas.	Razón



ANEXO 3: Certificación de calibración de equipo de laboratorio





Certificado de Calibração

EMITENTE: LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO INSTRON

Laboratório de calibração acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número 0197

número: **17111001SO**

emissão: **10/11/17**

cliente: **Química Suíza Industrial Del Peru S.A**
Avenida República de Panama, 2577 - La Victoria - Peru

item calibrado: **Máquina Universal de Ensaio**
identificação: **modelo 23-100; ID23100P-0038; Marca Instron**
escalas calibradas: **100kN - Tração e Compressão**
procedimento: **PTEC 009 Ed 00 - procedimento baseado na norma NBR NM-ISO 7500-1**

local da calibração: **Laboratório Instron**
data da calibração: **10/11/17**
temperatura (°C): **20,3 a 21**
ordem de serviço nº: **12550**

técnico: **Silvio Oyama**



Silvio Oyama
Signatário Autorizado

- . Este certificado é válido exclusivamente para o equipamento calibrado nas condições desta ocasião, não sendo estendido a quaisquer outros lotes, mesmo que similares.
- . Este certificado só deve ser reproduzido completo. Reprodução de partes requer aprovação escrita do laboratório.
- . Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela Cgcre que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida.
- . A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t com ν graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95,45%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.
- . A Cgcre é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo da ILAC - International Laboratory Accreditation Cooperation.
- . A Cgcre é signatária do Acordo Bilateral de Reconhecimento Mútuo com a EA - European Co-operation for Accreditation.

INSTRON Brasil Equipamentos Científicos Ltda | Rua Quirino Zagonel, 257, Vila Braga | São José dos Pinhais | PR | CEP 83020-250 | Brasil
tel: +55.41.3035.9400 | e-mail: emic@emic.com.br | www.emic.com.br | www.instron.com

8028254-00página 1 de 3

Imagen 1: Certificado de calibración de Máquina Universal de Ensayos Modelo 23-100, Marca INSTRON, de laboratorio de Ingeniería de Materiales de Universidad Nacional San Agustín de Arequipa



Certificado de Calibração

EMITENTE: LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO INSTRON

Laboratório de calibração acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número 0197



número: 17111001SO

emissão: 10/11/17

cliente: Química Sulza Industrial Del Peru S.A
Avenida República de Panama, 2577 - La Victoria - Peru

item calibrado: Máquina Universal de Ensaio
identificação: modelo 23-100; ID23100P-0038; Marca Instron
escalas calibradas: 100kN - Tração e Compressão
procedimento: PTEC 009 Ed 00 - procedimento baseado na norma NBR NM-ISO 7500-1

local da calibração: Laboratório Instron
data da calibração: 10/11/17
temperatura (°C): 20,3 a 21
ordem de serviço nº: 12550

técnico: Silvio Oyama


Silvio Oyama
Signatário Autorizado

- . Este certificado é válido exclusivamente para o equipamento calibrado nas condições desta ocasião, não sendo estendido a quaisquer outros lotes, mesmo que similares.
- . Este certificado só deve ser reproduzido completo. Reprodução de partes requer aprovação escrita do laboratório.
- . Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela Cgcre que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida.
- . A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com ν graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95,45%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.
- . A Cgcre é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo da ILAC - International Laboratory Accreditation Cooperation.
- . A Cgcre é signatária do Acordo Bilateral de Reconhecimento Mútuo com a EA - European Co-operation for Accreditation.

INSTRON Brasil Equipamentos Científicos Ltda | Rua Quirino Zagonel, 257, Vila Braga | São José dos Pinhais | PR | CEP 83020-250 | Brasil
tel: +55.41.3035.9400 | e-mail: emic@emic.com.br | www.emic.com.br | www.instron.com

8028254-00

página 1 de 3

Imagen 2: Certificado de calibración de Máquina Universal de Ensayos Modelo 23-100, Marca INSTRON, de laboratorio de Ingeniería de Materiales de Universidad Nacional San Agustín de Arequipa

Certificado de Calibração EMITENTE: LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO INSTRON												
Laboratório de calibração acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número 0197										emissão: 10/11/17		
número: 17111001SO												
escala calibrada: 100			unidade: kN		sentido: tração							
identificação do transdutor: 12410			classificação conforme NBR NM-ISO 7600-1: Classe 1									
% do fim de escala	força indicada kN	resolução da escala kN	VC médio kN	erro relativo de exatidão %	erro relativo de repetibilidade %	erro relativo de reversibilidade %	resolução relativa %	incerteza expandida de medição U		graus de liberdade efetivo v _{eff}	talor de abrangência k	
20	20,00	0,01	19,950	0,25	0,21	não solicitado	0,05	0,060	0,30	12	2,23	
40	40,00	0,01	39,95	0,12	0,20	não solicitado	0,03	0,12	0,30	16	2,17	
60	60,00	0,01	60,01	-0,01	0,14	não solicitado	0,02	0,18	0,30	34	2,08	
80	80,00	0,01	80,05	-0,07	0,12	não solicitado	0,01	0,24	0,30	55	2,05	
100	100,00	0,01	100,13	-0,13	0,19	não solicitado	0,01	0,30	0,30	10	2,28	
erro relativo de zero [%]:			série 1 f ₀ = 0,00		série 2 f ₀ = 0,00			série 3 f ₀ = 0,00				
padrões utilizados na calibração												
padrão	capacidade	identificação	certificado	classe NBR 8874 / ISO 378	calibração	validade						
célula de carga	100kN	7786-t	156339-101	classe 1	31/01/17	31/03/19						

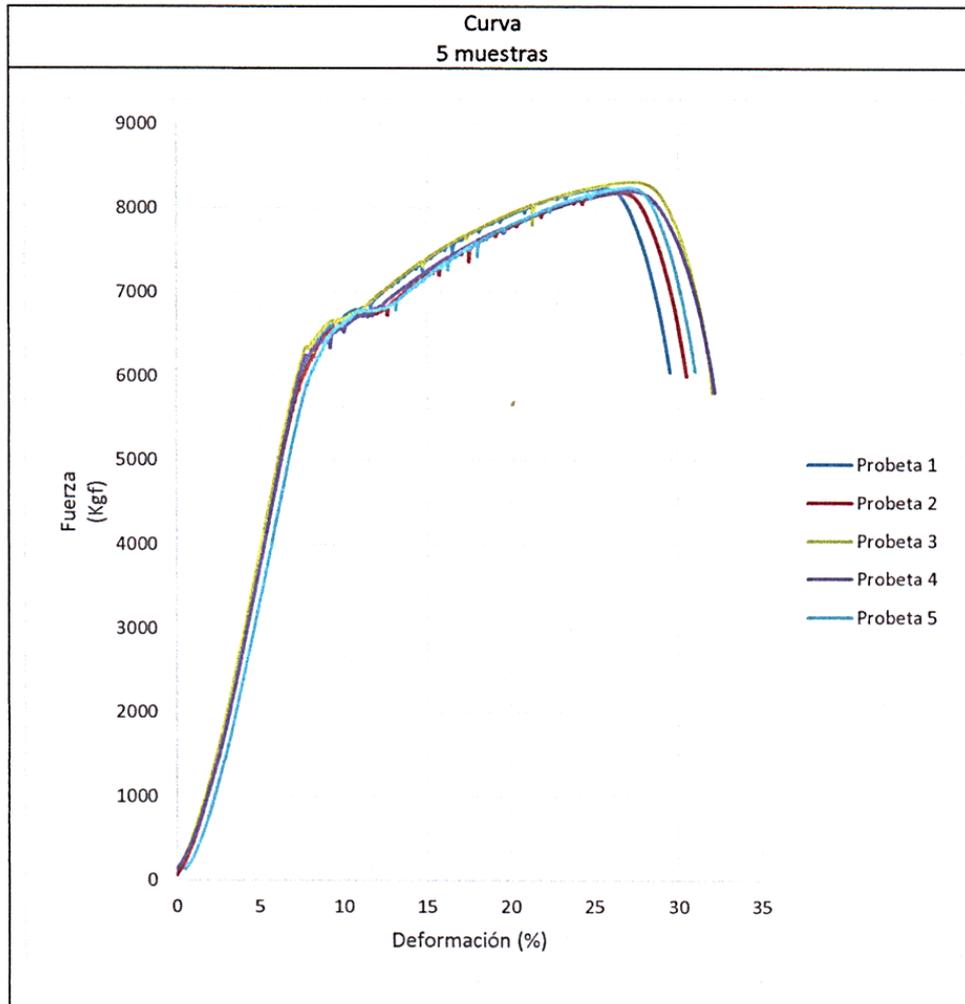
Imagen 3: Certificado de calibración de Máquina Universal de Ensayos Modelo 23-100, Marca INSTRON, de laboratorio de Ingeniería de Materiales de Universidad Nacional San Agustín de Arequipa



ANEXO 4: Informes de laboratorio

	<p>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MATERIALES ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES</p>																						
<p>ENSAYO DE TRACCIÓN INFORME DE LABORATORIO N° 014-2023-LEM</p> <p style="text-align: right;">Número de página: 1/2</p>																							
<p>SOLICITADO POR : Pedro Junior Ortega Olvea, para el Estudio comparativo entre la eficiencia de los empalmes por conector mecánico, traslape y soldadura para varillas corrugadas de acero $f'y=4200\text{kg/cm}^2$ en tracción, Región Puno 202</p>																							
<p>REALIZADO POR : Laboratorio de Ensayo de Materiales</p>																							
<p>MUESTRA : Acero corrugado de media pulgada con conector mecánico de metal</p>																							
<p>FECHA DE EJECUCIÓN : 20/10/2023</p>																							
<p>FECHA DE EMISIÓN : 23/10/2023</p>																							
<p>RESULTADOS</p>																							
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="border: none;"></th> <th style="border: none;">Carga Máxima (Kgf)</th> <th style="border: none;">Velocidad de Ensayo (mm/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="border: none;">Muestra</td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> </tr> <tr> <td style="border: none;">1</td> <td style="border: none;">8235</td> <td style="border: none;">10</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">2</td> <td style="border: none;">8185</td> <td style="border: none;">10</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">3</td> <td style="border: none;">8310</td> <td style="border: none;">10</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">4</td> <td style="border: none;">8203</td> <td style="border: none;">10</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">5</td> <td style="border: none;">8245</td> <td style="border: none;">10</td> </tr> </tbody> </table>				Carga Máxima (Kgf)	Velocidad de Ensayo (mm/min)	Muestra			1	8235	10	2	8185	10	3	8310	10	4	8203	10	5	8245	10
	Carga Máxima (Kgf)	Velocidad de Ensayo (mm/min)																					
Muestra																							
1	8235	10																					
2	8185	10																					
3	8310	10																					
4	8203	10																					
5	8245	10																					
<p>EQUIPO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistema de prueba de materiales, Marca INSTRON modelo 23-100 - Celda de carga de tensión. Capacidad 100KN 																							
<p>OBSERVACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> -En estos ensayos se registraron las cargas máximas. - La rotura, fue en el material base. -Las probetas fueron proporcionadas por el solicitante del ensayo. 																							
<p>Ing. Elmer Mamani Calcina Laboratorio de Ensayo de Materiales</p> 																							

Imagen 4: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero, en empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 1/2", en el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura en laboratorio de ensayo de materiales en UNSA de Arequipa.



Ing. Elmer Mamani Calcina
Laboratorio de Ensayo de Materiales



Imagen 5: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero, de especímenes #1, #2, #3, #4 y #5 de empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 3/4", en el cual nos otorga la gráfica de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en UNSA de Arequipa.

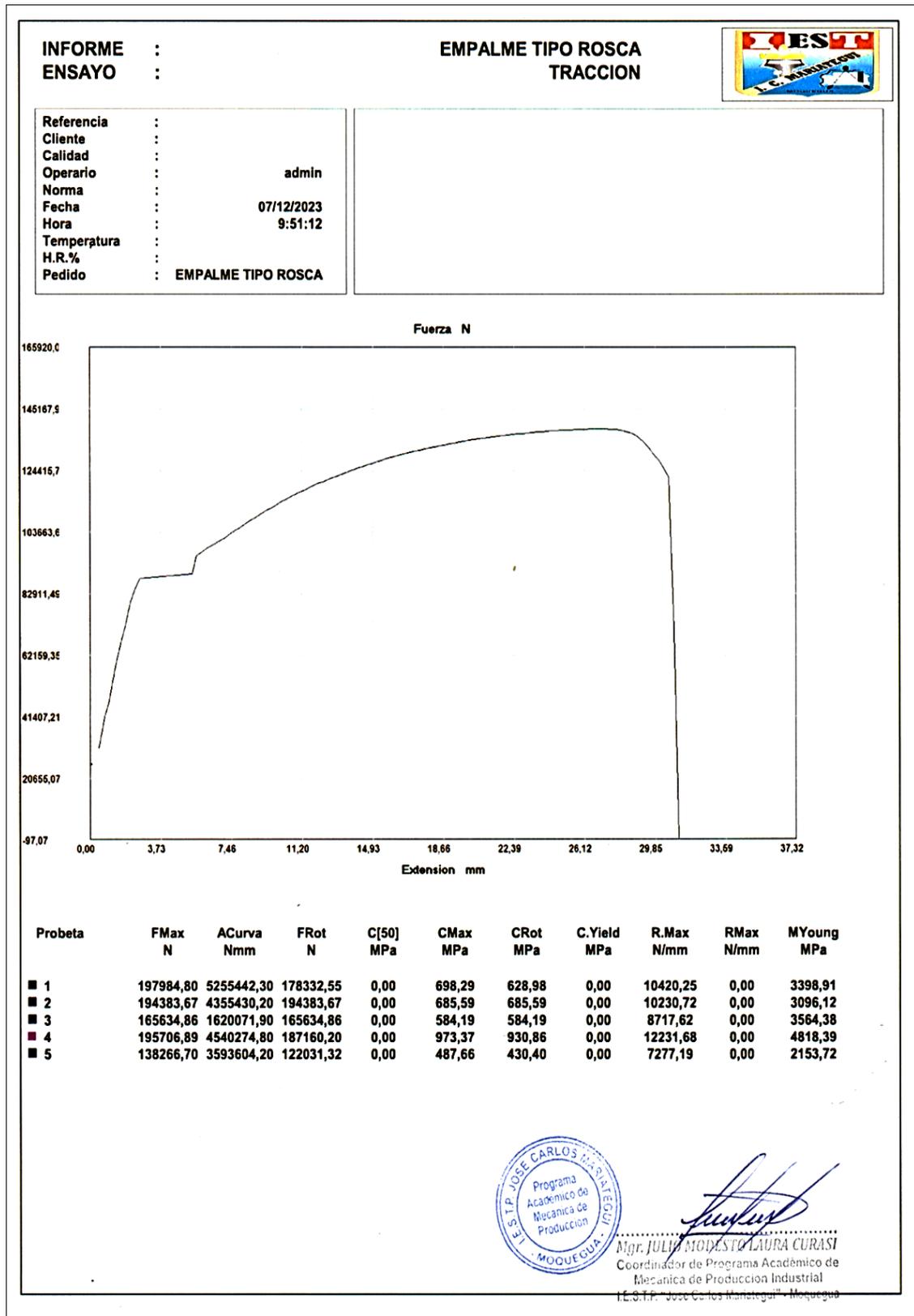


Imagen 6: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de espécimen #6, en empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 5/8", en el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

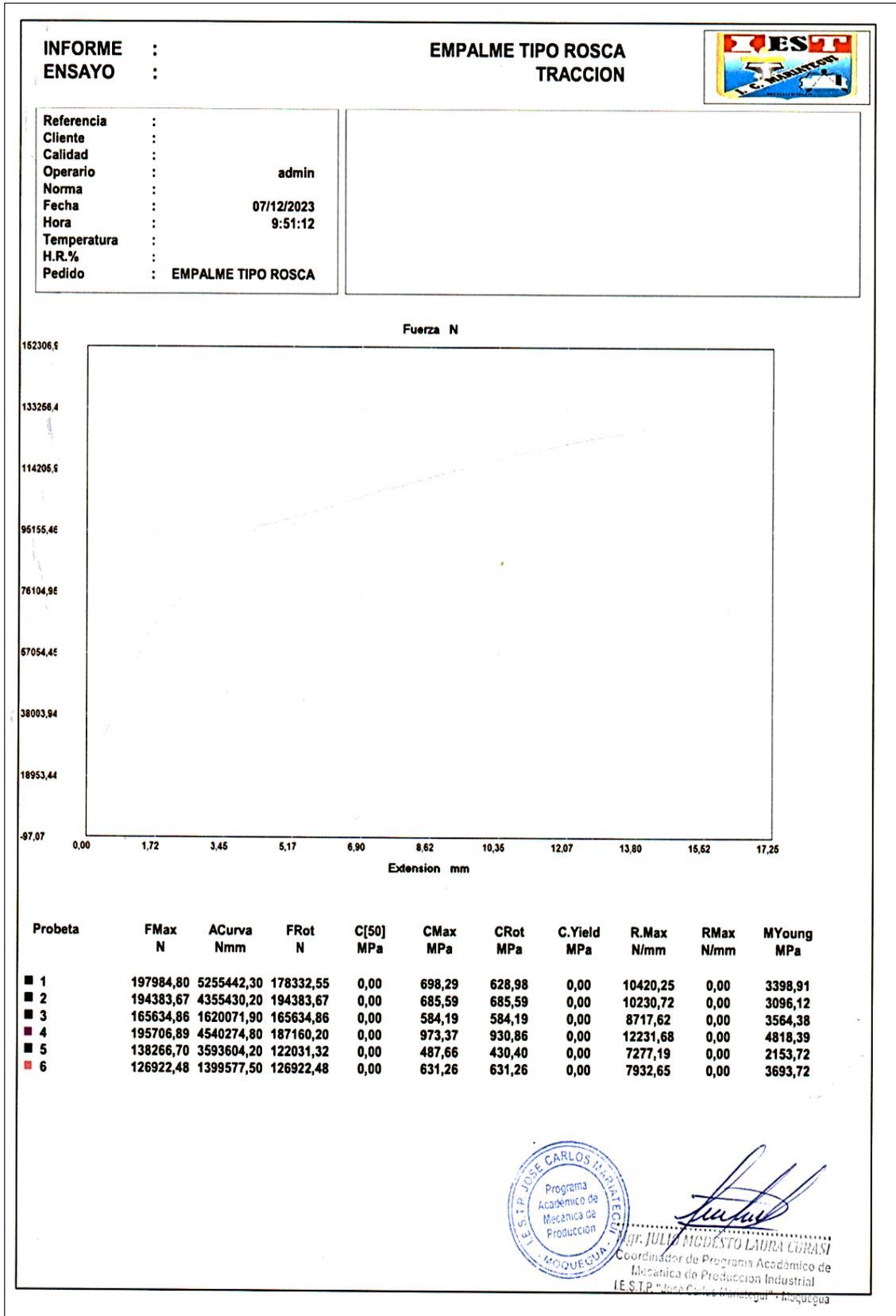


Imagen 7: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de espécimen #7, en empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 5/8", en el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

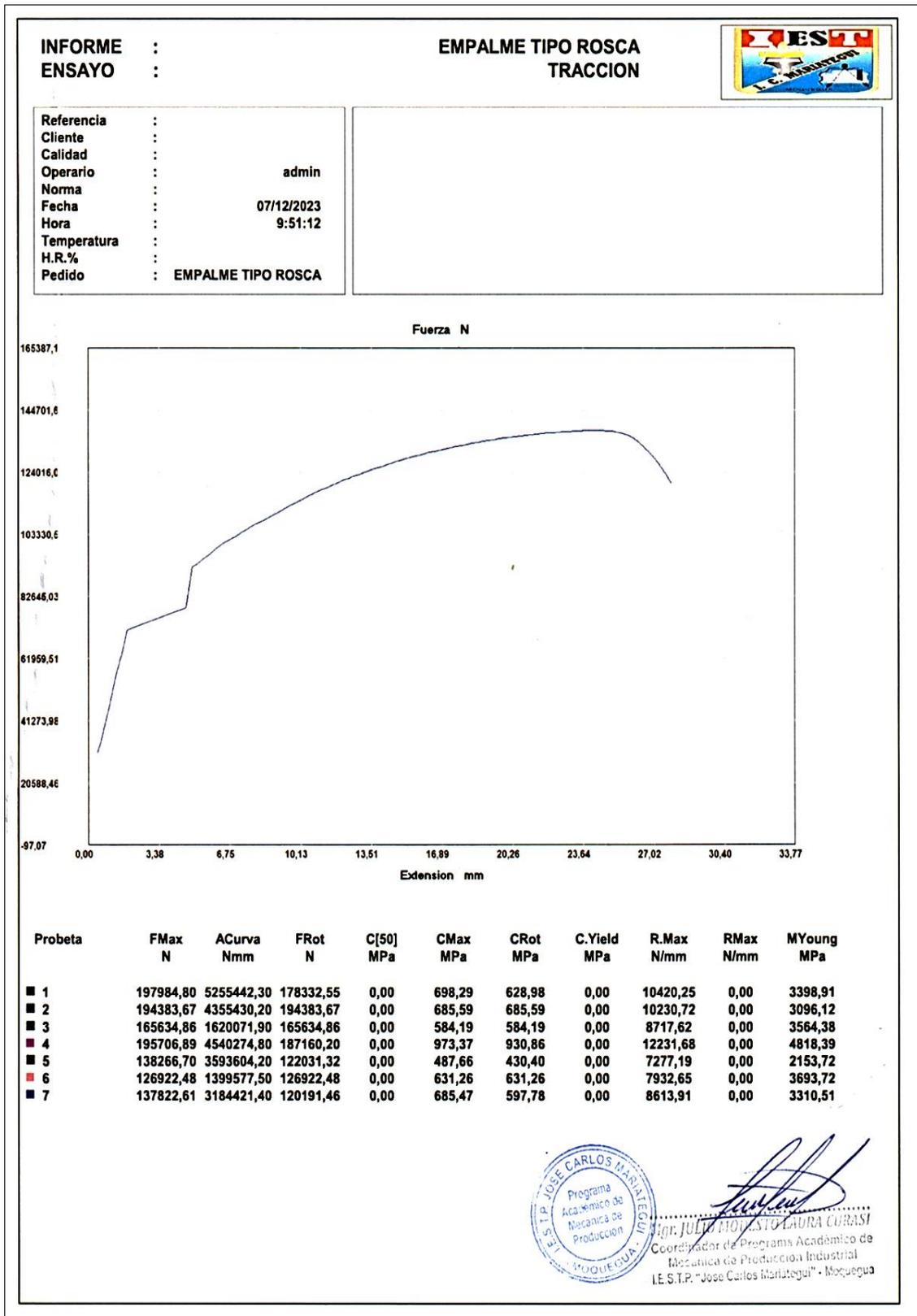


Imagen 8: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de espécimen #8, en empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 5/8", en el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

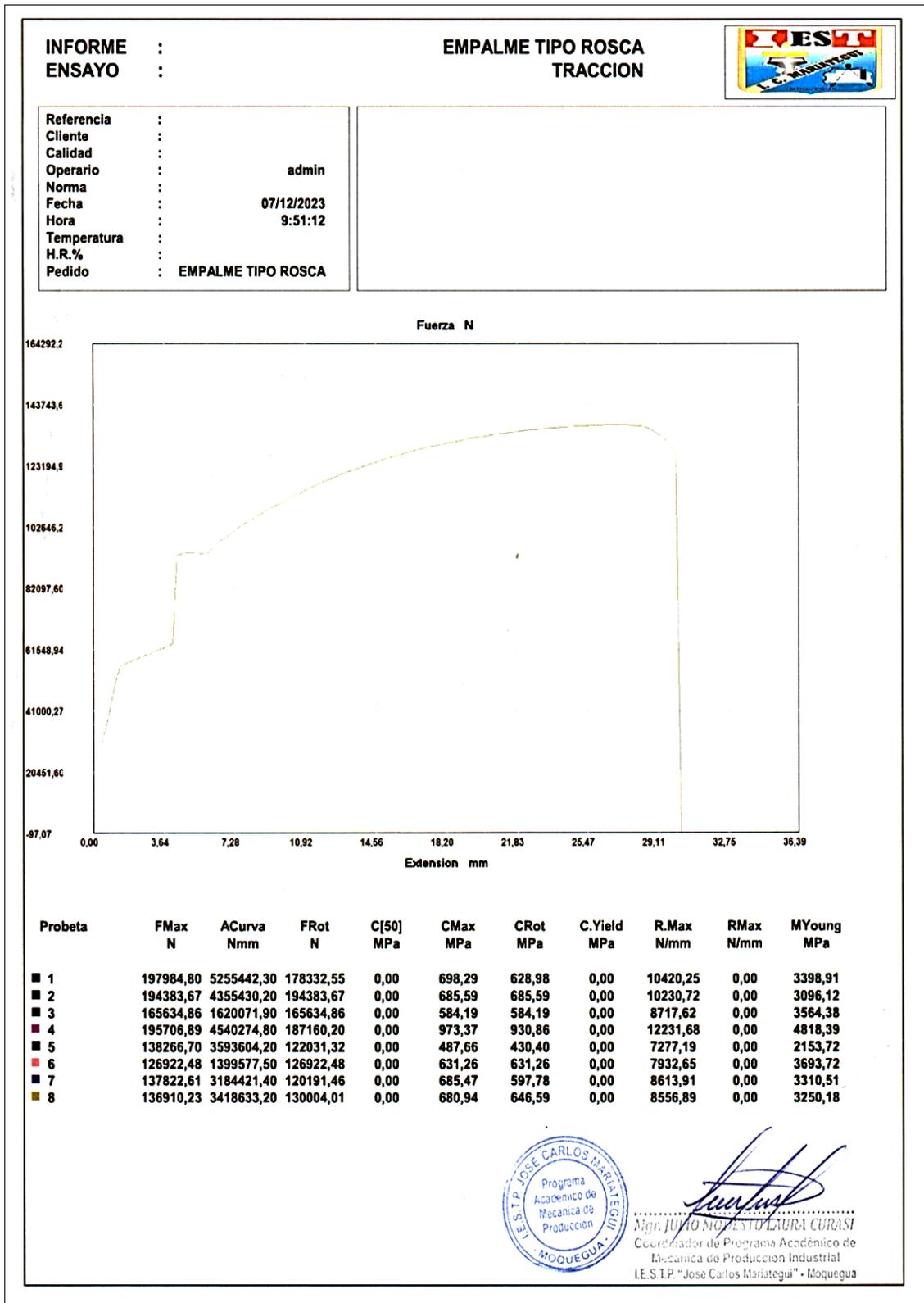


Imagen 9: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de espécimen #9, en empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 5/8", en el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

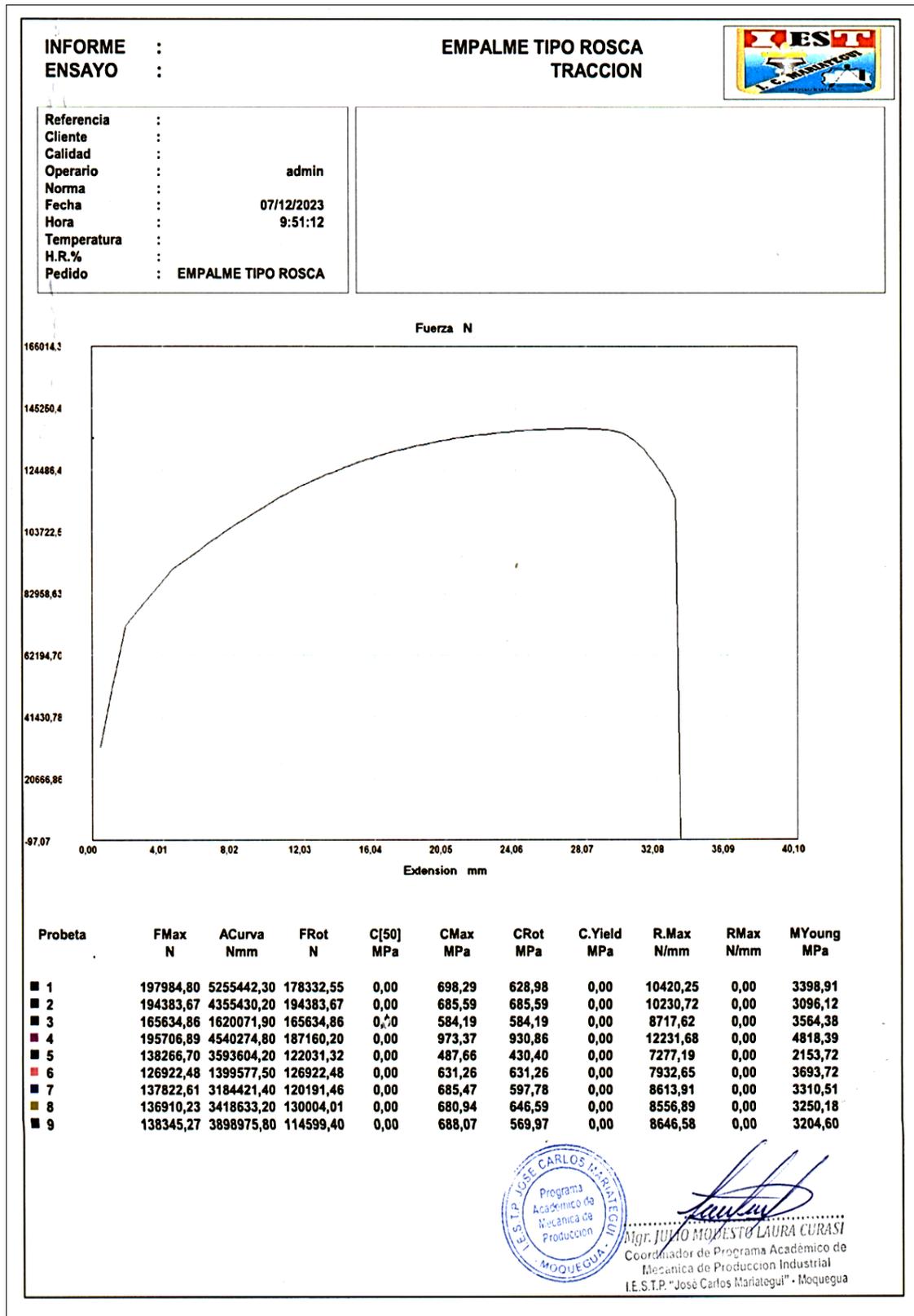


Imagen 10: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de espécimen #10, en empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 5/8", en el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

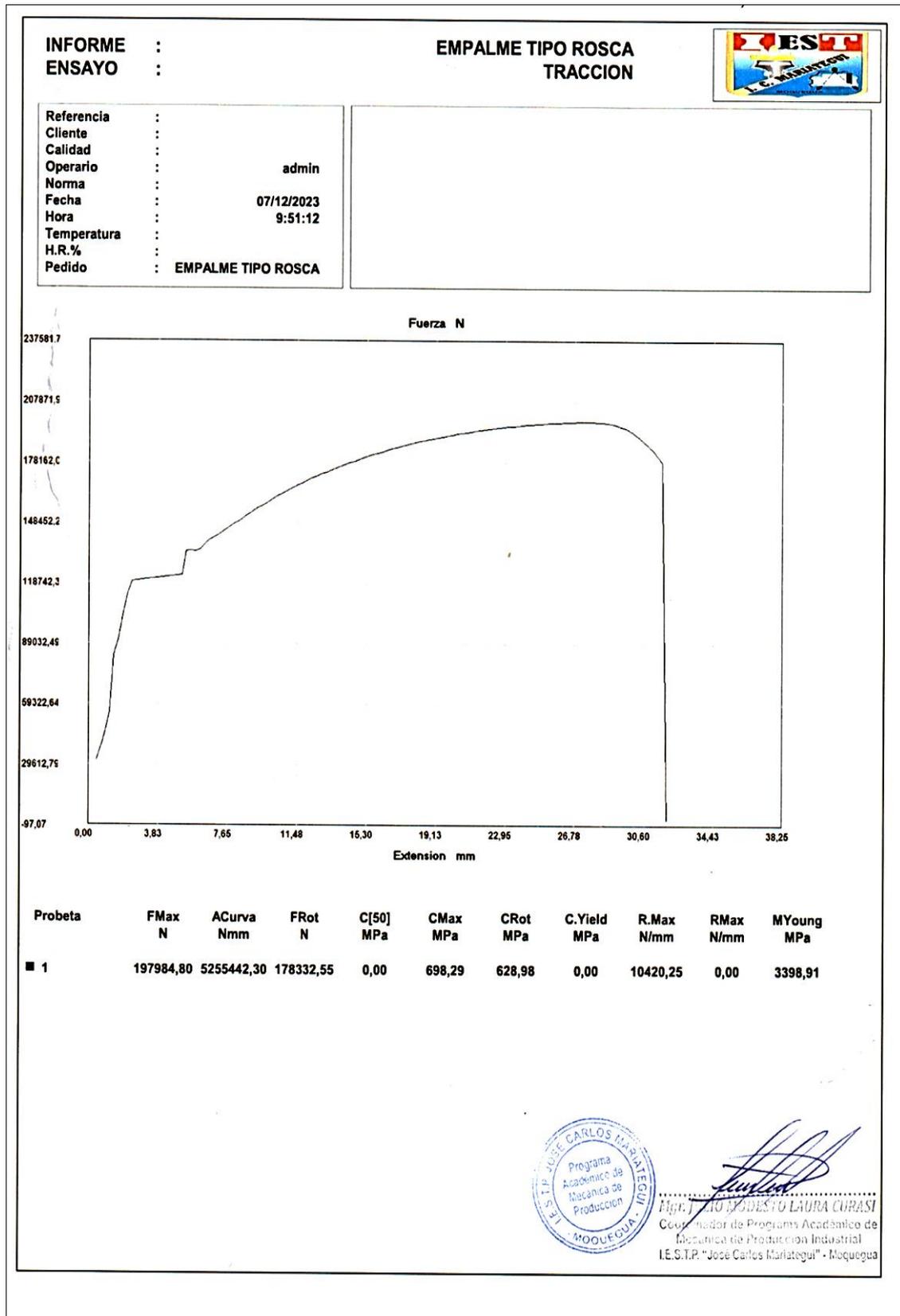


Imagen 11: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de espécimen #11, en empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 3/4", en el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

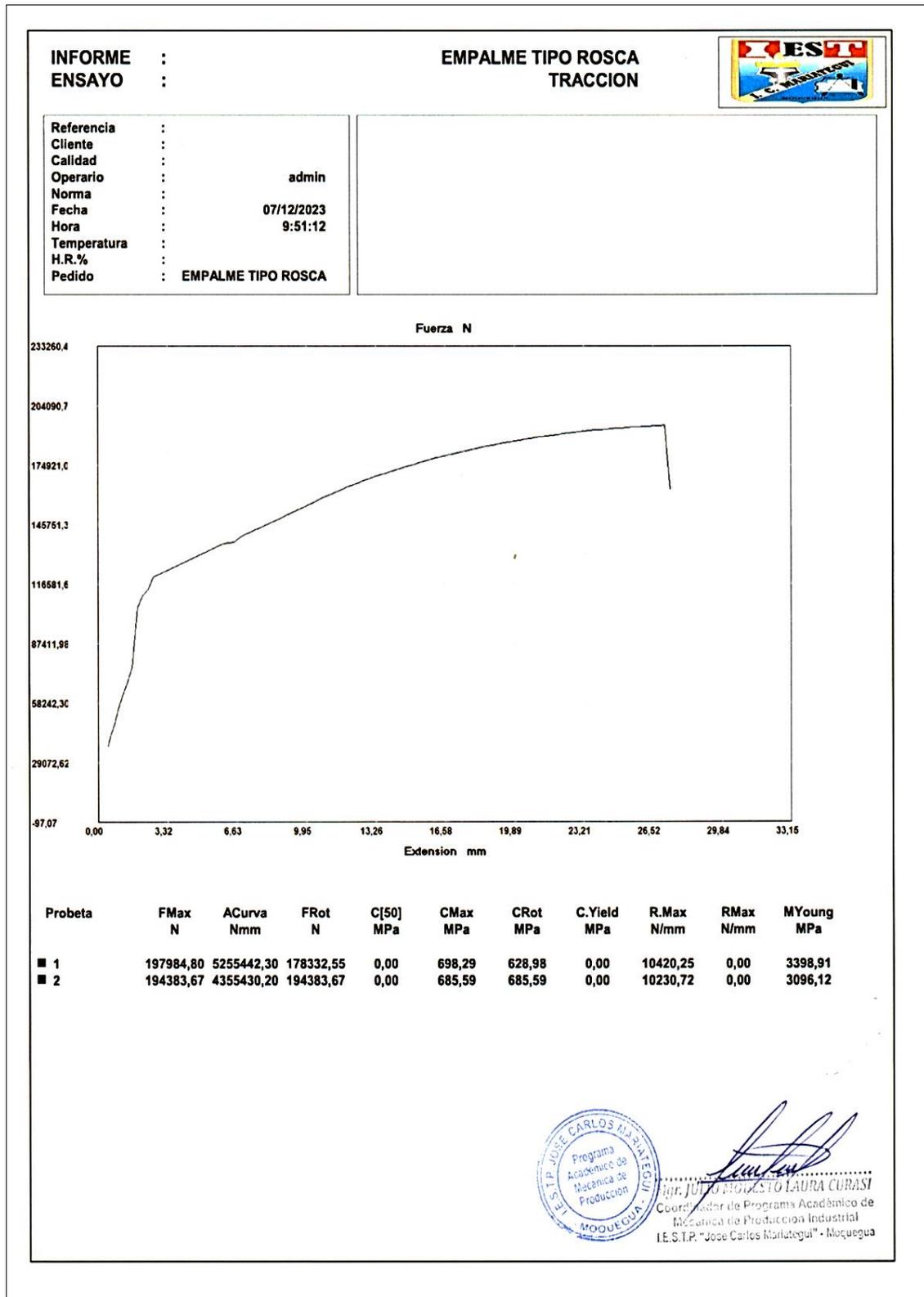


Imagen 12: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de espécimen #12, en empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 3/4", en el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

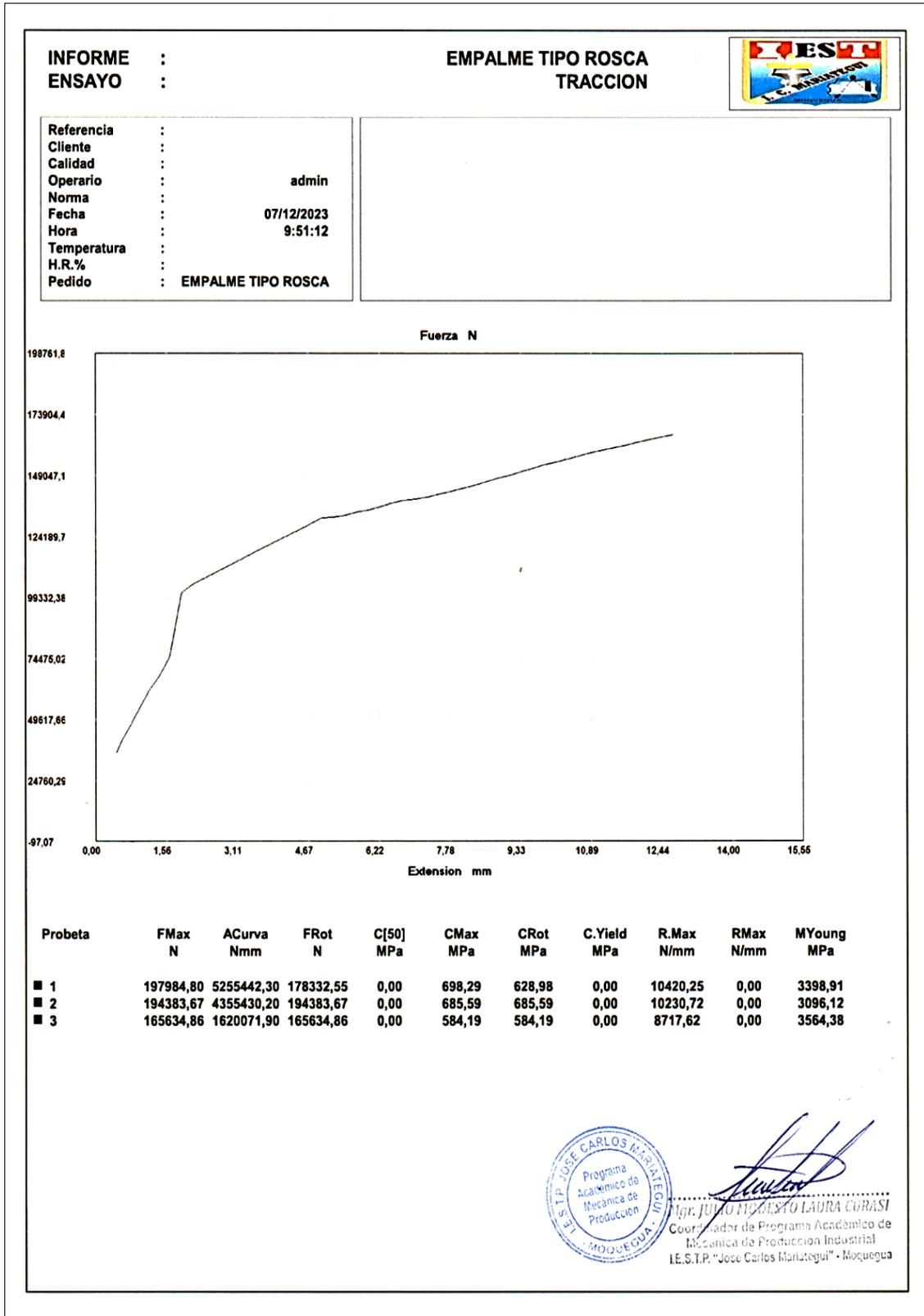


Imagen 13: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de espécimen #13, en empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 3/4", en el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

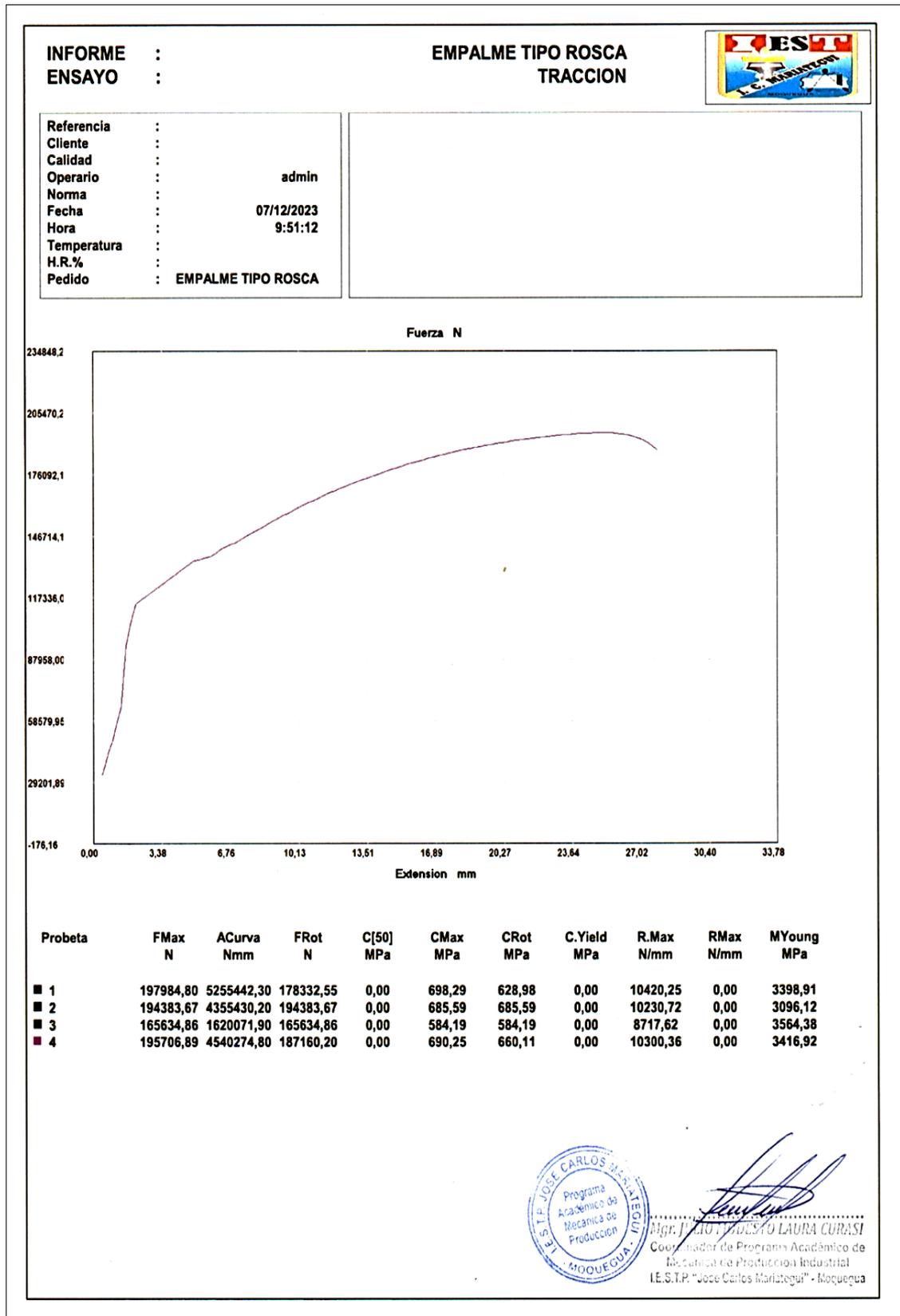


Imagen 14: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de espécimen #14, en empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 3/4", en el cual otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

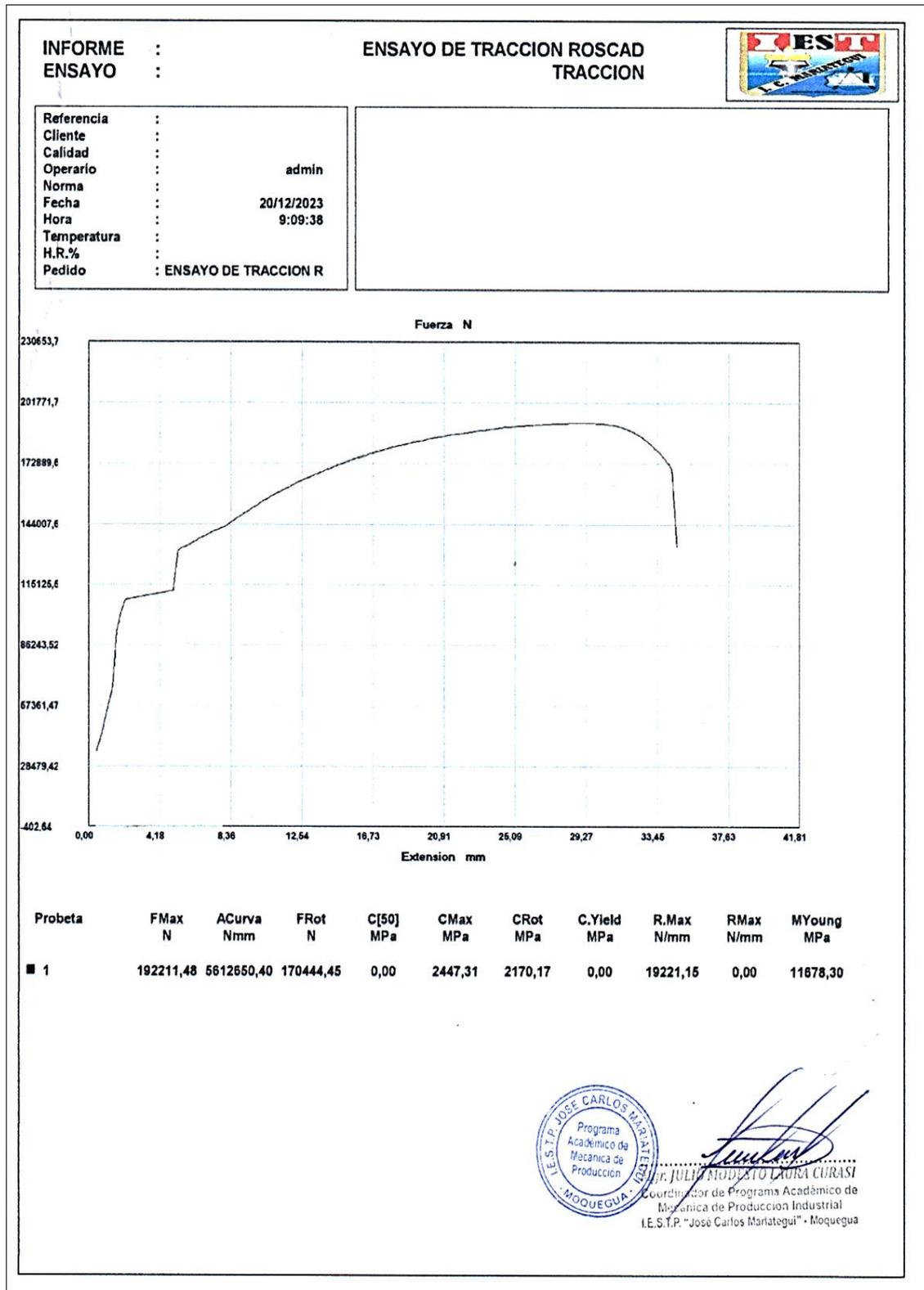


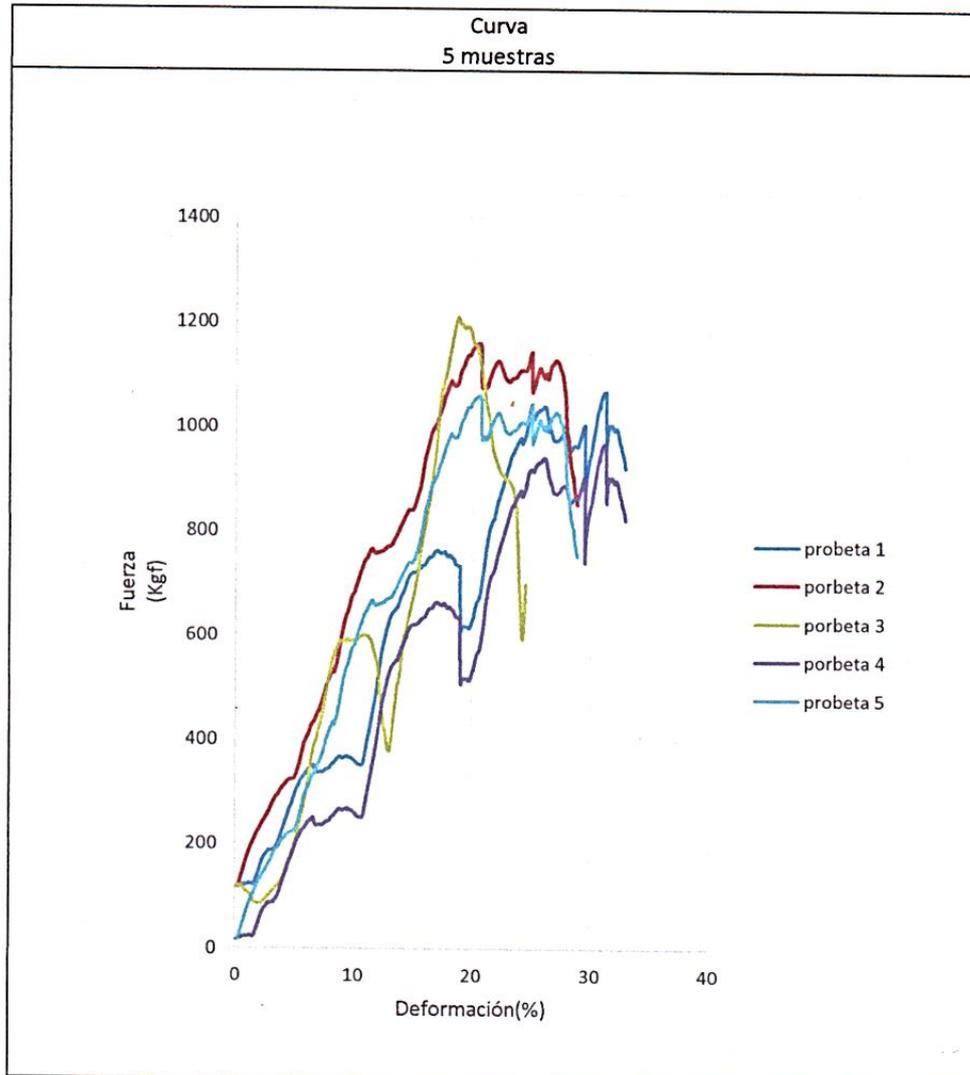
Imagen 15: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de espécimen #15, en empalme tipo I por conector mecánico para varillas de acero corrugado de 3/4", en el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.



	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MATERIALES ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES																			
ENSAYO DE TRACCIÓN INFORME DE LABORATORIO N° 016-2023-LEM Número de página:1/2																				
SOLICITADO POR : Pedro Junior Ortega Olvea, para el Estudio comparativo entre la eficiencia de los empalmes por conector mecánico, traslape y soldadura para varillas corrugadas de acero $f'y=4200\text{kg/cm}^2$ en tracción, Región Puno 202																				
REALIZADO POR : Laboratorio de Ensayo de Materiales																				
MUESTRA : Acero corrugado de media pulgada, con traslape con alambre																				
FECHA DE EJECUCIÓN : 20/10/2023																				
FECHA DE EMISIÓN : 23/10/2023																				
RESULTADOS																				
<table border="1"><thead><tr><th>Muestra</th><th>Carga Máxima (Kgf)</th><th>Velocidad de Ensayo (mm/min)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>1067</td><td>10</td></tr><tr><td>2</td><td>1162</td><td>10</td></tr><tr><td>3</td><td>1029</td><td>10</td></tr><tr><td>4</td><td>969</td><td>10</td></tr><tr><td>5</td><td>1062</td><td>10</td></tr></tbody></table>			Muestra	Carga Máxima (Kgf)	Velocidad de Ensayo (mm/min)	1	1067	10	2	1162	10	3	1029	10	4	969	10	5	1062	10
Muestra	Carga Máxima (Kgf)	Velocidad de Ensayo (mm/min)																		
1	1067	10																		
2	1162	10																		
3	1029	10																		
4	969	10																		
5	1062	10																		
EQUIPO: - Sistema de prueba de materiales, Marca INSTRON modelo 23-100 - Celda de carga de tensión. Capacidad 100KN																				
OBSERVACIONES: -En estos ensayos se registraron las cargas máximas. - No hubo rotura, solo se deslizaron los traslapes de alambre -Las probetas fueron proporcionadas por el solicitante del ensayo.																				
 Ing. Elmer Mamani Calcina Laboratorio de Ensayo de Materiales 																				

Imagen 16: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de especímenes #16, #17, #18, #19 y #20 en empalme tipo II por traslape para varillas de acero corrugado de 1/2", en el cual nos otorga la carga última registrada antes de la rotura en laboratorio de ensayo de materiales en UNSA de Arequipa.

Número de páginas: 2/2



Ing. Elmer Mamani Calcina
Laboratorio de Ensayo de Materiales

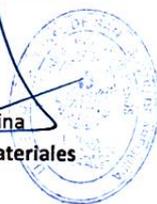


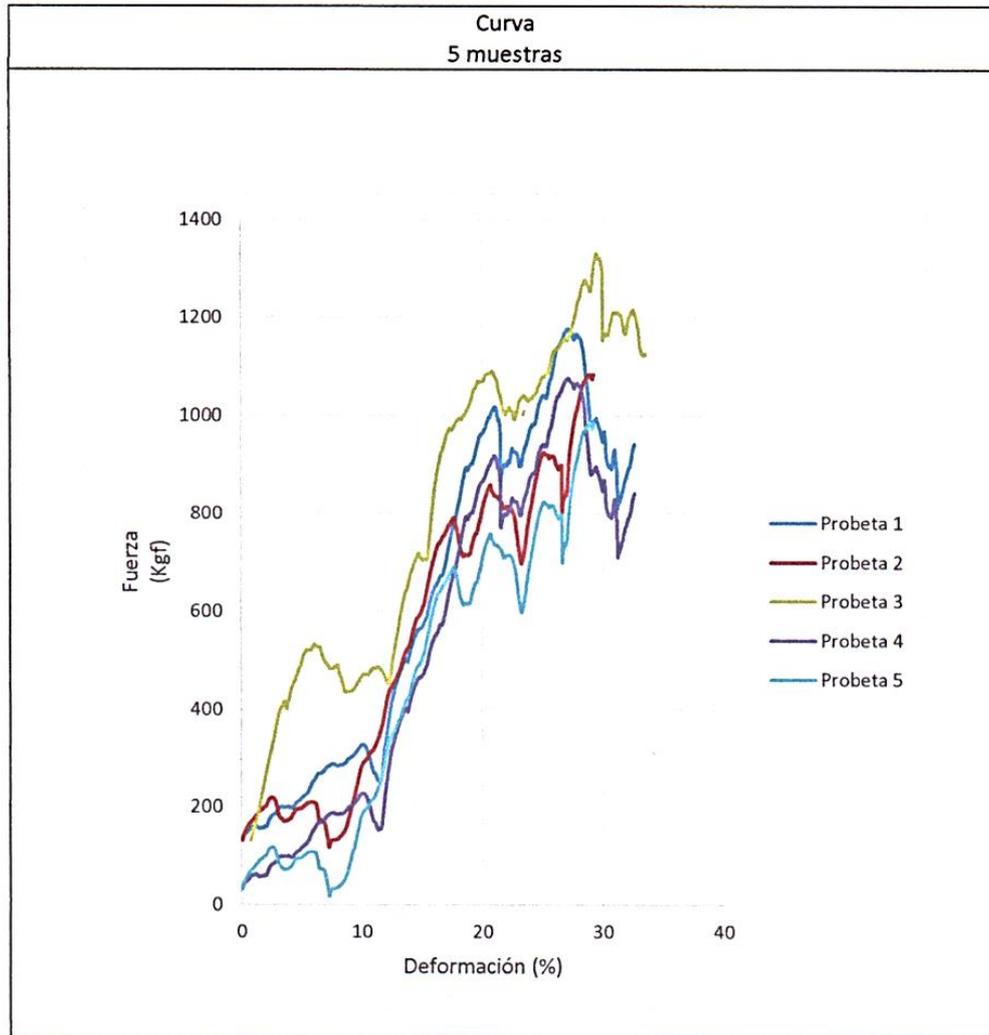
Imagen 17: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de especímenes #16, #17, #18, #19 y #20 en empalme tipo II por traslape para varillas de acero corrugado de 1/2", en el cual nos otorga el diagrama de esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en UNSA de Arequipa.



	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MATERIALES ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES																			
ENSAYO DE TRACCIÓN INFORME DE LABORATORIO N° 017-2023-LEM																				
Número de página:1/2																				
SOLICITADO POR : Pedro Junior Ortega Olvea, para el Estudio comparativo entre la eficiencia de los empalmes por conector mecánico, traslape y soldadura para varillas corrugadas de acero $f'y=4200\text{kg/cm}^2$ en tracción, Región Puno 202																				
REALIZADO POR : Laboratorio de Ensayo de Materiales																				
MUESTRA : Acero corrugado de 5/8 de pulgada, con traslape con alambre																				
FECHA DE EJECUCIÓN : 20/10/2023																				
FECHA DE EMISIÓN : 23/10/2023																				
RESULTADOS																				
<table border="1"><thead><tr><th>Muestra</th><th>Carga Máxima (Kgf)</th><th>Velocidad de Ensayo (mm/min)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>1177</td><td>10</td></tr><tr><td>2</td><td>1084</td><td>10</td></tr><tr><td>3</td><td>1332</td><td>10</td></tr><tr><td>4</td><td>1077</td><td>10</td></tr><tr><td>5</td><td>985</td><td>10</td></tr></tbody></table>			Muestra	Carga Máxima (Kgf)	Velocidad de Ensayo (mm/min)	1	1177	10	2	1084	10	3	1332	10	4	1077	10	5	985	10
Muestra	Carga Máxima (Kgf)	Velocidad de Ensayo (mm/min)																		
1	1177	10																		
2	1084	10																		
3	1332	10																		
4	1077	10																		
5	985	10																		
EQUIPO: - Sistema de prueba de materiales, Marca INSTRON modelo 23-100 - Celda de carga de tensión. Capacidad 100KN																				
OBSERVACIONES: -En estos ensayos se registraron las cargas máximas. - No hubo rotura, solo se deslizaron los traslapes de alambre -Las probetas fueron proporcionadas por el solicitante del ensayo.																				
 Ing. Elmer Mamani Calcina Laboratorio de Ensayo de Materiales 																				

Imagen 18: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de especímenes #21, #22, #23, #24 y #25 en empalme tipo II por traslape para varillas de acero corrugado de 5/8", en el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura en laboratorio de ensayo de materiales en UNSA de Arequipa.

Número de páginas: 2/2



Ing. Elmer Mamani Calcina
Laboratorio de Ensayo de Materiales

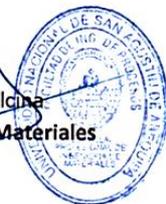


Imagen 19: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de especímenes #21, #22, #23, #24 y #25, en empalme tipo II por traslape para varillas de acero corrugado de 5/8", en el cual nos otorga el diagrama de esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en UNSA de Arequipa.



	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MATERIALES ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES	
---	---	---

ENSAYO DE TRACCIÓN
INFORME DE LABORATORIO N° 018-2023-LEM

Número de página:1/2

SOLICITADO POR : Pedro Junior Ortega Olvea, para el Estudio comparativo entre la eficiencia de los empalmes por conector mecánico, traslape y soldadura para varillas corrugadas de acero $f'y=4200\text{kg/cm}^2$ en tracción, Región Puno 202

REALIZADO POR : Laboratorio de Ensayo de Materiales

MUESTRA : Acero corrugado de 3/4 de pulgada, con traslape con alambre

FECHA DE EJECUCIÓN : 20/10/2023

FECHA DE EMISIÓN : 23/10/2023

RESULTADOS

Muestra	Carga Máxima (Kgf)	Velocidad de Ensayo (mm/min)
1	1434	10
2	1382	10
3	1475	10
4	1335	10
5	1302	10

EQUIPO:

- Sistema de prueba de materiales, Marca INSTRON modelo 23-100
- Celda de carga de tensión. Capacidad 100KN

OBSERVACIONES:

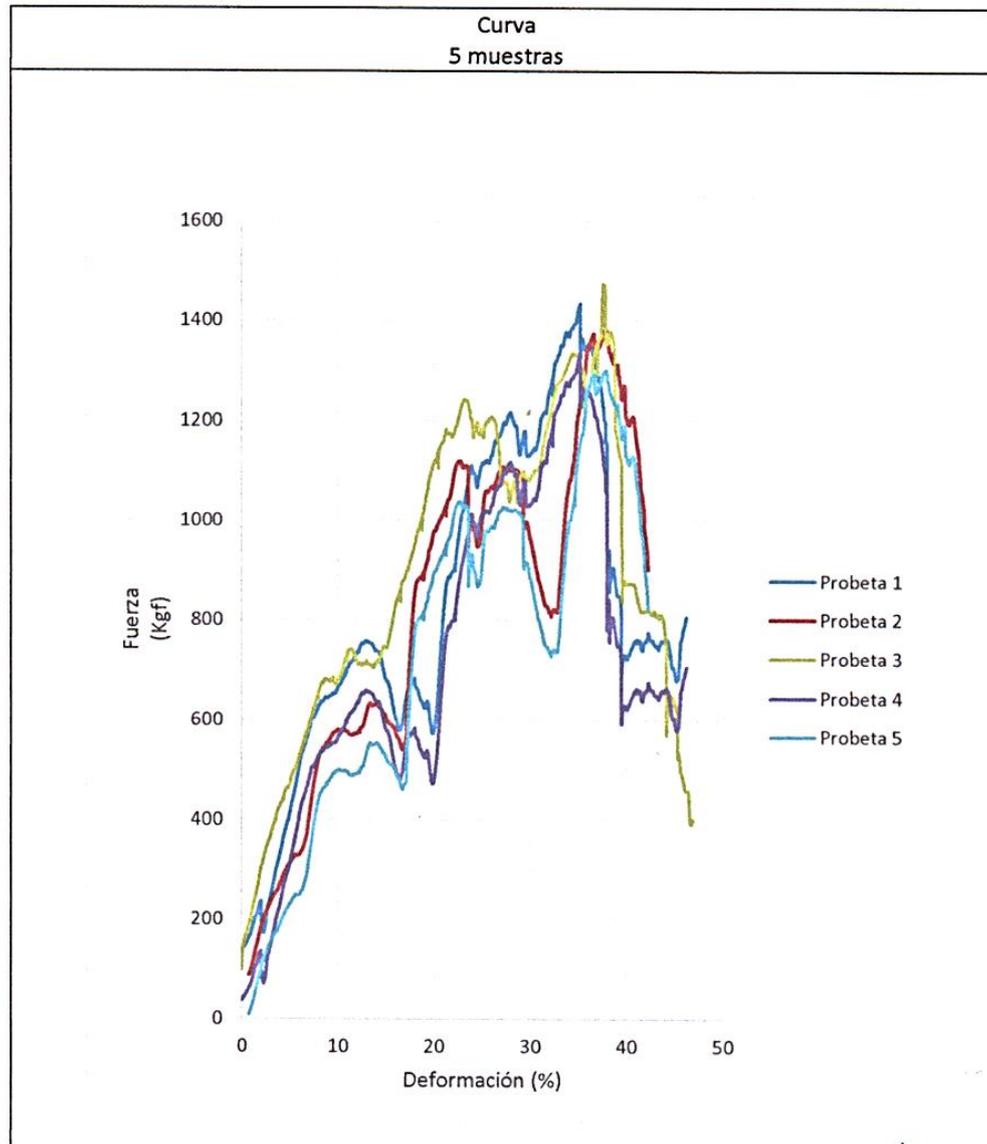
- En estos ensayos se registraron las cargas máximas.
- No hubo rotura, solo se deslizaron los traslapes de alambre
- Las probetas fueron proporcionadas por el solicitante del ensayo.


Ing. Elmer Mamani Calcina
Laboratorio de Ensayo de Materiales



Imagen 20: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de especímenes #26, #27, #28, #29 y #30 en empalme tipo II por traslape para varillas de acero corrugado de 3/4", en el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura en laboratorio de ensayo de materiales en UNSA de Arequipa.

Número de páginas: 2/2



Ing. Elmer Mamani Calcina
Laboratorio de Ensayo de Materiales



Imagen 21: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de especímenes #26, #27, #28, #29 y #30, en empalme tipo II por traslape para varillas de acero corrugado de 3/4", en el cual nos otorga el diagrama de esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en UNSA de Arequipa.



 UNSA <small>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</small>	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MATERIALES ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES	
--	---	---

ENSAYO DE TRACCIÓN
INFORME DE LABORATORIO N° 015-2023-LEM

Número de página:1/2

SOLICITADO POR : Pedro Junior Ortega Olvea, para el Estudio comparativo entre la eficiencia de los empalmes por conector mecánico, traslape y soldadura para varillas corrugadas de acero $f'y=4200\text{kg/cm}^2$ en tracción, Región Puno 202

REALIZADO POR : Laboratorio de Ensayo de Materiales
MUESTRA : Acero corrugado de media pulgada, con unión soldada
FECHA DE EJECUCIÓN : 20/10/2023
FECHA DE EMISIÓN : 23/10/2023

RESULTADOS

Muestra	Carga Máxima (Kgf)	Velocidad de Ensayo (mm/min)
1	4693	10
2	6233	10
3	6092	10
4	5572	10
5	5712	10

EQUIPO:

- Sistema de prueba de materiales, Marca INSTRON modelo 23-100
- Celda de carga de tensión. Capacidad 100KN

OBSERVACIONES:

- En estos ensayos se registraron las cargas máximas.
- La rotura, fue en el material base.
- Las probetas fueron proporcionadas por el solicitante del ensayo.


Ing. Elmer Mamani Calaña
Laboratorio de Ensayo de Materiales


Imagen 22: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de especímenes #31, #32, #33, #34 y #35 en empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado de 1/2", en el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura en laboratorio de ensayo de materiales en UNSA de Arequipa.

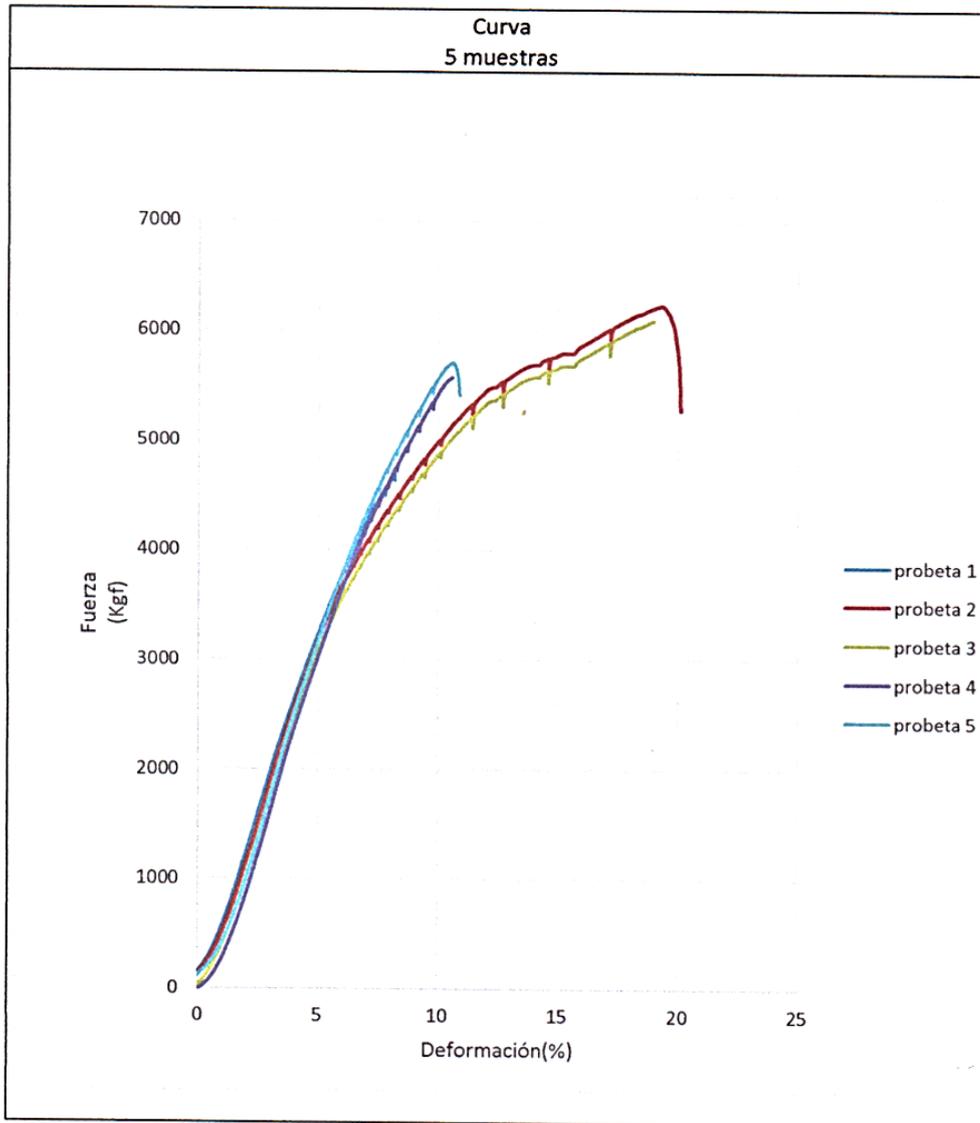


UNSA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

LABORATORIO DE ENSAYO DE
MATERIALES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE
MATERIALES
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES



Número de páginas: 2/2



Ing. Elmer Mamani Calcina
Laboratorio de Ensayo de Materiales



Imagen 23: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de especímenes #31, #32, #33, #34 y #35, en empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado de 1/2", en el cual nos otorga el diagrama de esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en UNSA de Arequipa.

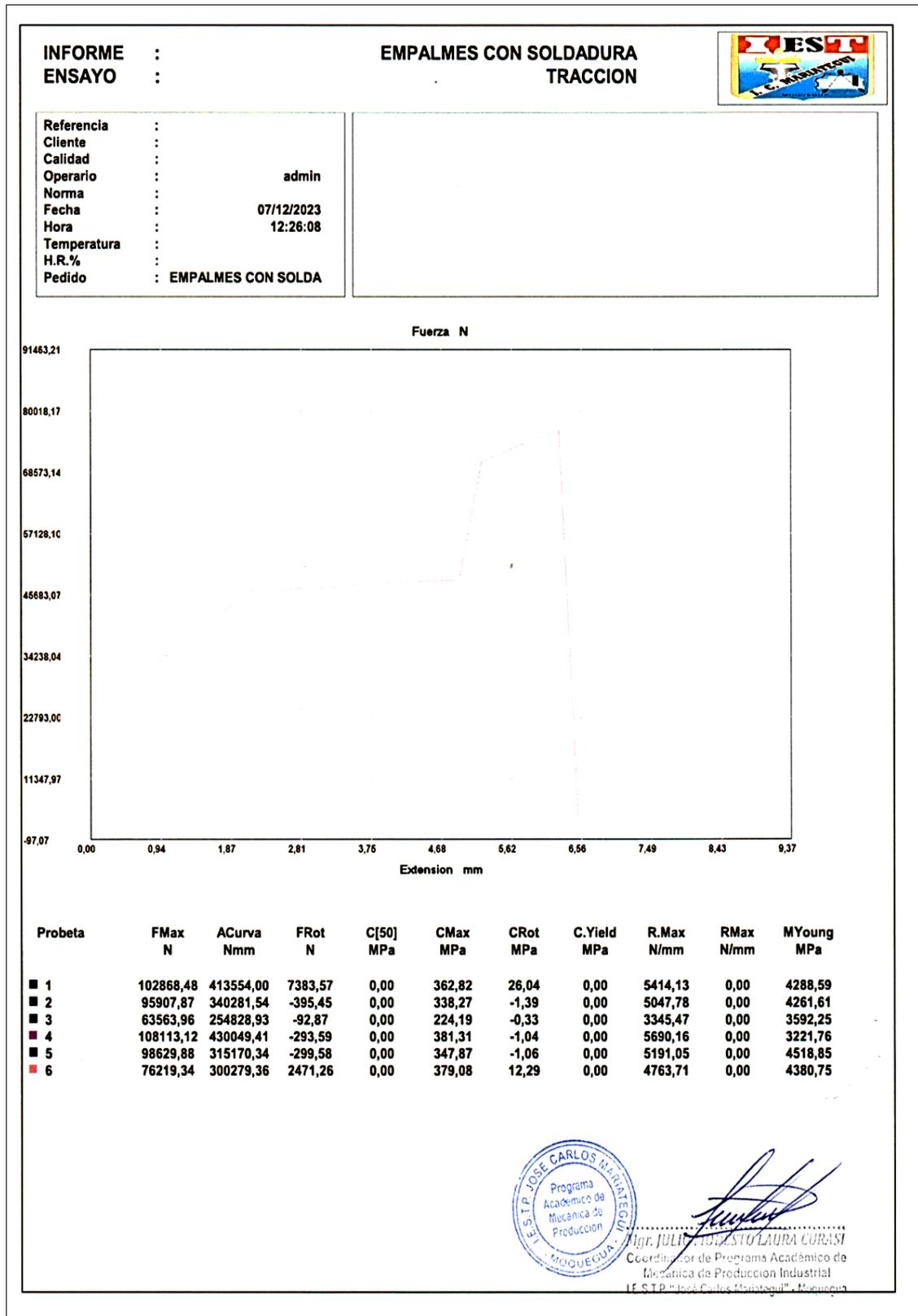


Imagen 24: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de especímenes #36 en empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado de 5/8", en el el cual otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

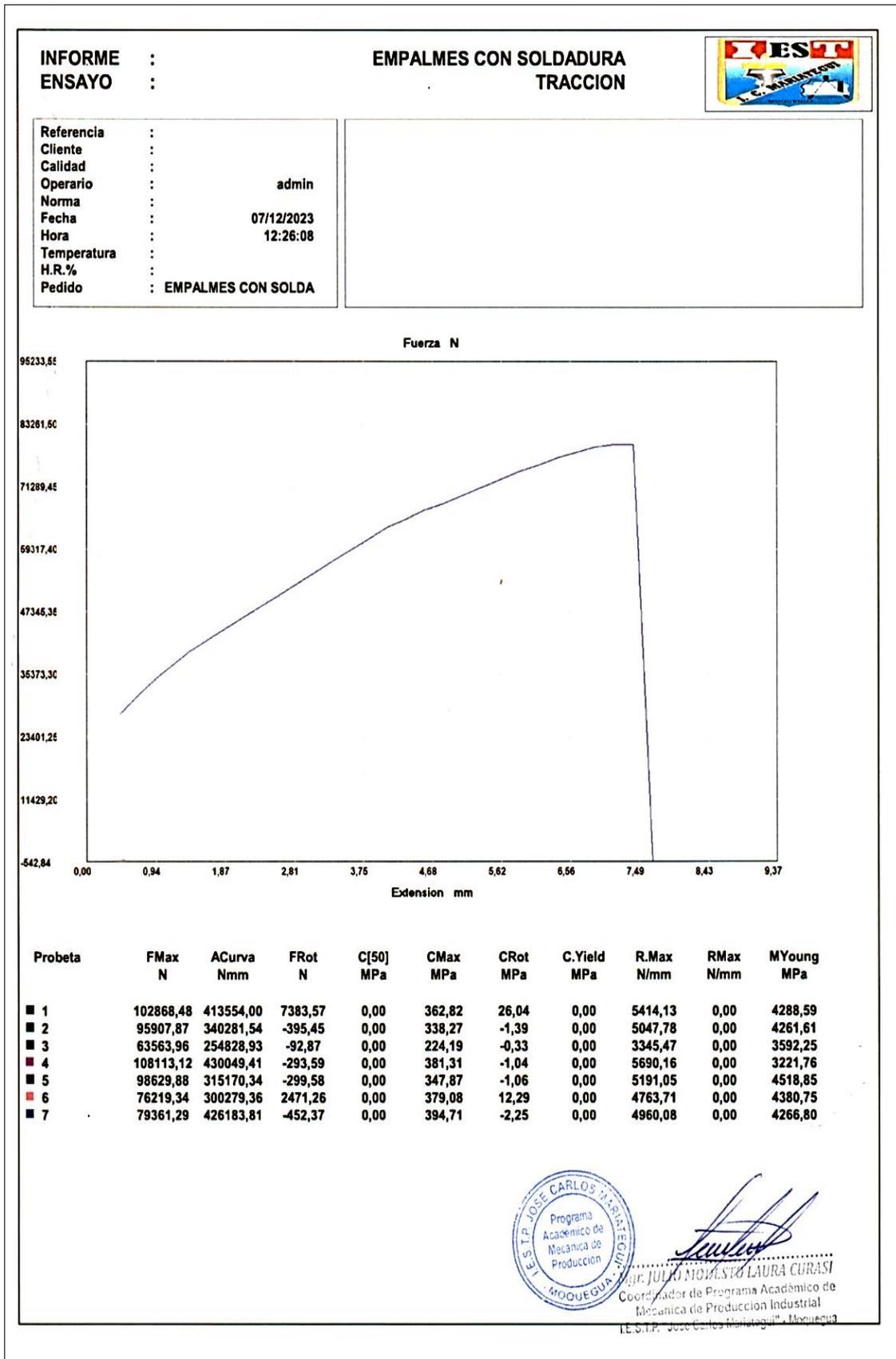


Imagen 25: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de especímenes #37 en empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado de 5/8", en el en el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

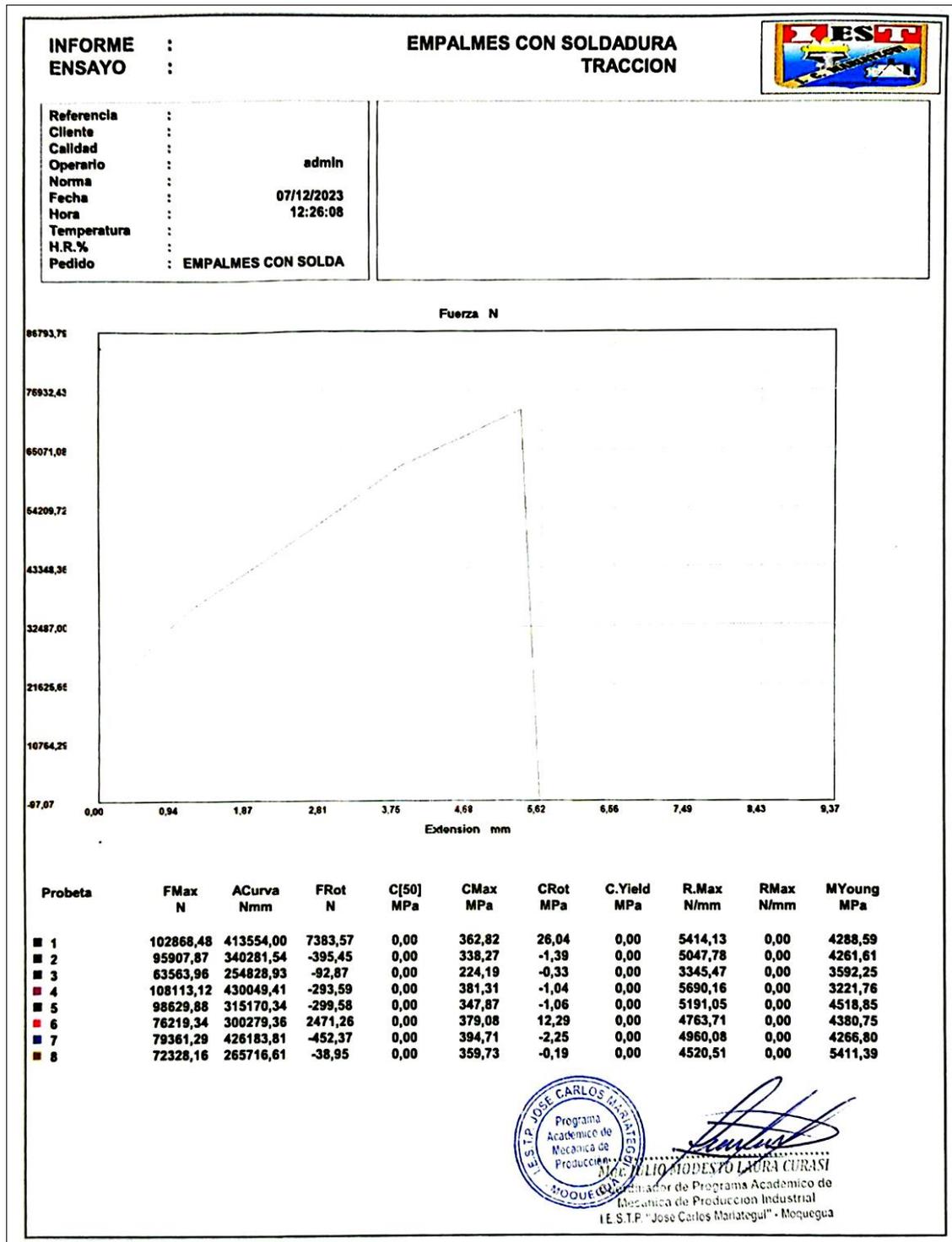


Imagen 26: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de especímenes #38 en empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado de 5/8", en el el el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

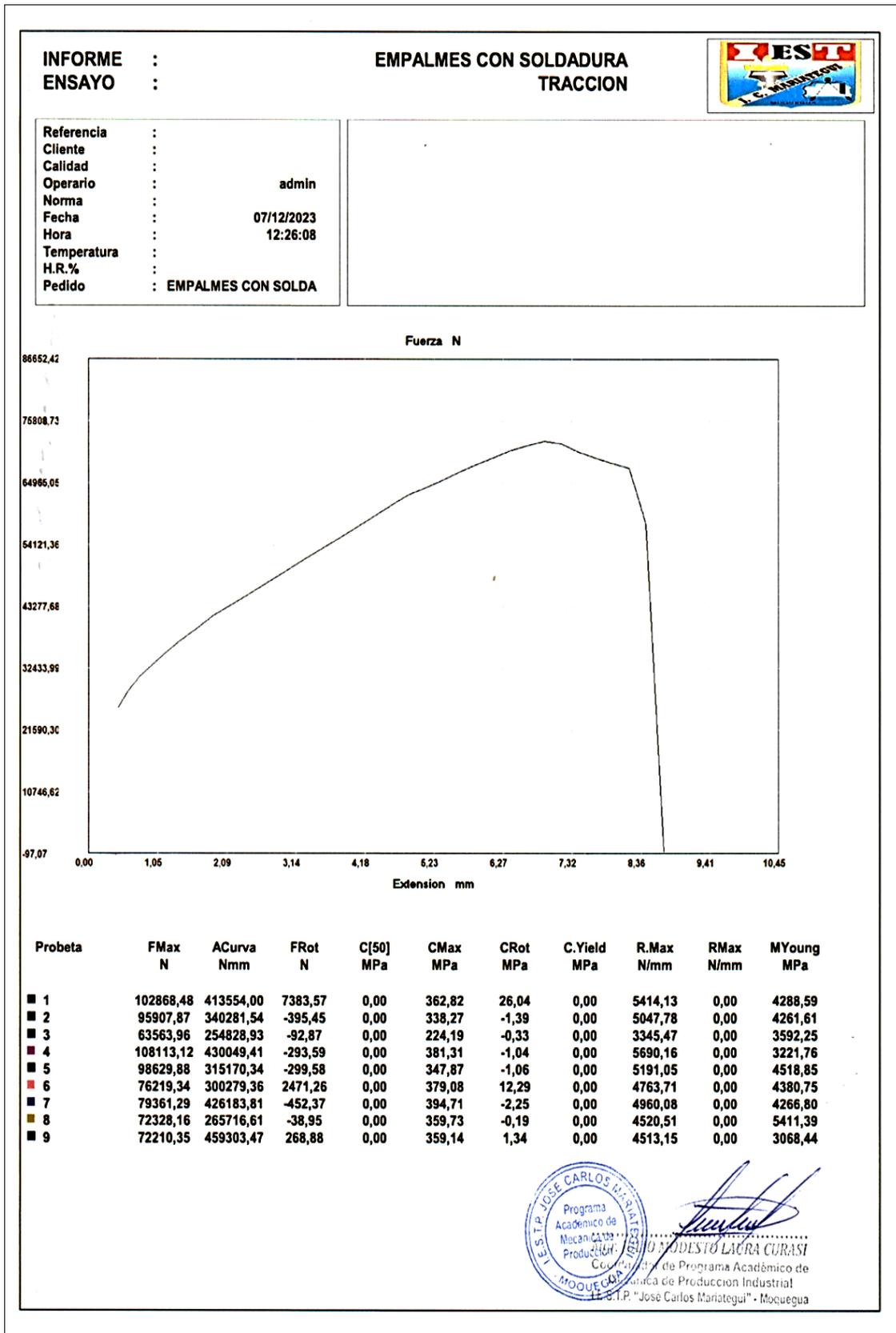


Imagen 27: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de especímenes #39 en empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado de 5/8", en el en el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

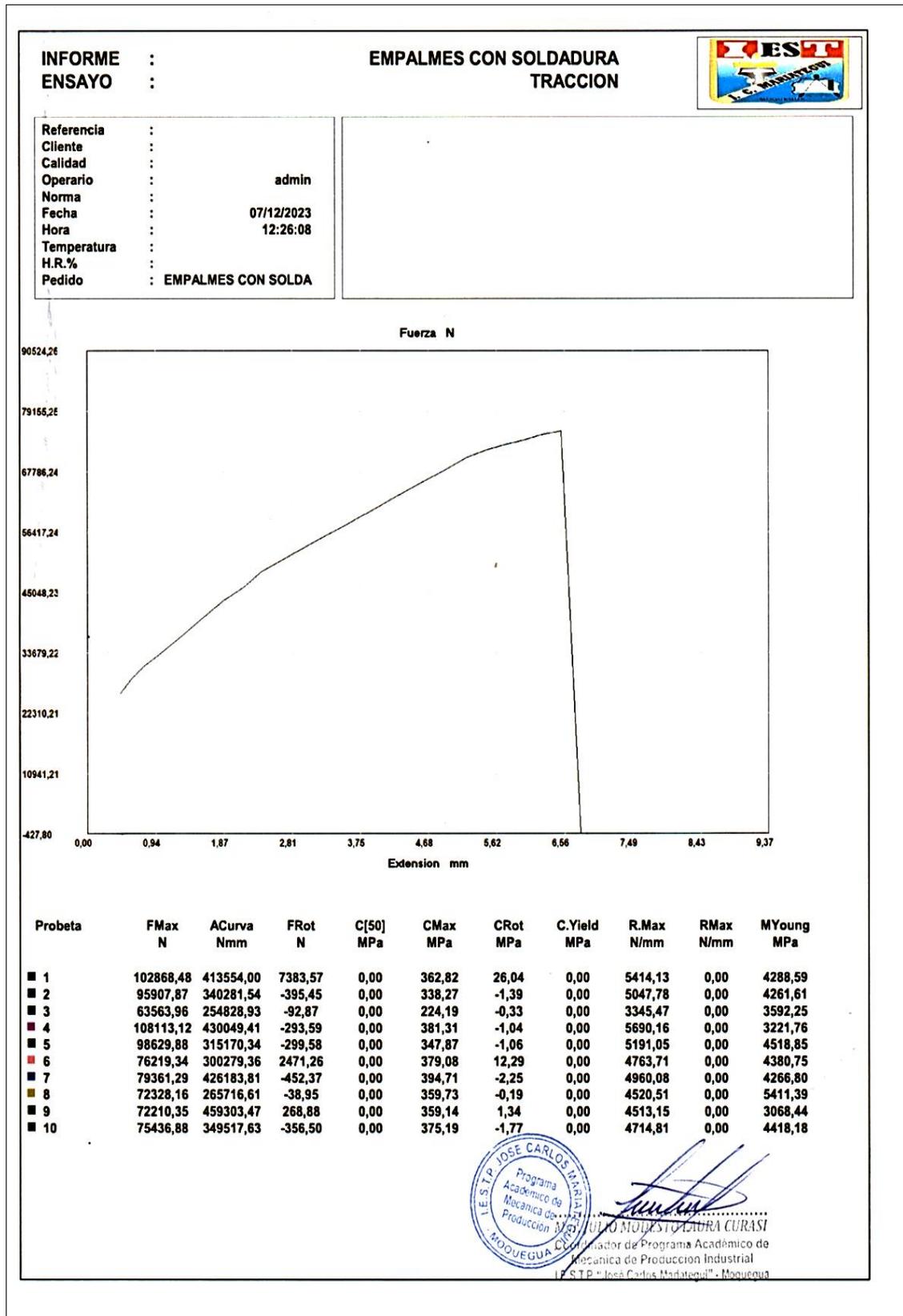


Imagen 28: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de especímenes #40 en empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado de 5/8", en el el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

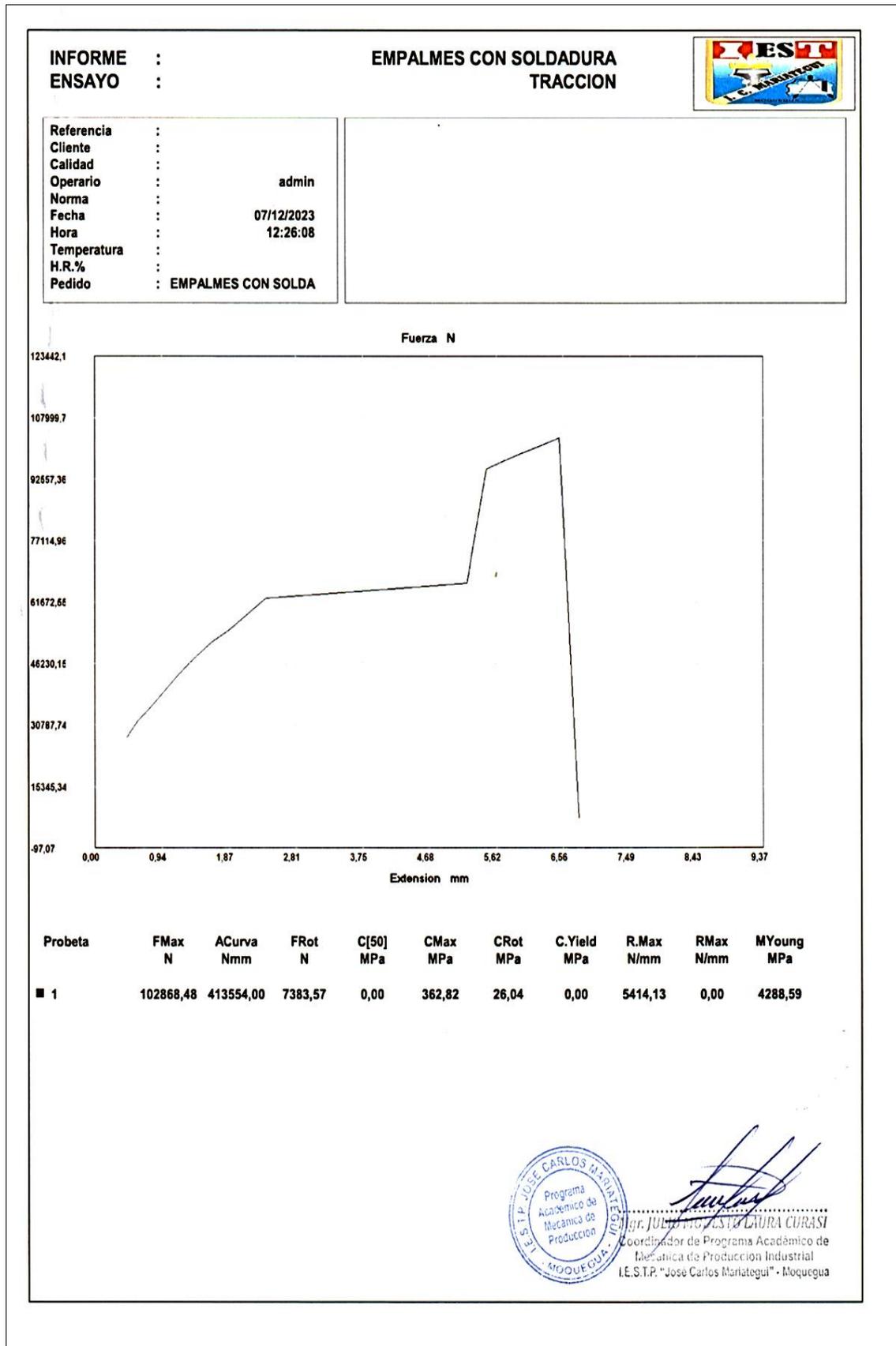


Imagen 29: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de especímenes #41 en empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado de 3/4", en el en el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

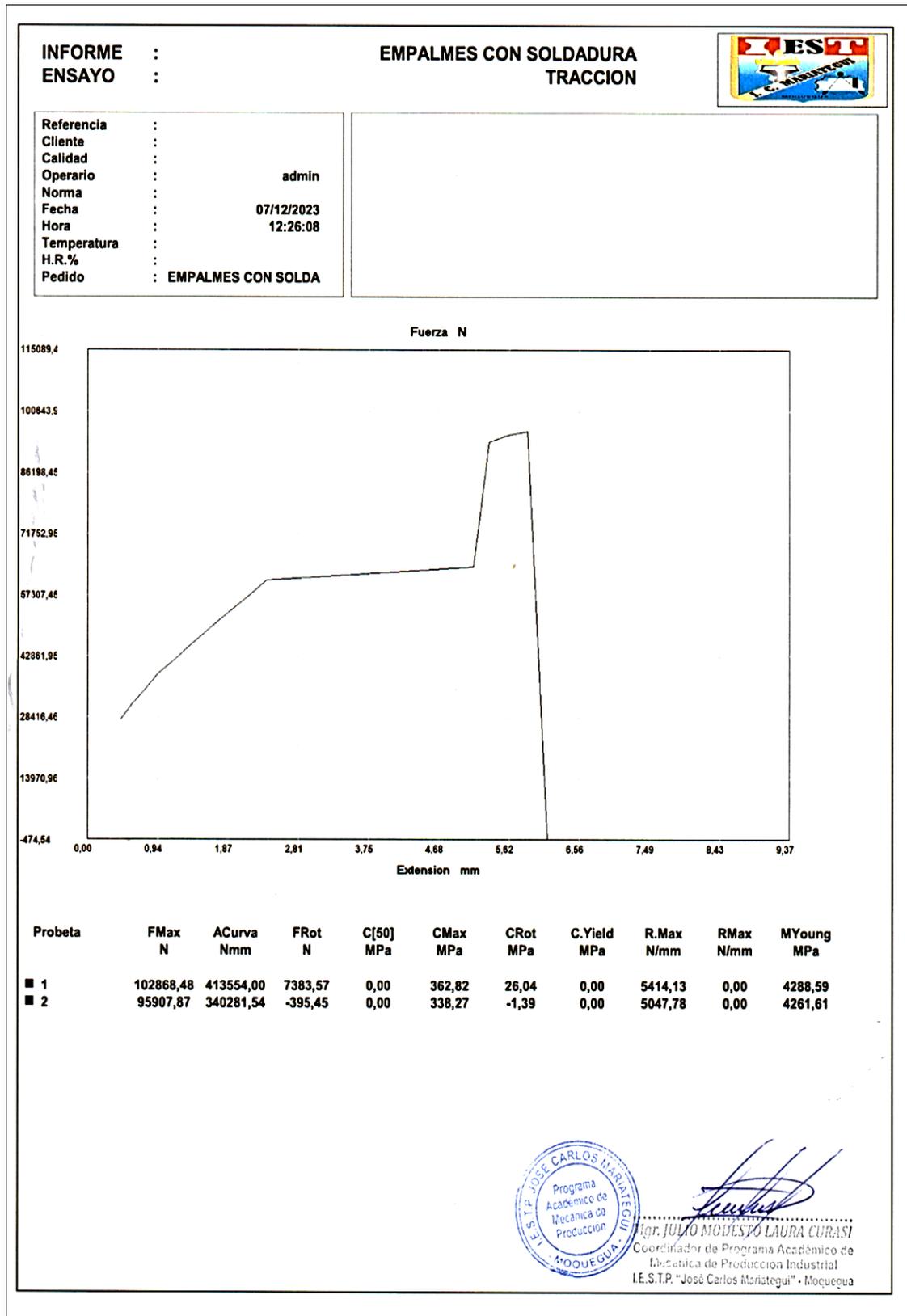


Imagen 30: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de especímenes #42 en empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado de 3/4", en el el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

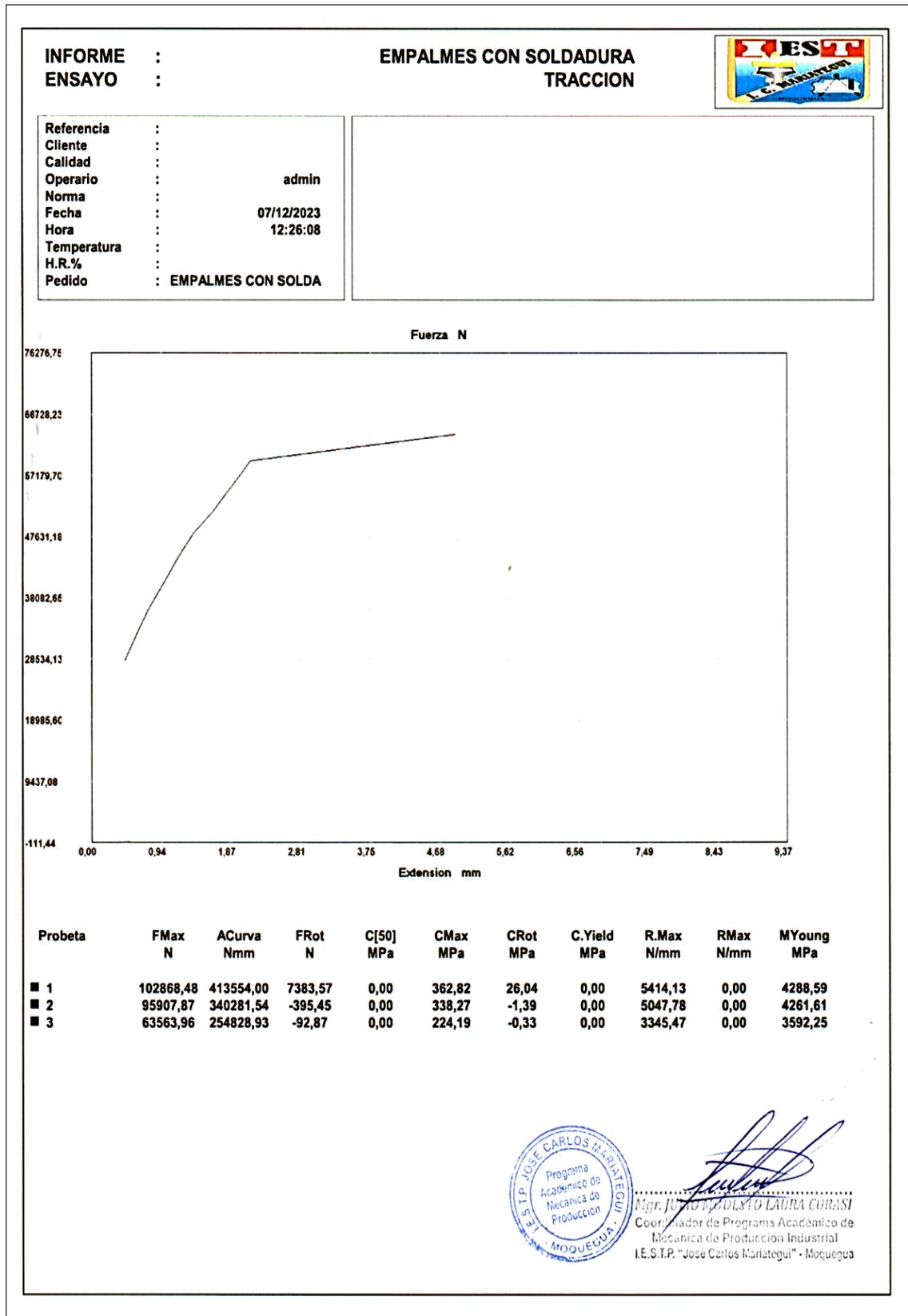


Imagen 31: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de especímenes #43 en empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado de 3/4", en el el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

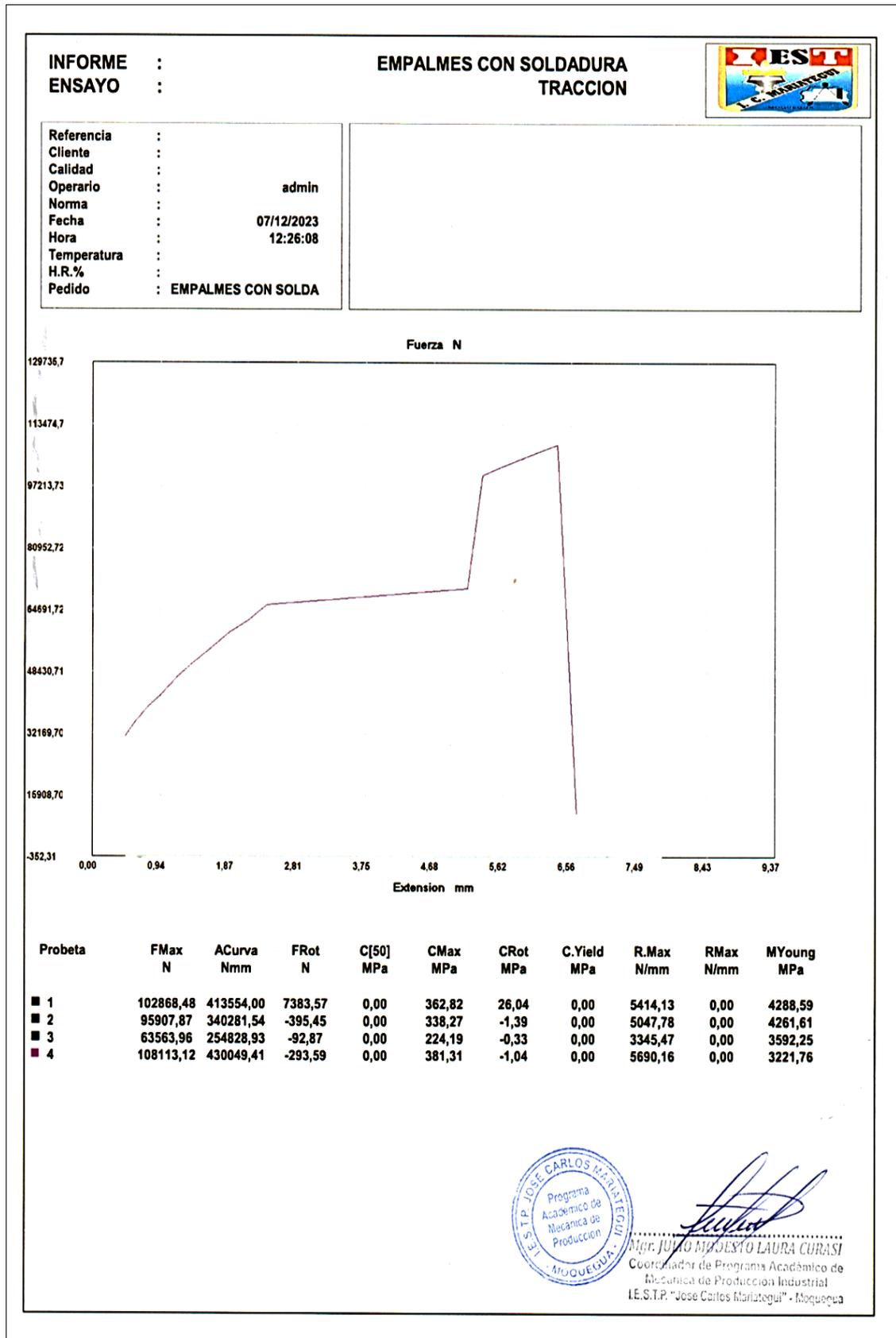


Imagen 32: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de especímenes #44 en empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado de 3/4", en el el el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

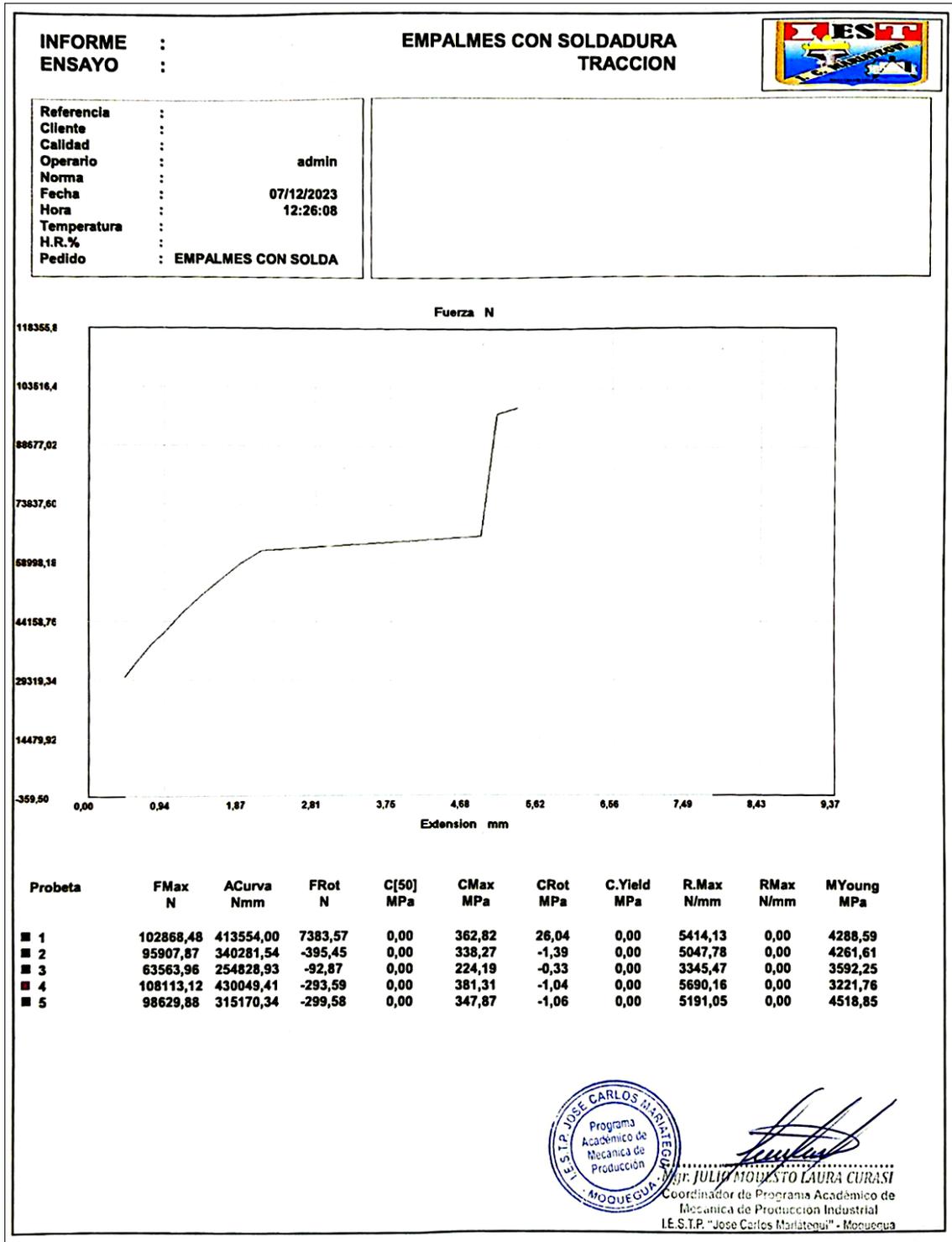


Imagen 33: Informe de laboratorio de ensayo de tracción en acero de especímenes #45 en empalme tipo III por soldadura para varillas de acero corrugado de 3/4", en el en el cual nos otorga la carga ultima registrada antes de la rotura y grafico de diagrama esfuerzo – deformación, en laboratorio de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

ANEXO 5: Panel fotográfico



Imagen 34: Verificación de fabricación de espécimen para empalme tipo I por conector mecánico en taller de tornería



Imagen 35: Maquina de tornería en trabajos de fabricación de conector mecánico roscado y mano de obra por parte del Sr, Hernán Huayna Aquino.



Imagen 36: Empaquetamiento de especímenes elaborados para ser trasladados a las ciudades de Arequipa y Moquegua hacia laboratorio de ensayo de materiales respectivamente.



Imagen 37: Procedimiento de preparación para ensayo de tracción en acero para especímenes en maquina universal de ensayo en laboratorio de ensayo de materiales de la escuela profesional de ingeniería de materiales de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, a cargo de del Dr. Elmer Mamani Calcina

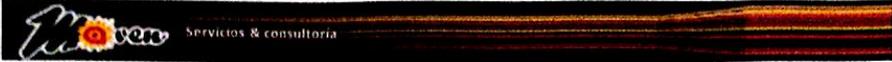


Imagen 38: Procedimiento de preparación de ensayo de tracción en acero para especímenes en maquina universal de ensayo en taller de ensayo de materiales del programa de estudios de Mecánica y Producción Industrial del Instituto de Educación Superior Tecnológica Publica José Carlos Mariátegui de Moquegua, a cargo del Mgr. Julio Modesto Laura Curasi



Imagen 39: Verificación de maquina universal de taller de ensayo de materiales en I.E.S.T.P. José Carlos Mariátegui de Moquegua.

ANEXO 6: Constancia de revisión de redacción


**CONSTANCIA DE REVISIÓN DE LA
REDACCIÓN DE TESIS**

Quien suscribe, Docente de la Especialidad de Lengua, Literatura, Psicología y Filosofía, deja constancia de haber efectuado la revisión, corrección ortográfica y de sintaxis del borrador de tesis titulado:

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA EFICIENCIA DE LOS EMPALMES POR CONECTOR MECÁNICO, TRASLAPE Y SOLDADURA EN VARILLAS DE ACERO CORRUGADO $F_y = 4,200 \text{ KG/CM}^2$ EN TRACCIÓN EN LA REGIÓN PUNO, 2023

Tesis presentada por el Bachiller **Pedro Junior Ortega Olvea**, para optar el **título profesional** de **Ingeniero Civil** en la Universidad Nacional del Altiplano - Puno.

Se expide la presente a solicitud del interesado.

Puno, 29 de octubre del 2024


M.Sc. Edwin Machaca Mendoza
DOCENTE
Esp. Lengua Literatura, Psico. y Fil.

C.e Arch. 2024

Imagen 40: Constancia de revisión de redacción por parte de especialista.



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Pedro Junior Ortega Olvera
identificado con DNI 73470421 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"Estudio comparativo entre la eficiencia de los empalmes por Conector
Mecánico, Tranque y Soldadura en varillas de acero corrugado $f_y =$
4.200 kg/cm² en tracción en la Región Puno, 2023"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 11 de Noviembre del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Pedro Junior Ortega Olvea
identificado con DNI 73470421 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" Estudio Comparativo entre la eficiencia de los empalmes por Conector Mecánico
y traslape y Soldadura en varillas de acero corrugado $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$
en tracción en la Región Puno, 2023 "

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 11 de Noviembre del 20 24


FIRMA (obligatoria)



Huella