

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE BARRAS DE ACERO CON ALTO CONTENIDO DE CARBONO SOLDADAS A TOPE Y A SOLAPE

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al Título
de Ingeniero Civil
Por los Br. Martínez B., Vladimir E.
Br. Rodríguez B., Roselys

Caracas, Noviembre de 2008

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE BARRAS DE ACERO CON ALTO CONTENIDO DE CARBONO SOLDADAS A TOPE Y A SOLAPE

TUTOR ACADÉMICO: Prof. César Peñuela

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al Título
de Ingeniero Civil
Por los Br. Martínez B., Vladimir E.
Br. Rodríguez B., Roselys

Caracas, Noviembre de 2008

Caracas, 12 de Noviembre de 2008

Prof. Celia HERRERA
DIRECTORA – PRESIDENTE
Y DEMÁS MIEMBROS DEL
CONSEJO DE ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
Facultad de Ingeniería,
Universidad Central de Venezuela

Presentes.-

Por medio de la presente certifico que he leído el Trabajo Especial de Grado **“EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO MECANICO DE BARRAS DE ACERO CON ALTO CONTENIDO DE CARBONO SOLDADAS A TOPE Y A SOLAPE”**, desarrollado por los bachilleres Vladimir E. Martínez y Roselys Rodríguez B. para optar al título de Ingeniero Civil, y lo encuentro apropiado tanto en su contenido, como en su formato y apariencia externa.

Considerando que cumple con los requisitos exigidos por la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA, autorizo se preceda a la entrega de los ejemplares respectivos ante el Departamento de Ingeniería Estructural, para que sea sometido a evaluación por parte del jurado examinador que le sea designado.

En Caracas, a los 12 días del mes de Noviembre del año 2008.



César Peñuela

ACTA

El día 20-11-08 se reunió el jurado formado por los profesores:

PROFESOR CÉSAR PEÑUELA

PROFESOR J. M. VELÁSQUEZ

PROFESOR FRANCISCO GARCES

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: "**EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO MECANICO DE BARRAS DE ACERO CON ALTO CONTENIDO DE CARBONO SOLDADAS A TOPE Y A SOLAPE**". Presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al titulo de **INGENIERO CIVIL**.

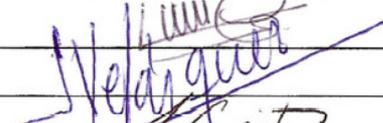
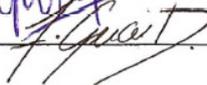
Una vez oída la defensa oral que los bachilleres hicieron de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Números	Letras
Br. Vladimir E. Martínez	20	VEINTE
Br. Roselys Rodríguez B.	20	VEINTE

Recomendaciones:

~~_____~~
~~_____~~
~~_____~~

FIRMAS DEL JURADO

Caracas, 20 de Noviembre de 2008

DEDICATORIA

Con todo el sentimiento en cuerpo, alma, pensamiento y sentimiento, dedico este trabajo a mis padres, hermanos y sobrino; a Dios y a la Universidad Central de Venezuela. Todos han sido parte fundamental en la realización y alcance de esta meta.

RODRÍGUEZ, ROSELYS

DEDICATORIA

Con todo mi corazón, mi alma, mi alegría con la felicidad que me alberga dedico esta tesis a mis padres, mi hermana, a Dios, a mi novia Adriana Ramírez que me impulsaron con mucha fuerza en lograr mis sueños, en lograr el alcance de esta meta.

MARTÍNEZ, VLADIMIR

AGRADECIMIENTOS

A Dios. A Lisette, Guillermo E., Rocio, Rossana, Guillermo J., Guillermo A., quienes día tras día, están allí para cuidarme, ayudarme y recordarme las cosas importantes de la vida.

Mi agradecimiento muy especial a mi amiga Elisa, sin ti esto no habría pasado nunca. A Martín por empujarme cuando lo necesite y levantarme cuando quise desmayar.

A los amigos que han estado y pasado por mi vida y que de alguna u otra forma han contribuido a mi formación (Benny, Clo, Asdrúbal, Alexander, Mabel, Henry, Day, Andrés, Rafael, Javier, Juan Carlos, Elvia, Susana, Elda, Philly, Sara, Santiago, Luis, Augusto, Verónica, Nelson, Melania, María, Yelitza, Nathamar, Yuli, Pepi, Andre, Jesús, Giomenni, Sr. Nelson, Sra. Alicia, Sres. Contreras, Sres. Mundaray, Sres. Aponte, Flia. Cerezo, José Javier, Kevin, Kari, Familia Echenique, Parroquia UCV y UM-UCAB).

A mí estimado tutor el profesor César Peñuela, siempre disponible a explicar y apoyar. A todo el personal técnico de IMME, siempre dispuestos a ayudar con una sonrisa. A SIDETUR, por la donación de las barras necesarias para la realización de este trabajo.

A la profesora Norma por su calidad y calidez humana, quien nos apoyo de forma incondicional, sin importar hora ni día, un abrazo muy sentido.

A mis queridas amigas Haylexa, Dayselis, Mercedes, Yraidis, Rosana. A mi querido amigo Yoshua, gracias por estar y por tu cariño.

A mi querido Niño, quien estuvo conmigo largo tiempo ayudándome y apoyándome. Gracias por el tiempo y el cariño. A mi querido Armando Quintero siempre cuidándome. Y a muchos otros que no nombre pero que están presentes en mi vida y sentimientos. MUCHAS GRACIAS A TODOS.

Casi lo olvido jejeje muchas gracias a Vladimir ;o)

RODRÍGUEZ, ROSELYS

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Central de Venezuela, que a través de sus injusticias me hizo seguir ser fiel a mis ideas Revolucionarias y Socialista.

A mí madre Mónica Bustamante, a mi padre Pastor Martínez, por enseñarme lo que soy, un hombre integro, honesto, revolucionario y socialista. A mi hermana Narodnaya Martínez por aguantarme mis molestias, mis alegrías.

A mí estimado tutor el profesor Cesar Peñuela, siempre disponible a explicar y apoyar. Al todo el personal técnico del IMME (Sr Aquino, Robert Burgos, Bracho, Leonel, Iván), siempre dispuesto a ayudar hasta en sus horas de almuerzo.

Al Ing. Miguel Álvarez que a través de él se hizo el contacto con la empresa SIDETUR para la donación de las barras de refuerzos necesaria para la realización de este trabajo.

Al Ing. Rafael Bolívar e Ing. Raúl Acosta por permitirme el tiempo en el trabajo para terminar el Trabajo Especial de Grado, a mis compañeros de trabajo Tamara, Ismael, Nairobi, Wadith y Oliver que me apoyaron durante estas semanas.

Al profesor Ing. Trino Baloa, Ing. Gustavo Coronel que me apoyaron en los momentos difíciles de la tesis, al él Al profesor Ing. Francisco Garcés que me apoyo desde los inicios de la carrera hasta el momento de la impresión del Trabajo Especial de Grado.

A todos mis amigos Dayselis Márquez, Henry Sarmiento, Augusto Zapata, Eleazar Castillo, Luis Mejías, Agustín Millán, Jesús Forsyte, Gustavo Delgado, Balestrini, José Gregorio., Alexander Marín, Eude Di Nathale, Víctor, Cesar, Karol Sánchez, Romel Rojas, Cristina Mejías, Claudia Orsini, Carlos Guía entre muchos que se me olvidan en estos momentos, que durante mi carrera me apoyaron en mis alegrías, mis molestias, en mis tristezas, académicamente y donde tuvimos fuertes logros en crear conciencia social en nuestra Universidad, en nuestra Alma Mater.

A mi compañera de tesis Roselys Rodríguez por aguantarme durante este año de la tesis gracias.

MARTINEZ, VLADIMIR

**Martínez E., Vladimir E.
Rodríguez B., Roselys**

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE BARRAS DE ACERO CON ALTO CONTENIDO DE CARBONO SOLDADAS A TOPE Y A SOLAPE

Tutor Académico: Prof. César Peñuela.

**Trabajo Especial de Grado. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.
Escuela de Ingeniería Civil. 2008, nº de pág.168.**

Palabras Claves: Barras de acero con alto contenido de carbono, soldadura, tope y solape.

Evaluación del comportamiento mecánico de barras de acero con alto contenido de carbono (no soldables "S"), soldadas a tope y a solape. La investigación se realizó en el instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la Universidad Central de Venezuela. Con la maquinaria especializada en ensayo de tracción y la asistencia técnica profesional del personal que allí labora. Siguiendo los lineamientos establecidos en la Norma COVENIN 299-1989 "Materiales Metálicos. Ensayo de Tracción".

Se ensayaron barras patrón (sin soldaduras) y barras soldadas a tope y a solape según su diámetro. El 63,89% de las muestras ensayadas fallaron por la soldadura, mientras que el 30,56% fallaron por la zona afectada por calor y el 5,56% restante fallaron por el metal base. A nivel de la eficiencia de la soldadura en solape simple fallaron el 83,33% por la soldadura y un 16,67% en la zona afectada por calor; en solape doble, el 83,33% fallo en zona afectada por calor y el 16,67% fallo por el metal base. En soldadura a tope de bisel simple y bisel doble se obtuvo que el 100% de las muestras en ambos casos fallaron por la soldadura.

En cuanto a los criterios de control de calidad establecidos en las Normas COVENIN 316-2000 “Barras y Rollos de Acero con Resaltes para uso como Refuerzo Estructural”, solo 4,17% del total de muestras ensayadas superaron el 95% de resistencia promedio de las barras patrones ensayados. El otro 95,83% ni siquiera logró igualar este porcentaje. El 100% de las muestras ensayadas no cumplen con el alargamiento requerido por la Norma 316-2000.

Por todos los resultados obtenidos, no se recomienda soldar barras no soldables S-60 soldadas como acero de refuerzo.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	VI
RESUMEN.....	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	XX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2. OBJETIVOS.....	4
1.2.1. Objetivo General.....	4
1.2.2. Objetivos Específicos.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4. ALCANCE Y LIMITACIONES.....	7
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. ACERO DE REFUERZO PARA EL CONCRETO.....	8

2.2. ACERO.....	8
2.3. CONDICIONES QUE DEBEN SATISFACER LOS REFUERZOS.....	9
2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS.....	10
2.5. DESIGNACIÓN.....	12
2.6. PROPIEDADES NORMATIVAS DEL ACERO.....	14
2.6.1. Resistencia a la Tracción Real, Mínima (F_{su}^*).....	15
2.6.2. Límite Elástico Convencional, Mínimo (F_y).....	15
2.6.3. Límite Elástico Real, Mínimo (F_y^*).....	15
2.6.4. Porcentaje de Alargamiento En 20 Cm.....	15
2.6.5. Composición Química.....	16
2.6.6. Geometría de Resaltes.....	18
2.7. SOLAPES.....	19
2.8. SOLDABILIDAD.....	19
2.9. PROPIEDADES DE SOLDABILIDAD.....	20
2.9.1. Metalurgia de la Soldadura.....	20
2.9.2. Cordón de Soldadura.....	20
2.9.3. Zona Afectada por el Calor (Zac).....	21
2.9.4. Metal Base	21
2.10. TIPOS DE SOLDADURAS.....	21
2.10.1. Soldadura A Tope.....	22
2.10.2. Soldadura A Solape.....	22
2.11. CÁLCULO DEL CORDÓN DE SOLDADURA.....	23

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO.....	27
3.1. ASPECTOS GENERALES.....	27
3.1.1. Tipo y Diseño de la Investigación.....	28
3.1.2. Población y Muestra.....	29
3.1.3. Toma de Datos.....	30
3.1.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	30
3.1.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	31
3.2. PROCEDIMIENTO.....	31
3.2.1. Determinación de la Longitud de Soldaduras de las Barras.	32
3.2.2. Determinación del Área de la Sección Transversal Original.	32
3.2.3. Colocación de la Muestra de Ensayo.....	33
3.2.4. Aplicación de la Carga.....	33
3.2.5. Velocidad de Aplicación de la Carga.....	34
3.2.6. Toma de Datos.....	35
3.2.7. Procesamiento de Datos.....	35
3.2.8. Interpretación de Datos.....	37

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANALISIS.....	38
----------------------------	----

CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES.....	151
RECOMENDACIONES.....	155
BIBLIOGRAFÍA.....	156
ANEXOS.....	158

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1.1. Límite Elástico Nominal.....	11
TABLA 2.1.2. Designación en Octavos de Pulgada.....	13
TABLA 2.1.3. Designación en Milímetros.....	14
TABLA 2.1.4. Alargamiento.....	16
TABLA 2.1.5. Límite de composición química en aceros tipo S.....	17
TABLA 2.1.6. Límite de composición química en aceros tipo W.....	18
TABLA 2.1.7. Requisitos que deben cumplir los electrodos de Aporte de Soldadura, según AWS D1.4.....	22
TABLA 3.1.1. Muestras Soldadas a Solape.....	29
TABLA 3.1.2. Muestras Soldadas a Tope.....	29
TABLA 4.1.1. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 3/8”.....	41
TABLA 4.1.2. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M2 para la Barra de Refuerzo 3/8”.....	43
TABLA 4.1.3 Límite Elástico Convencional F_y^* , criterio $F_y^* \leq 1,25 F_y$ Barra de Refuerzo 3/8”.....	44
TABLA 4.1.4. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M3 para la Barra de Refuerzo 1/2”.....	45
TABLA 4.1.5. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 1/2”.....	47
TABLA 4.1.6 Límite Elástico Convencional F_y^* , criterio $F_y^* \leq 1,25 F_y$ Barra de Refuerzo 1/2”.....	48
TABLA 4.1.7. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 5/8”.....	49
TABLA 4.1.8. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M2 para la Barra de Refuerzo 5/8”.....	51
TABLA 4.1.9 Límite Elástico Convencional F_y^* , criterio $F_y^* \leq 1,25 F_y$ Barra de Refuerzo 5/8”.....	52
TABLA 4.1.10. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 3/4”.....	53

TABLA 4.1.11. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M2 para la Barra de Refuerzo 3/4”.....	55
TABLA 4.1.12 Límite Elástico Convencional F_y^* , criterio $F_y^* \leq 1,25 F_y$ Barra de Refuerzo 3/4”.....	56
TABLA 4.1.13. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 7/8”.....	57
TABLA 4.1.14. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M2 para la Barra de Refuerzo 7/8”.....	59
TABLA 4.1.15 Límite Elástico Convencional F_y^* , criterio $F_y^* \leq 1,25 F_y$ Barra de Refuerzo 7/8”.....	60
TABLA 4.1.16. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 1”.....	61
TABLA 4.1.17. . Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M2 para la Barra de Refuerzo 1”.....	63
TABLA 4.1.18 Límite Elástico Convencional F_y^* , criterio $F_y^* \leq 1,25 F_y$ Barra de Refuerzo 1”.....	64
TABLA 4.1.19. Esfuerzo Máximo, Criterio $F_{su}^* \geq 1,25 F_y^*$	65
TABLA 4.1.20. Porcentaje de Alargamiento en 20 cm incluido la Estricción.....	65
TABLA 4.1.21. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape simple M3 para la Barra de Refuerzo 3/8”.....	66
TABLA 4.1.22. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape simple M4 para la Barra de Refuerzo 3/8”.....	68
TABLA 4.1.23. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape simple M5 para la Barra de Refuerzo 3/8”.....	69
TABLA 4.1.24. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape doble M6 para la Barra de Refuerzo 3/8”.....	71
TABLA 4.1.25. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape doble M7 para la Barra de Refuerzo 3/8”.....	73
TABLA 4.1.26. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape doble M8 para la Barra de Refuerzo 3/8”.....	74
TABLA 4.1.27. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape simple M6 para la Barra de Refuerzo 1/2”.....	76
TABLA 4.1.28. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape simple M7 para la Barra de Refuerzo 1/2”.....	77
TABLA 4.1.29. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape simple M8 para la Barra de Refuerzo 1/2”.....	78
TABLA 4.1.30. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape doble M3 para la Barra de Refuerzo 1/2”.....	81
TABLA 4.1.31. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape doble M4 para la Barra de Refuerzo 1/2”.....	82

TABLA 4.1.32. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape doble M5 para la Barra de Refuerzo 1/2”.....	83
TABLA 4.1.33. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape simple M3 para la Barra de Refuerzo 5/8”.....	86
TABLA 4.1.34. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape simple M4 para la Barra de Refuerzo 5/8”.....	88
TABLA 4.1.35. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape simple M5 para la Barra de Refuerzo 5/8”.....	89
TABLA 4.1.36. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape doble M6 para la Barra de Refuerzo 5/8”.....	91
TABLA 4.1.37. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape doble M7 para la Barra de Refuerzo 5/8”.....	92
TABLA 4.1.38. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape doble M8 para la Barra de Refuerzo 5/8”.....	93
TABLA 4.1.39. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape simple M3 para la Barra de Refuerzo 3/4”.....	96
TABLA 4.1.40. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape simple M4 para la Barra de Refuerzo 3/4”.....	97
TABLA 4.1.41. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape simple M5 para la Barra de Refuerzo 3/4”.....	99
TABLA 4.1.42. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape doble M6 para la Barra de Refuerzo 3/4”.....	101
TABLA 4.1.43. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape doble M7 para la Barra de Refuerzo 3/4”.....	102
TABLA 4.1.44. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape doble M8 para la Barra de Refuerzo 3/4”.....	103
TABLA 4.1.45. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada a solape simple M3 para la Barra de Refuerzo 7/8”.....	106
TABLA 4.1.46. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada con bisel sencillo M4 para la Barra de Refuerzo 7/8”.....	107
TABLA 4.1.47. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada con bisel sencillo M5 para la Barra de Refuerzo 7/8”.....	108
TABLA 4.1.48. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada con bisel doble M6 para la Barra de Refuerzo 7/8”.....	111
TABLA 4.1.49. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada con bisel doble M7 para la Barra de Refuerzo 7/8”.....	112
TABLA 4.1.50. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada con bisel doble M8 para la Barra de Refuerzo 7/8”.....	113
TABLA 4.1.51. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada con bisel simple M3 para la Barra de Refuerzo 1”.....	116
TABLA 4.1.52. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada con bisel simple M4 para la Barra de Refuerzo 1”.....	117

TABLA 4.1.53. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada con bisel simple M5 para la Barra de Refuerzo 1”.....	117
TABLA 4.1.54. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada con bisel doble M6 para la Barra de Refuerzo 1”.....	120
TABLA 4.1.55. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada con bisel doble M7 para la Barra de Refuerzo 1”.....	121
TABLA 4.1.56. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra soldada con bisel doble M8 para la Barra de Refuerzo 1”.....	122
TABLA 4.1.57. Esfuerzos Máximos y el 95 % del promedio de la muestra patrón.....	125
TABLA 4.1.58. Esfuerzos Máximos de las barras soldadas y comprobación Esfuerzo Máximo \geq 95 % Muestra Patrón Promedio.....	126
TABLA 4.1.59. Esfuerzos Máximos y el 95 % del promedio de la muestra patrón.....	126
TABLA 4.1.60. Esfuerzos Máximos de las barras soldadas y comprobación Esfuerzo Máximo \geq 95 % Muestra Patrón Promedio.....	127
TABLA 4.1.61. Esfuerzos Máximos y el 95 % del promedio de la muestra patrón.....	127
TABLA 4.1.62. Esfuerzos Máximos de las barras soldadas y comprobación Esfuerzo Máximo \geq 95 % Muestra Patrón Promedio.....	127
TABLA 4.1.63. Esfuerzos Máximos y el 95 % del promedio de la muestra patrón.....	128
TABLA 4.1.64. Esfuerzos Máximos de las barras soldadas y comprobación Esfuerzo Máximo \geq 95 % Muestra Patrón Promedio.....	128
TABLA 4.1.65. Esfuerzos Máximos y el 95 % del promedio de la muestra patrón.....	128
TABLA 4.1.66. Esfuerzos Máximos de las barras soldadas y comprobación Esfuerzo Máximo \geq 95 % Muestra Patrón Promedio.....	129
TABLA 4.1.67. Esfuerzos Máximos y el 95 % del promedio de la muestra patrón.....	129
TABLA 4.1.68. Esfuerzos Máximos de las barras soldadas y comprobación Esfuerzo Máximo \geq 95 % Muestra Patrón Promedio.....	129
TABLA 4.1.69. 95% del alargamiento de la muestra patrón.....	130
TABLA 4.1.70. Alargamiento promedio de la muestra patrón \leq 95% del alargamiento de las muestras soldadas.....	131
TABLA 4.1.71. El 95% del alargamiento de la muestra patrón.....	131
TABLA 4.1.72. Alargamiento promedio de la muestra patrón \leq 95% del alargamiento de las muestras soldadas.....	131
TABLA 4.1.73. El 95% del alargamiento de la muestra patrón.....	132

TABLA 4.1.74. Alargamiento promedio de la muestra patrón \leq 95% del alargamiento de las muestras soldadas.....	132
TABLA 4.1.75. El 95% del alargamiento de la muestra patrón.....	132
TABLA 4.1.76. Alargamiento promedio de la muestra patrón \leq 95% del alargamiento de las muestras soldadas.....	133
TABLA 4.1.77. El 95% del alargamiento de la muestra patrón.....	133
TABLA 4.1.78. Alargamiento promedio de la muestra patrón \leq 95% del alargamiento de las muestras soldadas.....	133
TABLA 4.1.79. El 95% del alargamiento de la muestra patrón.....	134
TABLA 4.1.80. Alargamiento promedio de la muestra patrón \leq 95% del alargamiento de las muestras soldadas.....	134
TABLA 4.1.81. El 95 % del esfuerzo promedio de la muestra patrón, esfuerzo promedio muestra soldada a solape simple y doble.....	135
TABLA 4.1.82. Diferencia de la eficiencia de la soldadura solape simple y doble con respecto al 95 % promedio de la muestra patrón.....	135
TABLA 4.1.83. El 95 % del esfuerzo promedio de la muestra patrón, esfuerzo promedio muestra soldada a solape simple y doble.....	136
TABLA 4.1.84. Diferencia de la eficiencia de la soldadura solape simple y doble con respecto al 95 % promedio de la muestra patrón.....	136
TABLA 4.1.85. El 95 % del esfuerzo promedio de la muestra patrón, esfuerzo promedio muestra soldada a solape simple y doble.....	137
TABLA 4.1.86. Diferencia de la eficiencia de la soldadura solape simple y doble con respecto al 95 % promedio de la muestra patrón.....	137
TABLA 4.1.87. El 95 % del esfuerzo promedio de la muestra patrón, esfuerzo promedio muestra soldada a solape simple y doble.....	138
TABLA 4.1.88. Diferencia de la eficiencia de la soldadura solape simple y doble con respecto al 95 % promedio de la muestra patrón.....	138
TABLA 4.1.89. El 95 % del esfuerzo promedio de la muestra patrón, esfuerzo promedio muestra soldada a solape simple y doble.....	139
TABLA 4.1.90. Diferencia de la eficiencia de la soldadura con bisel simple y doble con respecto al 95 % promedio de la muestra patrón.....	139
TABLA 4.1.91. El 95 % del esfuerzo promedio de la muestra patrón, esfuerzo promedio muestra soldada a solape simple y doble.....	140
TABLA 4.1.92. Diferencia de la eficiencia de la soldadura con bisel simple y doble con respecto al 95 % promedio de la muestra patrón.....	140
TABLA 4.1.93. El 95 % del promedio del alargamiento de la muestra patrón, alargamiento promedio muestra soldada a solape simple y doble.	141
TABLA 4.1.94. Diferencia de del alargamiento de la soldadura solape simple y doble con respecto al 95 % promedio de la muestra patrón.....	142

TABLA 4.1.95. El 95 % del promedio del alargamiento de la muestra patrón, alargamiento promedio muestra soldada a solape simple y doble.	142
TABLA 4.1.96. Diferencia de del alargamiento de la soldadura solape simple y doble con respecto al 95 % promedio de la muestra patrón.....	143
TABLA 4.1.97. El 95 % del promedio del alargamiento de la muestra patrón, alargamiento promedio muestra soldada a solape simple y doble.	143
TABLA 4.1.98. Diferencia de del alargamiento de la soldadura solape simple y doble con respecto al 95 % promedio de la muestra patrón.....	144
TABLA 4.1.99. El 95 % del promedio del alargamiento de la muestra patrón, alargamiento promedio muestra soldada a solape simple y doble.	144
TABLA 4.1.100. Diferencia de del alargamiento de la soldadura solape simple y doble con respecto al 95 % promedio de la muestra patrón	145
TABLA 4.1.101. El 95 % del promedio del alargamiento de la muestra patrón, alargamiento promedio muestra soldada a tope con bisel simple y con bisel doble.....	146
TABLA 4.1.102. Diferencia de del alargamiento de la soldadura solape simple y doble con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón...	146
TABLA 4.1.103. El 95 % del promedio del alargamiento de la muestra patrón, alargamiento promedio muestra soldada a tope con bisel simple y con bisel doble.....	147
TABLA 4.1.104. Diferencia de del alargamiento de la soldadura solape simple y doble con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón...	147
TABLA 4.1.105. Zona por donde fallo de la muestra ensayada.....	148
TABLA 4.1.106. Zona por donde fallo de la muestra ensayada.....	149
TABLA 4.1.107. Zona por donde falló de la muestra ensayada.....	149
TABLA 4.1.108. Total en porcentaje de las zonas por donde fallaron las muestras.....	150
TABLA 4.1.109. Total del porcentaje del tipo de soldadura que fallo en las muestras ensayadas.....	150

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA 4.1. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 3/8”.....	42
GRÁFICA 4.2. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M2 para la Barra de Refuerzo 3/8”.....	44
GRÁFICA 4.3. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 1/2”.....	46
GRÁFICA 4.4. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M2 para la Barra de Refuerzo 1/2”.....	48
GRÁFICA 4.5. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 5/8”.....	50
GRÁFICA 4.6. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M2 para la Barra de Refuerzo 5/8”.....	52
GRÁFICA 4.7. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 3/4”.....	54
GRÁFICA 4.8. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 3/4”.....	56
GRÁFICA 4.9. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 7/8”.....	58
GRÁFICA 4.10. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 7/8”.....	60
GRÁFICA 4.11. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 1”.....	62
GRÁFICA 4.12. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M2 para la Barra de Refuerzo 1”.....	64
GRÁFICA 4.13. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M3 soldada a Solape Simple Barra de Refuerzo 3/8”.....	67
GRÁFICA 4.14. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M4 soldada a Solape Simple Barra de Refuerzo 3/8”.....	70
GRÁFICA 4.15. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M5 soldada a Solape Simple Barra de Refuerzo 3/8”.....	70
GRÁFICA 4.16. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M6 soldada a Solape Doble Barra de Refuerzo 3/8”.....	72
GRÁFICA 4.17. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M7 soldada a Solape Doble Barra de Refuerzo 3/8”.....	75
GRÁFICA 4.18. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M8 soldada a Solape Simple Barra de Refuerzo 3/8”.....	75
GRÁFICA 4.19. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M6 soldada a Solape Simple Barra de Refuerzo 1/2”.....	79

GRÁFICA 4.20. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M7 soldada a Solape Simple Barra de Refuerzo 1/2”.....	80
GRÁFICA 4.21. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M8 soldada a Solape Simple Barra de Refuerzo 1/2”.....	80
GRÁFICA 4.22. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M3 soldada a Solape Doble Barra de Refuerzo 1/2”.....	84
GRÁFICA 4.23. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M4 soldada a Solape Doble Barra de Refuerzo 1/2”.....	85
GRÁFICA 4.24. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M5 soldada a Solape Doble Barra de Refuerzo 1/2”.....	85
GRÁFICA 4.25. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M3 soldada a Solape Simple Barra de Refuerzo 5/8”.....	87
GRÁFICA 4.26. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M4 soldada a Solape Simple Barra de Refuerzo 5/8”.....	90
GRÁFICA 4.27. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M5 soldada a Solape Simple Barra de Refuerzo 5/8”.....	90
GRÁFICA 4.28. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M6 soldada a Solape Doble Barra de Refuerzo 5/8”.....	94
GRÁFICA 4.29. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M7 soldada a Solape Doble Barra de Refuerzo 5/8”.....	95
GRÁFICA 4.30. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M8 soldada a Solape Doble Barra de Refuerzo 5/8”.....	95
GRÁFICA 4.31. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M3 soldada a Solape simple Barra de Refuerzo 3/4”.....	98
GRÁFICA 4.32. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M4 soldada a Solape simple Barra de Refuerzo 3/4”.....	98
GRÁFICA 4.33. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M5 soldada a Solape simple Barra de Refuerzo 3/4”.....	100
GRÁFICA 4.34. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M6 soldada a solape doble Barra de Refuerzo 3/4”.....	104
GRÁFICA 4.35. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M7 soldada a solape doble Barra de Refuerzo 3/4”.....	105
GRÁFICA 4.36. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M8 soldada a solape doble Barra de Refuerzo 3/4”.....	105
GRÁFICA 4.37. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M3 soldada con bisel sencillo Barra de Refuerzo 7/8”.....	109
GRÁFICA 4.38. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M4 soldada con bisel sencillo Barra de Refuerzo 7/8”.....	110
GRÁFICA 4.39. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M5 soldada con bisel sencillo Barra de Refuerzo 7/8”.....	110
GRÁFICA 4.40. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M6 soldada con bisel doble Barra de Refuerzo 7/8”.....	114

GRÁFICA 4.41. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M7 soldada con bisel doble Barra de Refuerzo 7/8”	115
GRÁFICA 4.42. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M8 soldada con bisel doble Barra de Refuerzo 7/8”	115
GRÁFICA 4.43. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M3 soldada con bisel simple Barra de Refuerzo 1”	118
GRÁFICA 4.44. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M4 soldada con bisel simple Barra de Refuerzo 1”	118
GRÁFICA 4.45. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M5 soldada con bisel simple Barra de Refuerzo 1”	119
GRÁFICA 4.46. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M6 soldada con bisel simple Barra de Refuerzo 1”	123
GRÁFICA 4.47. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M7 soldada con bisel simple Barra de Refuerzo 1”	124
GRÁFICA 4.48. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M8 soldada con bisel simple Barra de Refuerzo 1”	124
GRÁFICA 4.49. Comparación Esfuerzo-Muestra Patrón con Esfuerzo-Muestra Soldadas.....	136
GRÁFICA 4.50. Comparación Esfuerzo-Muestra Patrón con Esfuerzo-Muestra Soldadas.....	137
GRÁFICA 4.51. Comparación Esfuerzo-Muestra Patrón con Esfuerzo-Muestra Soldadas.....	138
GRÁFICA 4.52. Comparación Esfuerzo-Muestra Patrón con Esfuerzo-Muestra Soldadas.....	139
GRÁFICA 4.53. Comparación Esfuerzo-Muestra Patrón con Esfuerzo-Muestra Soldadas.....	140
GRÁFICA 4.54. Comparación Esfuerzo-Muestra Patrón con Esfuerzo-Muestra Soldadas.....	141
GRÁFICA 4.55. Comparación Alargamiento-Muestra Patrón con Alargamiento-Muestra Soldadas.....	142
GRÁFICA 4.56. Comparación Alargamiento-Muestra Patrón con Alargamiento-Muestra Soldadas.....	143
GRÁFICA 4.57. Comparación Alargamiento-Muestra Patrón con Alargamiento-Muestra Soldada.....	144
GRÁFICA 4.58. Comparación Alargamiento-Muestra Patrón con Alargamiento-Muestra Soldadas.....	145
GRÁFICA 4.59. Comparación Alargamiento-Muestra Patrón con Alargamiento-Muestra Soldada.....	147
GRÁFICA 4.60. Comparación Alargamiento-Muestra Patrón con Alargamiento-Muestra Soldada.....	148

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1.1. Opciones de Biselado en Juntas Soldadas a Tope.....	25
FIGURA 2.1.2. Configuraciones de Juntas Soldadas con Solape. (a) Cordón Sencillo; (b) Cordón Doble.....	26

INTRODUCCIÓN

El uso de barras no soldables dentro de las construcciones se considera confiable por el hecho de ser de acero. Es importante resaltar que en muchas oportunidades estas barras son filtradas como barras soldables y quizás el responsable de la obra no se percata de esta problemática, exponiendo en consecuencia la calidad de la obra.

Dentro del trabajo de investigación efectuado se consideró necesaria la realización del ensayo de tracción descrito en la Norma COVENIN 316, donde se persigue comprobar la eficiencia del comportamiento de las barras no soldables. Se utilizaron barras patrón (sin soldaduras) y barras soldadas a tope y a solape según su diámetro.

Luego de la realización de los ensayos se hicieron los cálculos necesarios para comprobar la cedencia de cada muestra, el alargamiento y la eficiencia de la soldadura en si, realizando finalmente la comparación con los valores normativos y obtener así la información necesaria para concluir la investigación efectuada.

Demostrando así que el objetivo de esta investigación sirve como precedente para el cuidado en la utilización y colocación de las barras no soldables dentro de estructuras que ameriten la soldadura entre estas.

Este estudio, se llevo a cabo en las instalaciones del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) ubicado en la Universidad Central de Venezuela. Con la asistencia del personal técnico calificado.

CAPÍTULO I

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro de las Normas usadas en la construcción para la utilización de barras de refuerzos se tienen las siguientes: COVENIN 1753:1987 “Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones. Análisis y Diseño” rige la construcción de diferentes tipos de edificaciones, contemplando la colocación del acero en estas estructuras; COVENIN 316:2000 “Barras y Rollos de Acero con Resaltes para uso como Refuerzo Estructural” la cual tiene como objeto, verificar el proceso de fabricación de las barras de acero exigido a los productores en el país, Norma AWS D1.4-92 “Structural Welding Code. Reinforcing Steel” ésta, específicamente, se basa en la soldadura del acero y cómo debe hacerse; establece el tipo de soldadura, los ángulos de los biseles y el tipo de bisel a utilizar entre los diferentes diámetros.

Hay un principio básico que dice que todos los aceros son soldables y dependiendo de su composición química presentan características soldables y no soldables. La diferencia básica entre estos aceros es su contenido de carbono; acero con bajo contenido de carbono (soldables) y acero con alto contenido de carbono (no soldables).

Ambas presentaciones del acero se encuentran en el mercado, y se constituyen en un problema de seguridad, por cuanto son utilizadas en la industria de la construcción, no pudiendo evitarse que en el proceso constructivo de una obra se realicen combinaciones entre ambas o la soldadura de barras no soldables dentro de la estructura; lo cual puede provocar que el material falle antes de la cedencia.

Por ello, se estudiarán las características de la soldadura entre aceros con alto contenido de carbono, su comportamiento antes, durante y luego de la soldadura entre las piezas en cuestión; mediante ensayos de tracción y utilizando para ello las indicaciones de las normas y códigos antes mencionados.

Además, estos ensayos se realizarán con la colaboración y bajo la supervisión de los profesionales que laboran en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME), ubicado en la Universidad Central de Venezuela.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Evaluar el comportamiento mecánico de barras de acero con alto contenido de carbono soldadas a tope y a solape.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Verificar el esfuerzo máximo, el alargamiento y esfuerzo cedente (f_y) de las barras de refuerzo no soldables (S).
- Calcular la eficiencia de soldaduras en barras no soldables (S).
- Establecer cuál tipo de soldaduras solape o tope presenta una mejor eficiencia.
- Calcular la eficiencia de la soldadura necesaria para soldadura a tope en barras de acero de diámetro menor o igual a $\frac{3}{4}$ "y a solape en barras de acero mayores a $\frac{7}{8}$ ".

1.3. JUSTIFICACIÓN

El concepto de “construir bien desde el inicio” (Carter, 1995), significa construir bien desde la fase de diseño, cuando se toman decisiones claves para la construcción de la edificación. Se trata de diseñar y construir para una larga vida útil (Cilento, 1998) es decir, construir con calidad y durabilidad anticipando la transformabilidad y la reutilización de las edificaciones, su uso multifuncional que permita reformas y cambios en el uso de la edificación, sin grandes demoliciones y modificaciones estructurales.

La presión por la cantidad, antes que por la calidad, y las mediocres respuestas en el diseño. Así como la búsqueda improvisada e irreflexiva de la reducción de costos, han hecho “desechables” muchas de las obras construidas tanto por el sector público como por el sector privado en los países del mundo. Un objetivo de sostenibilidad de la construcción, de importancia crucial, es el de construir con más calidad a menor costo. Esto implica también restituir los valores éticos asociados a un ejercicio profesional responsable.

La construcción debe ser basada en la calidad total, tal como lo señalan las normas COVENIN:

316: Esta Norma Venezolana tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir las barras y rollos de acero al carbono y/o de baja aleación, laminados en caliente con o sin termo tratado, soldables o no a temperatura ambiente, con resaltes, para ser utilizados como refuerzo estructural en aplicaciones tales como: concreto armado y mampostería estructural.

1753 capítulo 3:

3.5.1. ACERO DE REFUERZO El refuerzo deberá estar constituido por armaduras de barras estriadas con la salvedad de barras lisas pueden ser usadas como refuerzo helicoidal, o como refuerzo transversal en columnas. Se puede usar como refuerzo en forma de perfiles de acero estructural o tubos de acero como se específica en estas normas.

Entregar datos no conocidos sobre el comportamiento de barras de acero no soldable correspondientes a los diámetros 3/8", 1/2", 5/8", 3/4", 7/8", 1", soldadas a juntas a tope y/o a juntas a solape para comparar con los valores que están establecidos en las normas COVENIN 316-2000 "Barras y rollos de Acero con resaltes para uso de refuerzo estructura" y el código AWS D1.4 "Structural Welding Code. Reinforcing Steel" de la American Welding Society y así, generar recomendaciones según los resultados.

La adquisición de conocimientos en un área no explorada; esto debido por a que las normativas de construcción de nuestro país consideran el uso de acero de refuerzo con bajo contenido de carbono.

1.4. ALCANCE Y LIMITACIONES

La investigación proyecta como alcance demostrar de manera práctica, el comportamiento de las Barras con alto contenido de carbono, cuando están sometidas a tracción que es el comportamiento similar que estas desarrollan como acero de refuerzo.

Cabe destacar que durante la investigación nos enfrentamos con muchas limitaciones tales como:

Adquisición de las muestras, que fueron donadas por SIDETUR y debimos esperar la disponibilidad del material en la empresa para alistarlas.

En el instituto donde se realizó la investigación no contábamos con el soldador calificado, por lo que se contrató el servicio aparte, con incidencias económicas.

La disponibilidad del laboratorio dependía de los trabajos adquiridos por el laboratorio siendo estos, prioridad sobre nuestro estudio.

La falta de antecedentes de investigación referentes a este estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ACERO DE REFUERZO PARA EL CONCRETO

En el concreto reforzado, el material de construcción más extensamente utilizado en el mundo por su moldeabilidad y durabilidad, es el concreto el que aporta su capacidad resistente a la compresión y el refuerzo de acero aporta su ductilidad y mayor resistencia a la tracción.

Las formas más comunes del acero para servir como refuerzo al concreto son: la barra con resaltes o corrugada (conocida como cabilla, en Venezuela) y la malla electro soldada. La barra con resaltes o corrugada se usa en todo tipo de elemento estructural, recta o doblada. La malla se utiliza en miembros planos tales como: losas, muros, pavimentos, paredes prefabricadas etc.

2.2. ACERO

En su acepción más amplia el acero es una aleación de hierro y carbono, conformable en caliente y que puede tener presente, en forma intencional o no, pequeñas cantidades de otros elementos. En la Norma COVENIN 803, "Aceros. Definiciones y clasificación", se encuentran las siguientes definiciones:

- a. Acero: es toda aleación de hierro-carbono, capaz de ser deformado plásticamente; con tenores mínimo y máximo de carbono desorden de 0.008 % y 2,0 %, respectivamente, pudiendo contener otros elementos

de aleación, así como también impurezas inherentes al proceso de fabricación.

- b. Acero al carbono: Es una aleación de hierro-carbono que contiene, además, otros elementos como el manganeso + silicio 2%, Manganeso 1.65 %, Silicio 0.50%, Cobre 0.40%, Plomo 0.40 %, Níquel 0.30 % entre otros.
- c. Acero al Carbono Comunes: Acero cuyo principal elemento aleante es el carbono y contiene hasta 1,0 % máximo dentro de este grupo se consideran:
 - Con bajo contenido de carbono ($C \leq 0,25\%$).
 - Con medio contenido de carbono ($0,25\% < C \leq 0,50\%$).
 - Con alto contenido de carbono ($C > 0.560\%$).
- d. Acero Aleados: Son aceros que contienen elementos de aleación en porcentajes superiores a los establecidos para el acero al carbono, con el fin de conferirle determinadas propiedades particulares. En los aceros aleados interviene, de manera importante, otros elementos como: cromo, vanadio, niobio, o molibdeno.

2.3. CONDICIONES QUE DEBEN SATISFACER LOS REFUERZOS

Las barras de refuerzo de las estructuras de concreto armado, deben satisfacer una serie de requerimientos básicos. Entre los requerimientos básicos se incluye la capacidad de resistir las fuerzas de tracción que se generan en las

secciones de elementos estructurales, para tal efecto, las barras de acero con resaltes usadas como refuerzo estructural, deben contemplar lo siguiente:

- a. Manipulación adecuada de las barras de refuerzo, durante su preparación, colocación, control de manufactura.
- b. Ductilidad que depende de la reserva de deformación de sus elementos, y por lo tanto, de la capacidad de alargamiento del acero antes de la rotura y del margen existente entre área y condiciones supuestas en el proyecto, a cuyo efecto la norma COVENIN 316-2000 “Barras y rollos de Acero con resaltes para uso de refuerzo estructural” establecen: Para acero S-60, S-70, W-40, W-60, W-70 el límite elástico real (f_y^*) no excederá el límite elástico nominal (f_y), en más de un 30 %. Para acero S-60, S-70, W-40, W-60, W-70 la Resistencia a la Tracción Real (f_{su}^*) no será menor que 1.25 veces el Límite Elástico Real (f_y^*), y el % de alargamiento no sea menor al 12 %.

2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS

Las barras de refuerzo del concreto deben obtenerse por proceso de laminación en caliente, de palanquillas o de lingotes de acero al carbono. Para mejorar algunas de sus propiedades, pueden tener tratamientos posteriores. Las barras a las que se refiere la norma COVENIN 316-2000 se clasifican y designan de la siguiente manera:

- a. Según su Soldabilidad, la cual se denota de la siguiente manera:

Una letra mayúscula indicativa del proceso de fabricación y de las características de soldabilidad del acero.

W = Aceros al carbono con o sin microaleantes soldables a temperatura ambiente (bajo contenido de carbono).

S = Aceros al carbono con o sin microaleantes no soldables a temperatura ambiente, se incluye los aceros termo tratados. (Alto contenido de carbono).

- b. Según su Limite Elástico, expresado en kgf/mm^2 . La descripción de esta clasificación se presenta en la Tabla 2.1.1.

TABLA 2.1.1. Límite Elástico Nominal.

	Límite elástico nominal (fy) Kgf/mm^2 (Ksi)	28 (40)	42 (60)	50 (70)
W	Aceros al carbono con o sin microaleantes soldables a temperatura ambiente.	W-40	W-60	W-70
S	Aceros al carbono con o sin microaleantes no soldables a temperatura ambiente.	S-40	S-60	S-70

FUENTE: NORMA COVENIN 316-2000

- c. Según su Origen las barras pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Microaleados: Estos son aceros de bajo contenido de carbono (hasta un 0.3%) y manganeso (hasta 1.60 % Mn), con lo que se preserva la capacidad de deformación y la ductilidad. La elevada resistencia y ductilidad se obtiene modificando la composición química del acero al añadir pequeñas cantidades (microaleantes) de elementos como el cromo, el vanadio o el molibdeno, en forma de ferro aleaciones.

- Termotratados: Estos son aceros de bajo contenido de carbono los cuales poseen una alta resistencia y ductilidad debido a que el mismo fue sometido a un temple superficial, utilizando el propio calor remanente de laminación haciendo pasar las cabillas por una línea de enfriamiento con agua.
 - Tanto los microaleados como termotratados son aceros perfectamente soldables (debido a su condición de bajo carbono) con cualquiera de los métodos que existen, sin aplicar técnicas especiales de tratamiento térmico, sin embargo, mantener condiciones de bajo hidrogeno con el fin de preservar las propiedades necesarias de la unión y el metal adyacente.
- d. Acero Tipo S no soldable (alto contenido de carbono). Son aceros de alto contenido de carbono cuya composición química varía entre 0.6 % y 1.70 % de carbono. Estos aceros se consideran no soldables, debido que su principal problema consiste en el endurecimiento de la zona adyacente a la soldadura, dicho endurecimiento depende del contenido de carbono (al aumentar % C el aumenta el endurecimiento y la velocidad de enfriamiento).

2.5. DESIGNACIÓN

Las barras a las que se refiere la norma COVENIN 316-2000 se designan de acuerdo con su diámetro nominal, tanto en pulgadas como en milímetros. Para la designación en pulgadas se usa el diámetro nominal expresado en octavos de pulgadas, Tabla 2.1.2. En el caso de la designación en milímetros, se usa, el diámetro nominal de la barra en milímetros seguido de la letra mayúscula M como

indicativo de la designación milimétrica, estos números se presentan en la Tabla 2.1.3.

TABLA 2.1.2. Designación en Octavos de Pulgada

Número de Designación	Diámetro Nominal (mm)	Área nominal de la Sección Transversal (cm ³)
3	9.530	71.330
4	12.700	126.670
5	15.880	198.060
6	19.050	285.020
7	22.220	387.770
8	25.400	506.700
9	28.650	644.650
10	32.260	817.370
11	35.810	31007.170
14	43.000	1452.200
18	57.330	2581.400

FUENTE: MANUAL DEL CONCRETO ESTRUCTURAL

TABLA 2.1.3. Designación en Milímetros

Número de Designación	Diámetro Nominal (mm)	Área nominal de la Sección Transversal (cm ³)
6M	6.000	28.300
8M	8.000	50.300
10M	10.000	78.530
12M	12.000	113.000
14M	14.000	153.940
16M	16.000	201.060
20M	20.000	314.000
25M	25.000	491.000
32M	32.000	804.000
36M	36.000	1018.000
40M	40.000	1257.000

FUENTE: MANUAL DEL CONCRETO ESTRUCTURAL

2.6. PROPIEDADES NORMATIVAS DEL ACERO

Toda especificación normativa de barras de refuerzo incluye un conjunto de características y propiedades que deben ser cumplidas por los productos para asegurar un comportamiento idóneo del material. Los resultados obtenidos al medir esas propiedades, mediante ensayos, tienen carácter probabilística y como tal deben ser tratados. La mayoría de las normas en el mundo resuelven esta circunstancia definiendo límites mínimos y máximos que deben ser observados, tal como lo hace la normativa nacional. La Norma COVENIN 316-2000 “Barras y rollos de Acero con resaltes para uso de refuerzo estructural” utiliza un conjunto de parámetros de control que se dan a continuación:

2.6.1. Resistencia a la Tracción Real, Mínima (Fsu*)

Es el resultado de dividir la carga máxima aplicada a la probeta de ensayo entre su área de sección inicial. Corresponde al punto más alto en la curva esfuerzo-deformación unitario y como puede observarse en la Figura 1, no es la tensión que se produce inmediatamente antes de la fractura de la probeta. La norma COVENIN 1753-87 lo denomina “resistencia de rotura” (Fsu)

2.6.2. Límite Elástico Convencional, Mínimo (Fy)

Es la tensión que produce una deformación remanente de 0.2 %. La norma COVENIN N° 1753-87 lo denomina “resistencia Cedente” (Fy). En la práctica se obtiene interceptando la curva esfuerzo deformación unitaria con una recta cuyo origen es $\epsilon = 0.002$ y que es paralela a la rama inicial elasto-lineal del gráfico. La pendiente de la recta corresponde al módulo de elasticidad en los aceros con escalón de relajamiento bien marcado, el límite elástico convencional coincide con el punto cedente.

2.6.3. Límite Elástico Real, Mínimo (Fy*)

Se obtiene de la misma forma que el límite elástico convencional, o sea, como el punto cedente, el cual se obtiene mediante la carga registrada cuando la aguja indicadora de la máquina a tracción se detiene momentáneamente mientras la carga se aplica a una velocidad constante.

2.6.4. Porcentaje de Alargamiento en 20 cm.

Esta medida se toma después de la rotura de la probeta, se unen las dos mitades por su cara de fractura y se mide la longitud que ocupan veinte marcas a

un centímetro de distancia entre si, dejando 10 marcas cada lado de la fractura. De esta manera se incluyen en la medida la zona de mayor deformación inelástica del material. Si el acero es dúctil, durante el ensayo se forma una garganta o cuello de estricción, que es el estrechamiento cuya magnitud, en términos de porcentaje de reducción de área, es una medida de la ductilidad. Después de la rotura ocurre una recuperación elástica, parcial, de ambas mitades, por lo que el alargamiento aquí definido no es la máxima deformación inmediatamente antes de la rotura, sino la deformación remanente posterior.

TABLA 2.1.4. Alargamiento.

Número de designación	% de Alargamiento mínimo (longitud entre marcas igual a 200 mm, incluye zona de restricción)					
	S-40	S-60	S-70	W-40	W-60	W-70
3,4,5, y 6	16	12	10	16	14	14
7,8,9,10, 11	16	12	10	16	12	12
14 y 16	16	12	10	16	12	12
6M,8M, 10M	16	12	10	16	14	14
12M,14M,16M	16	12	10	16	14	14
20M,25M,32M	16	12	10	16	12	12
36M y 40M	16	12	10	16	12	12

FUENTE: NORMA COVENIN 316-2000

2.6.5. Composición Química

El acero al carbono para la elaboración de las barras, proveniente de laminación en caliente con o sin termo tratado, no soldable a temperatura ambiente, clasificado en la norma COVENIN 316-2000 como acero Tipo S, debe cumplir con los límites de composición química tanto para el análisis de colada

como para el análisis de comprobación mostrados en la tabla 1, los cuales deben ser determinados de acuerdo con las normas COVENIN 305, 307,310,835,949,997,1226,1355,1906 y ASTM E 322, E 403, E 416 o cualquier otro método de ensayo reconocido y aprobado que ofrezca resultados equivalentes.

TABLA 2.1.5. Límite de composición química en aceros tipo S

Elemento	Análisis de colada (% máx.)	Análisis de comprobación (% máx.)
Azufre (S)	0.05	0.58
Fósforo (P)	0.04	0.048

FUENTE: NORMA COVENIN 316-2000

El acero al carbono para la elaboración de las barras, provenientes de laminación en caliente con o sin termo tratado, soldable a temperatura ambiente, clasificado en la norma COVENIN 316-2000 como acero Tipo W, debe cumplir con los límites de composición química tanto para el análisis de colada como para el análisis de comprobación mostrados en la Tabla 2, los cuales deben ser determinados de acuerdo con las normas COVENIN 305, 307,310,835,949,997,1226,1355,1906 y ASTM E 322, E 403, E 416 o cualquier otro método de ensayo reconocido y aprobado que ofrezca resultados equivalentes.

TABLA 2.1.6. Límite de composición química en aceros tipo W.

Elemento	Análisis de colada (% máx.)	Análisis de comprobación (% máx.)
Carbono (C)	0.30	0.33
Manganeso (Mn)	1.50	1.56
Azufre (S)	0.045	0.053
Fósforo (P)	0.035	0.043
Silicio (S)	0.50	0.550

FUENTE: NORMA COVENIN 316-2000

2.6.6. Geometría de Resaltes

Para garantizar la adherencia entre el acero y el concreto, las barras deben tener protuberancias o resaltes. Las normas regulan la inclinación, longitud, altura y separación de estas protuberancias.

Requisitos Adicionales

El esfuerzo cedente (f_y^*), determinando mediante ensayos, no debe exceder el esfuerzo cedente especificado (f_y), en más de un 25 %.

$$F_y^* \leq 1.25 F_y$$

La razón de esto es el uso de aceros de refuerzos con esfuerzos cedentes sensiblemente mayor especificado en el diseño.

El esfuerzo de rotura (F_{su}^*), determinado mediante ensayos, deberá exceder, por lo menos en un 25 %, el límite elástico convencional determinado en el ensayo (F_y^*)

$$F_{su}^* \geq 1.25 F_y^*$$

Esta condición asegura que el acero posea suficiente capacidad de endurecimiento después de la cedencia para evitar que se produzcan deformaciones unitarias críticas a un nivel de esfuerzo relativamente bajo.

2.7. SOLAPES

Las longitudes requeridas como refuerzo, frecuentemente superan las longitudes de las barras, por lo que es necesario realizar empalmes los cuales, en general, pueden hacerse por solape según lo indicado en la Norma COVENIN 1753, "Estructuras de concreto reforzado para edificaciones. Análisis y diseño". Las longitudes especificadas de solape o de transferencia de tensiones, se basan en los resultados de un gran número de pruebas de adherencia realizadas en barras con diferentes geometrías de resalte.

Las fuerzas son transmitidas del acero al concreto y viceversa por adherencia, por lo que la longitud de solape es proporcional a la fuerza máxima que la barra es capaz de soportar y transmitir, lo cual implica que la longitud de solape termina siendo proporcional al diámetro de la barra.

2.8. SOLDABILIDAD

Un acero se considera soldable en un cierto grado, por un procedimiento determinado y para una aplicación específica, cuando mediante una técnica adecuada se puede conseguir la continuidad metálica de la unión, de tal manera que ésta cumpla con las exigencias requeridas con respecto a sus propiedades locales y su influencia en la construcción de la cual forma parte.

En principio, todos los aceros son soldables. Sin embargo, se pueden clasificar a los aceros de mayor o menor soldabilidad de acuerdo a las condiciones

en que se realiza la soldadura y a los ensayos que debe cumplir dicho material soldado.

Para un mismo acero, al mejorarse los métodos y materiales empleados, como por ejemplo precalentamiento de las barras, enfriamiento controlado, velocidad de material de aporte, secado selección correcta de electrodo, y empleo de soldadores calificados, etc., la calidad de la soldadura efectiva se incrementa notoriamente.

Las condiciones generalmente fijadas por las normas para definir un acero como soldable son variadas, se considera por una parte la composición química como condición suficiente y por otra parte el cumplimiento de las propiedades mecánicas obtenidas de ensayos a tracción sobre la barra soldada, debiendo obtenerse una carga de rotura similar a la de las barras antes de soldar; es decir, la soldadura no debe disminuir las propiedades mecánicas de la barra. Por tal motivo es de fundamental importancia la calidad de la soldadura, los métodos y materiales empleados.

2.9. PROPIEDADES DE SOLDABILIDAD

2.9.1. Metalurgia de la Soldadura

Una junta soldada esta constituida por diferentes zonas: el cordón de soldadura, la zona afectada por el calor, el metal base no afectado térmicamente.

2.9.2. Cordón De Soldadura

Es la región que ha sido fundida durante el proceso de soldadura, se compone de metal base y metal de aporte. La composición química del cordón de

soldadura depende de la composición del metal base y del metal de aporte, así como la relación que existe entre la cantidad del metal base fundido, y la cantidad de material de aporte agregado durante la soldadura.

2.9.3. Zona Afectada por el calor (Zac)

Es aquella zona del material base, que por estar adyacente al metal fundido, está afectada por el calor generado durante el proceso de soldadura. Esta zona se define frecuentemente en función de su micro estructura o de su dureza (determinando perfiles de dureza).

2.9.4. Metal Base

La tercera zona que compone una unión soldada es el metal base propiamente dicho. Uno de los principales problemas que se presentan al soldar cierto tipo de metales es la fragilidad por hidrogeno y el agrietamiento en caliente.

2.10. TIPOS DE SOLDADURAS

Debido a que la longitud de solape, en función del diámetro, puede ser del orden de un metro o más puede ser conveniente en algunos casos, soldar barras de refuerzo con lo que se evita dicho solape y la consiguiente dificultad para colocar y vibrar el concreto.

La soldadura de las barras de refuerzo se realiza con material de aporte (electrodos) y puede ser: a tope o por solape. Los electrodos que aportan el material de soldadura deben cumplir los requisitos indicados en la Tabla 7, según la Norma ASW D1.4 "Structural Welding Code. Reinforcing Steel" de la American Welding Society.

TABLA 2.1.7. Requisitos que deben cumplir los electrodos de Aporte de Soldadura, según AWS D1.4

Designación de la Barra	Designación del Electrodo	Resistencia a la Tracción, Fu		Resistencia al corte, Vr	
		(psi)	(kgf/cm ²)	(psi)	(kgf/cm ²)
W-40	E-70XX	70000	4900	42000	3000
W-60	E-90XX	90000	6300	54000	3800
W-70	E-100XX	100000	7000	60000	4200

FUENTE: MANUAL DEL CONCRETO ESTRUCTURAL

2.10.1. Soldadura a Tope

Desde el punto de vista estructural es preferible la soldadura a tope porque la transferencia de tensiones (tracción o compresión) es directa y concéntrica. Utilizando electrodo apropiado, la junta soldada a tope puede y debe resistir y transferir, el 100% de la resistencia a tracción especificada para la barra. La soldadura a Tope resulta muy lenta y difícil de realizar en barras de pequeño diámetro, como la N° 6 (3/4") y menos en cuyo caso se utiliza la soldadura a lateral solape.

Las barras que deben soldarse a tope requieren de un biselado que puede ser sencillo o doble, en una barra o en ambas, según Figura 2.1.1. La selección de bisel doble o sencillo depende de la facilidad de acceso a la junta.

2.10.2. Soldadura a Solape

Cuando una barra que se suelda es de diámetro menor a (N° 6 o menos), la soldadura puede realizarse a tope mediante uno o dos cordones de aporte, a lo largo de la unión solapada de las barras. Cuando se aplica una carga, la junta es

sometida a un momento flector, igual al producto de la fuerza por la excentricidad entre barras, que es la suma de los radios de ambas.

La norma AWS D1.4 exige dos requisitos para juntas soldadas con barras no concéntricas:

- a. El diámetro de la barra no debe exceder el N^o 6 (3/4").
- b. La junta soldada debe quedar embebida en el concreto y rodeada por barras transversales, para prevenir la rotura del concreto como consecuencia de la tendencia de la junta a doblarse, debido a la excentricidad de la fuerza transmitida por las barras soldadas.

2.11. CÁLCULO DEL CORDÓN DE SOLDADURA

El cálculo de la longitud del cordón de soldadura, se parte de una ecuación de equilibrio de fuerzas: por una parte la máxima fuerza que las barras pueden resistir, mayorada en un 50%; por otra parte, la fuerza que la junta soldada puede transmitir, minorada al 60%.

$$1.5 \cdot F_{su} \cdot A_s \leq 0.6 \cdot F_u \cdot L \cdot (0.3 \cdot D)$$

donde:

del cordón de soldadura.

Despejando L, sustituyendo 1.5 = factor de mayoración de la carga.

F_{su} = resistencia de la barra a la tracción (si son desiguales, la de menor diámetro).

A_s = área de la sección transversal de la barra (si son desiguales, la de menor diámetro).

D = diámetro de la barra (si son desiguales, la de menor diámetro).

F_u = resistencia a la tracción del material de aporte del electrodo.

$0.6 F_u$ = resistencia al corte del material de aporte del electrodo.

L = Longitud de soldadura.

$0.3D$ = espesor promedio efectivo A_s y operando los escalares, se tiene:

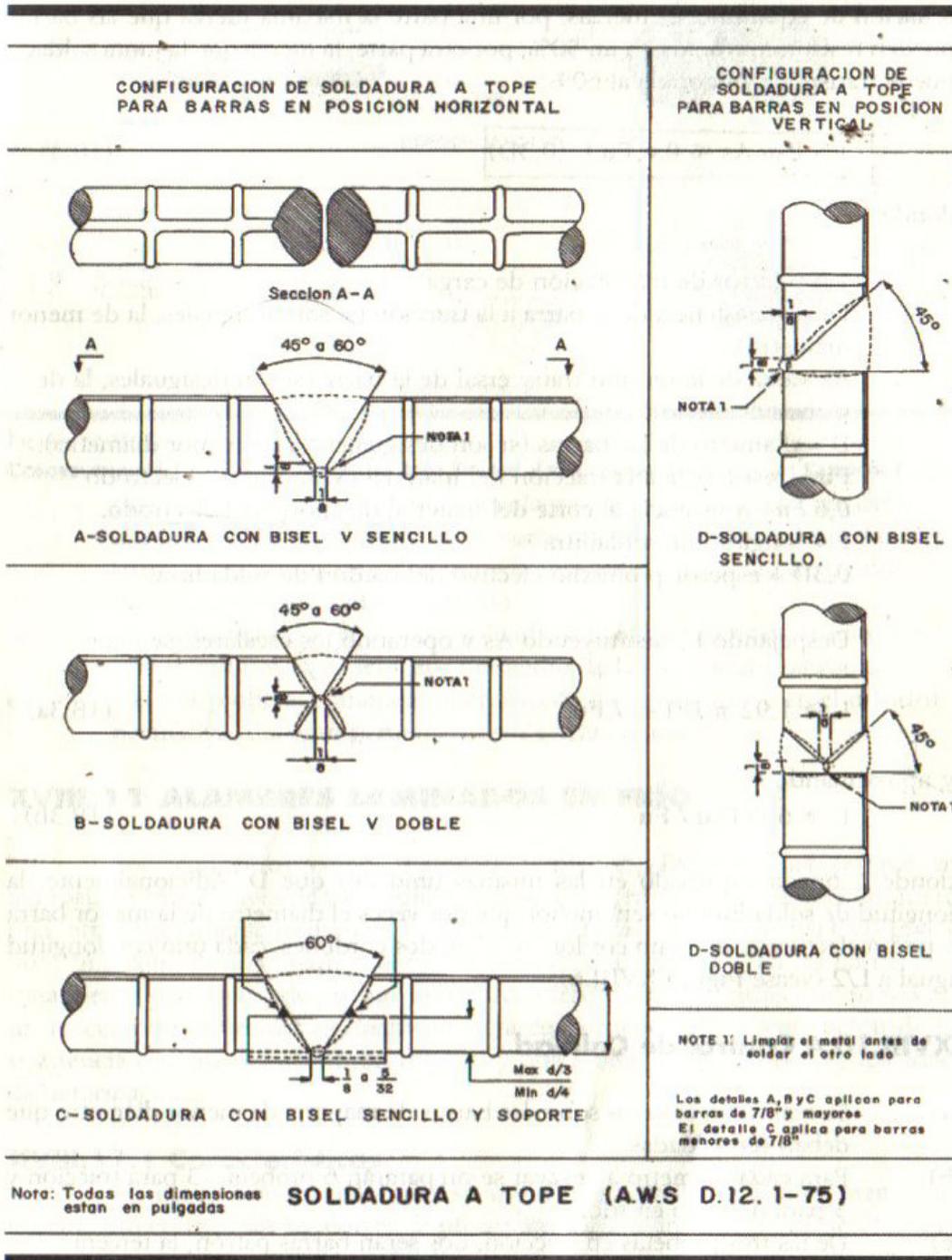
$$L \geq 1.92 \cdot \pi \cdot D \cdot F_{su} / F_u$$

y, aproximadamente π :

$$L \geq 6 \cdot D \cdot F_{su} / F_u$$

Donde L queda expresado en las mismas unidades que D. Adicionalmente, la longitud de soldadura no será menor que dos veces el diámetro de la menor barra y podrá efectuarse: a) en un cordón; o, b) en dos cordones, cada uno con longitud igual a $L/2$, Figura 2.1.2.

Figura 2.1.1. Opciones de Biselado en Juntas Soldadas a Tope

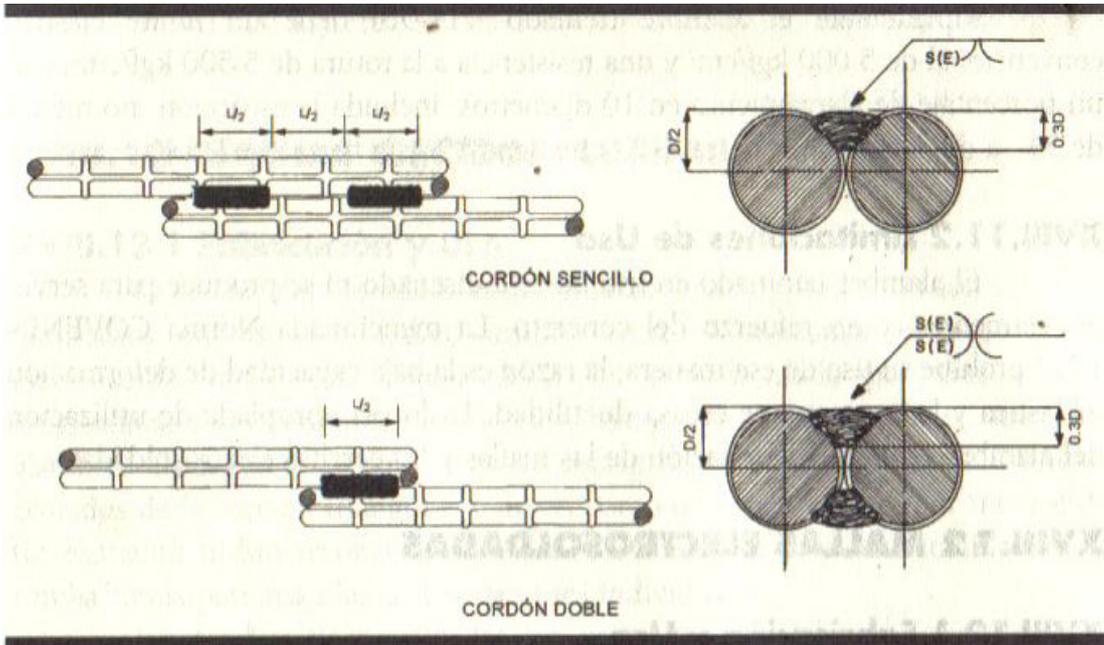


Nota: Todas las dimensiones estan en pulgadas

SOLDADURA A TOPE (A.W.S D.12. 1-75)

FUENTE: MANUAL DE CONCRETO ESTRUCTURAL.

FIGURA 2.1.2. Configuraciones de Juntas Soldadas con Solape. (a) Cordón Sencillo; (b) Cordón Doble



FUENTE: MANUAL DEL CONCRETO ESTRUCTURAL.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1. DESCRIPCIÓN

El presente capítulo aborda los lineamientos metodológicos que describen cómo se llevará a cabo el estudio para dar respuesta a las interrogantes y objetivos planteados, al respecto, Tamayo y Tamayo (2003), expone: “la metodología es un procedimiento general para lograr de manera precisa el objetivo de la investigación, por lo cual nos presenta los métodos y técnicas para la realización de la investigación.” (p. 175).

Asimismo, Hurtado de Barrera (2000), señala: “implica precisar los términos asociados al proceso de medición, y la selección de técnicas, tácticas y procedimientos para el estudio”. (p. 138).

Por lo tanto, la metodología comprende la descripción de las estrategias y métodos que el investigador emplea para responder a los objetivos del estudio y comprende, el tipo de investigación, las unidades de estudios, población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, las técnicas de análisis y el procesamiento de los datos.

La modalidad de la investigación se encuentra dentro del paradigma cuantitativo que según Cook y Richard citados por Hurtado de Barrera (2000) se define como: “aquel que posee una concepción positivista, hipotética – descriptiva, particularista, con énfasis en la objetividad; orientada a los resultados y propias de las ciencias naturales” (p. 05).

En este mismo orden de ideas Pineda y otros (1999) definen al paradigma cuantitativo como “la investigación clásica que responde al paradigma empírico-positivista, cuya característica principal radica en la construcción de instrumentos... la precisión estadística y replicabilidad de los resultados” (p. 8). Por consiguiente, los autores mencionados establecen que este tipo de paradigma, busca el análisis e interpretación de los resultados, a partir de la aplicación del instrumento de recolección de datos.

3.1.1. Tipo y Diseño de la Investigación

El diseño se refiere a la guía que implementará el investigador para dar respuestas a las interrogantes, para Hernández, Fernández y Baptista (2003). El diseño responde a la investigación experimental, transeccional o trasversal y define en “Recolectar en un solo momento en un tiempo único, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado”. (p. 270).

El tipo de investigación responde a los objetivos planteados, por lo tanto, se enmarcará en el tipo de investigación descriptiva, bajo un diseño experimental, de y de corte transversal según Hernández, Fernández y Baptista (2003), exponen que “los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunicaciones o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis” (p. 60). De igual manera, Hurtado de Barrera (2000) señala que “la investigación descriptiva tiene como objetivo central lograr la descripción o caracterización del evento de estudio dentro de un contexto particular” (p. 223)

3.1.2. Población y Muestra

Para Tamayo y Tamayo (2003), la población constituye “la totalidad del fenómeno a estudiar y parte representativa de éste es considerada como una muestra.” (p. 211). De igual manera, Arnau citado en Hurtado de Barrera (2000), define la población como: “un conjunto de elementos, seres o eventos, concordantes entre sí en cuanto a una serie de características, de las cuales se desea obtener alguna información”. (p. 152).

En esta investigación la población es las barras con alto contenido de carbono y las muestras consisten en 48 barras con alto contenido de carbono, distribuidas de la siguiente manera:

TABLA 3.1.1. Muestras Soldadas a Solape.

Diámetro	Muestras Patrón	Muestras Solapes Simples	Muestras Solapes Doble
3/8"	2	3	3
1/2"	2	3	3
5/8"	2	3	3
3/4"	2	3	3

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 3.1.2. Muestras Soldadas a Tope.

Diámetro	Muestras Patrón	Muestras Tope Bisel Simple	Muestras Tope Bisel Doble
7/8"	2	3	3
1"	2	3	3

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.1.3. Toma de Datos

Esta fase se hará a lo largo de toda la preparación para el ensayo, la realización de este y luego de su culminación. A fin de obtener toda la información necesaria para darle continuidad a la metodología con los siguientes puntos, el procesamiento e interpretación de los ensayos ejecutados.

Esta recopilación se hará en planillas de campo con formatos predeterminados por el personal del IMME.

3.1.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para Arias (1999), “Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información”. (p. 55). En opinión de, Tamayo y Tamayo (2003), explica: “esta sección es la expresión operativa del diseño de investigación, la especificación concreta de cómo se hará la investigación” (p. 182). Mientras que Rodríguez (2001), señala: “la técnica es la parte del método que consiste en un procedimiento o conjunto de procedimientos, regulado y previsto de una determinada eficacia”. (p. 125).

En otras palabras, es la forma que escoge el investigador para recolectar información relevante sobre el tema o evento que se estudia, en algunos casos se presentan investigaciones que requieren la utilización de varias técnicas para describir en su totalidad el evento; por lo tanto son pasos que se distinguen y que facilitan la obtención de información.

La técnica que se empleó, fue la observación científica que es según Isidora Reyes Bello (2008) “La observación científica que puede definirse como el uso

sistemático de nuestros sentidos en la búsqueda de los datos que se necesitan para resolver un problema de investigación”

3.1.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Al respecto, Tamayo y Tamayo (2003), señala: recopilados los datos “es necesario procesarlos, es decir, elaborarlos matemáticamente, ya que la cuantificación y su tratamiento estadístico nos permitirá llegar a conclusiones en relación con las hipótesis planteadas”. (p. 187). Asimismo, el Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Tesis Doctorales UPEL (2006), plantea que en el análisis de los datos “se describen las técnicas estadísticas o de otro tipo utilizadas para el procesamiento de los datos y la información recopilada para la investigación”. (p. 22).

Por lo tanto, los datos se analizarán de acuerdo a las técnicas de la estadística descriptiva, implementándose, para ello, la tabulación, cuadros estadísticos y gráficos de distribución de porcentual y análisis descriptivos, para luego establecer el análisis e interpretación de los datos, con el objetivo de establecer las causas o razones y factores que explican las relaciones encontradas en función de los conocimientos teóricos-prácticos además de establecer, las conclusiones y recomendaciones que den lugar, tomando en cuenta los objetivos planteados.

3.2. PROCEDIMIENTO

Por las características del acero a ensayar, se seguirá el punto 6.3 Probeta Tipo C de la Norma COVENIN 299-89. La cual indica que para alambres o barras circulares de diámetros mayores a 3mm se hacen marcas con una separación de cuatro (4) veces el diámetro menor.

El ensayo se realiza con una temperatura entre 5° C y 35°C, sin embargo para aquellos materiales sensibles a las variaciones de temperatura el ensayo el ensayo se realiza a $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

3.2.1. Determinación de la Longitud de Soldaduras de las Barras

- a. Se calculó mediante la siguiente formula y valores:

$$LONG_{SOLD} = \frac{DIAMETRO_{NOMINAL} \times F_{SU} \times 6}{F_U} = \frac{D_{NOMINAL} \times 7500 \times 6}{6300} = 7,14 \times D_{NOMINAL} (C/ BARRA)$$

3.2.2. Determinación del Área de la Sección Transversal Original

- a. Se realizan tres (3) mediciones del área de la sección transversal de la porción paralela de la muestra de ensayo (por ejemplo en los dos extremos y en el centro de la longitud calibrada) y se calcula la media aritmética de los tres valores obtenidos, el cual se toma como el área de la sección transversal.
- b. En caso de que se utilicen muestras con reducción en la paralela de la probeta, el área a considerar se tomará como el área de sección transversal mínima.
- c. En el caso de que se utilicen muestras de ensayo de sección transversal circular, el diámetro para el cálculo del área de la sección transversal original, será la media aritmética de las medidas tomadas en dos direcciones perpendiculares.

3.2.3. Colocación de la Muestra de Ensayo

La muestra de ensayo se coloca en la máquina de tracción de manera tal que el eje de dicha muestra coincida con el de las mordazas de la máquina.

El tamaño y la longitud de los montajes de la prueba de la tensión serán como sigue:

- a. A menos que una mayor longitud se requiera para probar, los montajes soldados con autógena de la prueba para los empalmes de extremo directos tendrán una longitud mínima de por lo menos 16 por el diámetro de la barra, con la autógena localizada centralmente.
- b. Para el empalme de extremo indirecto los montajes soldados con autógena de la prueba, la longitud mínima adentro (1) arriba serán aumentados en la longitud del empalme. La longitud de las autógenas que conectan será tal que la capacidad total del esquiroleo es igual a 0.6 veces la fuerza extensible especificada mínimo por el área nominal de la barra sólida. Observar que para dos barras de fuerzas extensibles desiguales, los menos de los dos valores serán utilizados.

La distancia mínima entre las quijadas de la máquina de prueba será igual

a:

- a. Al menos ocho veces el diámetro de las barras para los empalmes de extremo directos
- b. Por lo menos ocho por el diámetro de la barra, más la longitud del empalme para los empalmes de extremo indirectos

3.2.4. Aplicación de la Carga

La carga axial puede aplicarse a la probeta de tres (3) formas diferentes:

- a. Incrementando la carga en el tiempo (carga controlada).
- b. Incrementando el alargamiento en el tiempo (alargamiento controlado).
- c. Incrementando la deformación en el tiempo (deformación controlada empleando un extensómetro).

3.2.5. Velocidad de Aplicación de la Carga

- a. La carga se aplica a una velocidad uniforme de separación de los cabezales.
- b. Para la determinación del punto de fluencia y el límite elástico convencional de materiales dúctiles, la carga se aplica a una velocidad adecuada hasta que se registre un incremento de deformación sin aumento de carga.
- c. La velocidad del ensayo puede expresarse en términos de:
 - Velocidad de desplazamiento del cabezal de la máquina actuando en vacío.
 - Velocidad uniforme de separación de los cabezales aplicando carga.
 - Velocidad de carga o esfuerzo de la probeta.
 - Velocidad de deformación de la probeta.
- d. Para determinar el límite de fluencia la velocidad de separación de los cabezales será de 1,59mm/min por cada mm de longitud calibrada.
- e. Para determinar la resistencia a la tracción puede aplicarse una velocidad de 12,7 mm/min por mm de longitud calibrada. En todo caso la velocidad mínima de ensayo será de 1,54 mm/min por cada mm de

longitud calibrada. También se puede aplicar una velocidad de incremento de esfuerzo (sólo para ensayos a carga controlada) entre 70 MPa/min y 670MPa/min.

- El ensayo deberá realizarse siempre que sea posible a alargamiento controlado con una velocidad de separación de cabezales de 0,1 mm/min por cada mm de longitud calibrada.
- En ensayos a deformación controlada empleando extensómetro, la velocidad de separación de cabezales no deberá ser menor de 0,06 mm/min por cada mm de longitud calibrada.

3.2.6. Toma de Datos

Esta fase se hará a lo largo de toda la preparación para el ensayo, la realización de este y luego de su culminación. A fin de obtener toda la información necesaria para darle continuidad a la metodología con los siguientes puntos, el procesamiento e interpretación de los ensayos ejecutados.

Esta recopilación se hará en planillas de campo con formatos predeterminados por el personal del IMME.

3.2.7. Procesamiento de Datos

a. Construcción de la curva de esfuerzo vs deformación.

Una vez obtenidos los valores de carga y alargamiento se traza una nueva gráfica colocando como ordenada los esfuerzos y como abscisas las deformaciones sufridas por el material (ver figura 1) el esfuerzo y la deformación se calculan de acuerdo a lo siguiente:

- Esfuerzo

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

Donde; σ =esfuerzo, expresado en MPa
P =carga, expresada en N
 A_0 =área de la sección transversal original, expresada en m²

- Deformación de rotura

$$\varepsilon = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100$$

Donde; ε =deformación de rotura, expresado en porcentaje
 L_f =distancia de la longitud calibrada después del ensayo, expresada en mm
 L_0 =longitud calibrada, expresada en mm

- Alargamiento

$$e = L_f - L_0$$

Donde; e= alargamiento lineal media
 L_f =distancia de la longitud calibrada después del ensayo, expresada en mm
 L_0 =longitud calibrada, expresada en mm

- Estricción de rotura

$$q = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100$$

Donde; q= estricción de rotura.
 A_f =área de la muestra de ensayo al producirse la rotura, expresada en mm²

A_0 =área original de la muestra de ensayo, expresada en mm^2

- Resistencia a la tracción

$$\sigma_T = \frac{P_{MAX}}{A_0}$$

Donde; σ_T = resistencia a la tracción.

P_{MAX} =carga máxima, expresada en N.

A_0 =área de la sección transversal original de la probeta de ensayo, expresada en mm^2 .

- Limite elástico convencional

$$\sigma_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{A_0}$$

Donde; $\sigma_{0,2}$ = limite elástico convencional, expresado en MPa.

$P_{0,2}$ =carga expresada en N.

A_0 =área de la sección transversal original de la probeta de ensayo, expresada en mm^2 .

3.2.8. Interpretación de Datos

Es una fase muy importante, debido a que daremos respuestas a los objetivos específicos propuestos inicialmente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados obtenidos en los ensayos de tracción de cada barra fueron recopilados en un formato predeterminado por el laboratorio del IMME. Este formato contempla la información requerida para la realización de dicho ensayo; de las muestras se señala el fabricante, el diámetro, área transversal, longitud, la fecha de realización del ensayo y el alargamiento junto con la carga máxima que soporto antes de fallar.

Toda especificación normativa para las barras de refuerzo incluye un conjunto de características y propiedades que deben ser cumplidas por las barras de refuerzos para asegurar su comportamiento idóneo. La norma COVENIN 316, “**Barras y rollos de acero con resaltes para uso como refuerzo estructural**”, utiliza un conjunto de parámetros que analizamos a continuación:

- **Muestras Ensayadas Patrón**

Se ensayaron un total de 12 probetas patrón razón de 2 por cada diámetro (3/8”, 1/2”, 5/8”, 3/4”, 7/8”, 1”).

- **Límite Elástico Convencional (f_y)**

Este valor fue obtenido mediante la intercepción de la gráfica Esfuerzo-Deformación Unitaria con una recta cuyo origen es $\epsilon = 0,002$ y que es paralela a la rama inicial elástico-lineal de las barras de refuerzo de cada uno de las muestras patrones ensayadas (3/8”, 1/2”, 5/8”, 3/4”, 7/8”, 1”).

Resistencia a la Tracción (fsu)

Los valores fueron obtenidos dividiendo la carga máxima aplicada de cada muestra patrón ensayado entre el área de la sección inicial (ver tabla 4.1.16).

Porcentaje de Alargamiento en 20 cm incluido la Estricción

A cada una de las probetas de las muestras patrón y soldadas ensayadas, dos probetas patrón y 6 probetas soldadas a solape simple y doble ($3/8"$, $1/2"$, $5/8"$, $3/4"$) y con bisel sencillo y doble , ($7/8"$, $1"$) para un total de 48 muestras la cuales se le realizaron 41 marcas con separación de un centímetro, para luego después de la rotura de la probeta, juntando las dos mitades por su cara de fractura medir la longitud que ocupan 20 divisiones, dejando 10 marcas a cada lado de la fractura, obteniendo así para cada diámetro ensayados ($3/8"$, $1/2"$, $5/8"$, $3/4"$, $7/8"$, $1"$) porcentajes de alargamiento mayor al establecido por la norma COVENIN 316 del 12 % para barras de refuerzo S-60 (ver tabla 4.1.17).

Además, existen unos requisitos adicionales establecidos en la Norma COVENIN 1753 ***“Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”*** que deben cumplir la muestra ensayada para resistir las solicitaciones debidas a la acción sísmica.

- a) La resistencia cedente real (f_y^*), no debe exceder a la resistencia especificada (f_y) en más de un 25 %, en los resultados de las barras de refuerzo (S-60) cuyo f_y se encuentra entre 4200 kg/cm^2 y 5500 kg/cm^2 , donde se obtuvo valores por debajo del 25 % cumpliendo así con el criterio $f_y^* \leq 1,25f_y$ para cada una de las muestras ensayadas.
- b) La resistencia de agotamiento real en tracción (f_{su}^*), debe exceder la resistencia cedente real (f_y^*), por lo menos en un 25%, obteniendo en los resultados de cada uno de los diámetros ($3/8"$, $1/2"$, $5/8"$, $3/4"$, $7/8"$, $1"$) de las

muestras ensayadas que sobrepasan el 25 % de la resistencia cedente real cumpliendo así con el criterio $f_{su}^* \geq 1,25 f_y^*$. Adicionalmente para las barras de refuerzo S-60 la resistencia de agotamiento real en tracción (f_{su}^*) debe ser $f_{su}^* \geq 6300 \text{ kg/cm}^2$, donde se obtuvo para todas las barras de refuerzo de las muestras ensayadas valores mayores al valor establecido por norma (ver tabla 4.1.19).

- c) Para el cálculo de la longitud de la soldadura a solape sencillo y doble utilizamos un f_{su} (resistencia a la barra a la tracción) de 7500 kg/cm^2 y un f_u (resistencia a la tracción del material de aporte del electrodo) de 6300 kg/cm^2 y un electrodo E-90XX según la norma AWS D1.4. La longitud calculada para las barras de refuerzo fue la siguiente:

Barra de refuerzo 3/8" longitud 7 cm (ver figura 2.1.2).

Barra de refuerzo 1/2" longitud 10 cm (ver figura 2.1.2).

Barra de refuerzo 5/8" longitud 12 cm (ver figura 2.1.2).

Barra de refuerzo 3/4" longitud 14 cm (ver figura 2.1.2).

Para el caso de soldaduras a tope con bisel sencillo y con bisel doble se utilizó un ángulo de bisel de 45° (ver figura 2.1.1).

Se verificó la longitud de la soldadura a través del criterio que la longitud de la soldadura debe ser menor a dos veces el diámetro de la barra de refuerzo.

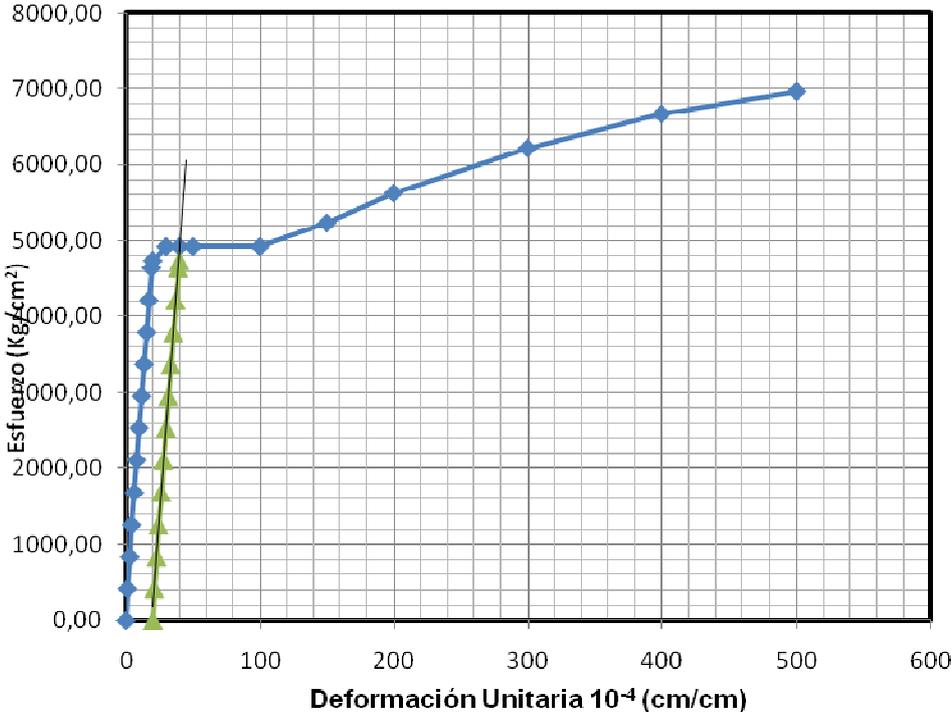
Tabla 4.1.1. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 3/8”

Nº de Ensayo M1 Hoja 1 de 2

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0
300	0,5	422,54	1
600	1,4	845,07	2,8
900	2,1	1267,61	4,2
1200	3,1	1690,14	6,2
1500	4	2112,68	8
1800	4,9	2535,21	9,8
2100	5,8	2957,75	11,6
2400	6,7	3380,28	13,4
2700	7,7	3802,82	15,4
3000	8,5	4225,35	17
3300	9,5	4647,89	19
3370	10	4746,48	20
3500	15	4929,58	30
3500	20	4929,58	40
3500	25	4929,58	50
3500	50	4929,58	100
3720	75	5239,44	150
4000	100	5633,80	200
4420	150	6225,35	300
4740	200	6676,06	400
4950	250	6971,83	500

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Para los resultados obtenidos de este ensayo se aplicó la carga tomando la deformación unitaria cada 300 Kg, correspondiente al diámetro de la barra según la norma COVENIN 316. Además podemos observar la recta paralela a la zona elástico-lineal cuyo origen es $\epsilon = 0,002$ para obtener el valor del límite elástico convencional (ver tabla 4.1.3). La barra de refuerzo fallo a una carga máxima de 5380 kg. A continuación la gráfica de la muestra M2 de la barra de refuerzo N° 3:



GRÁFICA 4.1. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 3/8"

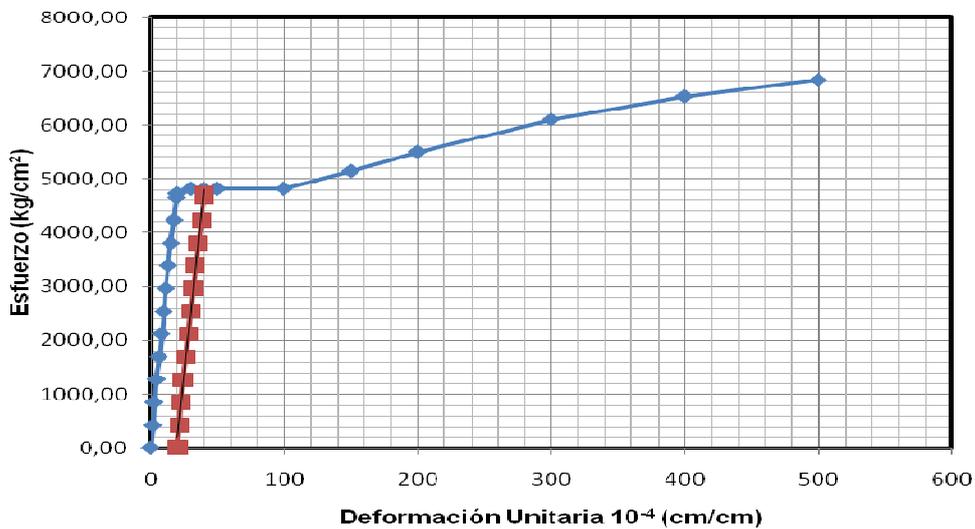
Tabla 4.1.2. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M2 para la Barra de Refuerzo 3/8”

Nº de Ensayo M2 Hoja 2 de 2

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0
300	0,8	422,54	1,6
600	1,2	845,07	2,4
900	2,1	1267,61	4,2
1200	3,1	1690,14	6,2
1500	4,1	2112,68	8,2
1800	5	2535,21	10
2100	5,8	2957,75	11,6
2400	6,6	3380,28	13,2
2700	7,7	3802,82	15,4
3000	8,9	4225,35	17,8
3300	9,9	4647,89	19,8
3360	10	4732,39	20
3420	15	4816,90	30
3420	20	4816,90	40
3420	25	4816,90	50
3420	50	4816,90	100
3650	75	5140,85	150
3900	100	5492,96	200
4330	150	6098,59	300
4630	200	6521,13	400
4850	250	6830,99	500

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para los resultados obtenidos de este ensayo se aplico la carga tomando la deformación unitaria cada 300 Kg, correspondiente al diámetro de la barra según la norma COVENIN 316. Además podemos observar la recta paralela a la zona elástico-lineal cuyo origen es $\epsilon = 0,002$ para obtener el valor del límite elástico convencional (ver tabla 4.1.3). La barra de refuerzo fallo a una carga máxima de 5270 kg. A continuación la gráfica de la muestra M2 de la barra de refuerzo N° 3:



GRÁFICA 4.2. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M2 para la Barra de Refuerzo 3/8”

Tabla 4.1.3 Límite Elástico Convencional F_y^* , criterio $F_y^* \leq 1,25 F_y$ Barra de Refuerzo 3/8”

F_y (kg/cm ²)	4200		
Díámetro barras	Muestras Patrón	Límite Elástico Convencional F_y^*	$F_y^* \leq 1,25 F_y$
3/8”	M1	4929,58	Cumple
	M2	4816,90	Cumple

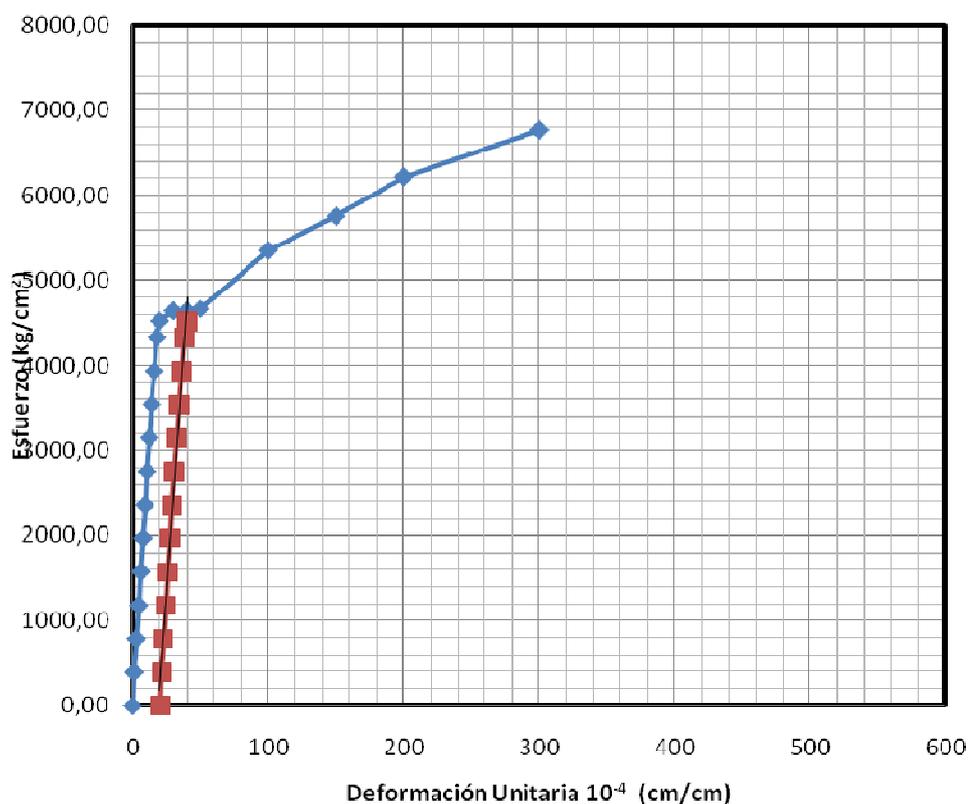
Tabla 4.1.4. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M3 para la Barra de Refuerzo 1/2”

Nº de Ensayo M1 Hoja 1 de 2

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0
500	0,5	393,70	1
1000	1,3	787,40	2,6
1500	2,2	1181,10	4,4
2000	3	1574,80	6
2500	3,8	1968,50	7,6
3000	4,5	2362,20	9
3500	5,3	2755,91	10,6
4000	6,2	3149,61	12,4
4500	7,1	3543,31	14,2
5000	8	3937,01	16
5500	9	4330,71	18
5750	10	4527,56	20
5900	15	4645,67	30
5900	20	4645,67	40
5930	25	4669,29	50
6800	50	5354,33	100
7310	75	5755,91	150
7900	100	6220,47	200
8600	150	6771,65	300

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Para los resultados obtenidos de este ensayo se aplico la carga tomando la deformación unitaria cada 500 Kg, correspondiente al diámetro de la barra según la norma COVENIN 316. Además podemos observar la recta paralela a la zona elástico-lineal cuyo origen es $\epsilon = 0,002$ para obtener el valor del límite elástico convencional (ver tabla 4.1.6). La barra de refuerzo falló a una carga máxima de 9780 kg. A continuación la gráfica de la muestra M1 de la barra de refuerzo N° 4:



GRÁFICA 4.3. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 1/2"

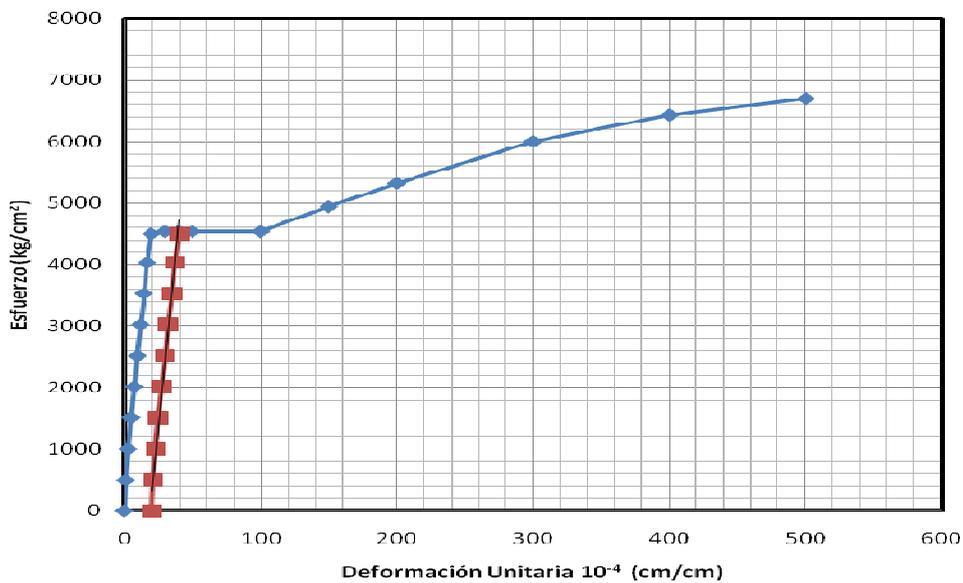
Tabla 4.1.5. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 1/2”

Nº de Ensayo M4 Hoja 4 de 12

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0	0
500	0,6	393,70	1,2
1000	1,1	787,40	2,2
1500	2	1181,10	4
2000	2,7	1574,80	5,4
2500	3,5	1968,50	7
3000	4,3	2362,20	8,6
3500	5,1	2755,91	10,2
4000	6	3149,61	12
4500	7	3543,31	14
5000	7,8	3937,01	15,6
5500	9	4330,71	18
5900	10	4645,67	20
5980	15	4708,66	30
5980	20	4708,66	40
5980	25	4708,66	50
6580	50	5181,10	100
7120	75	5606,30	150
7620	100	6000,00	200
8410	150	6622,05	300
8940	200	7039,37	400
9300	250	7322,83	500

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Para los resultados obtenidos de este ensayo se aplicó la carga tomando la deformación unitaria cada 500 Kg, correspondiente al diámetro de la barra según la norma COVENIN 316. Además podemos observar la recta paralela a la zona elástico-lineal cuyo origen es $\epsilon = 0,002$ para obtener el valor del límite elástico convencional (ver tabla 4.1.6). La barra de refuerzo falló a una carga máxima de 9840 kg. A continuación la gráfica de la muestra M2 de la barra de refuerzo N° 4:



GRÁFICA 4.4. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M2 para la Barra de Refuerzo 1/2"

Tabla 4.1.6 Límite Elástico Convencional F_y^* , criterio $F_y^* \leq 1,25 F_y$ Barra de Refuerzo 1/2"

F_y (kg/cm ²)	4200
-----------------------------	------

Diámetro barras	Muestras Patrón	Límite Elástico Convencional F_y^*	$F_y^* \leq 1,25 F_y$
1/2"	M1	4645,57	Cumple
	M2	4710,08	Cumple

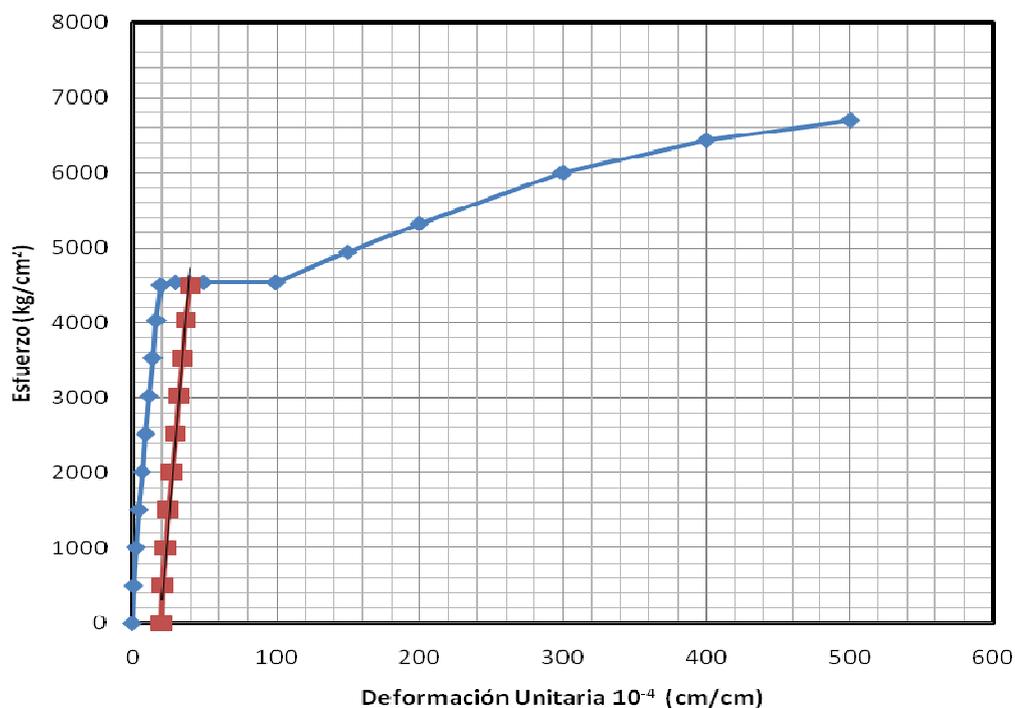
Tabla 4.1.7. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 5/8”

Nº de Ensayo M1 Hoja 1 de 2

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0	0
1000	0,5	505,05	1,00
2000	1,4	1010,10	2,80
3000	2,4	1515,15	4,80
4000	3,6	2020,20	7,20
5000	4,8	2525,25	9,60
6000	6	3030,30	12,00
7000	7,2	3535,35	14,40
8000	8,4	4040,40	16,80
8925	10	4507,58	20,00
9000	15	4545,45	30,00
9000	20	4545,45	40,00
9000	25	4545,45	50,00
9000	50	4545,45	100,00
9800	75	4949,49	150,00
10550	100	5328,28	200,00
11900	150	6010,10	300,00
12750	200	6439,39	400,00
13275	250	6704,55	500,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Para los resultados obtenidos de este ensayo se aplicó la carga tomando la deformación unitaria cada 800 Kg, correspondiente al diámetro de la barra según la norma COVENIN 316. Además podemos observar la recta paralela a la zona elástico-lineal cuyo origen es $\epsilon = 0,002$ para obtener el valor del límite elástico convencional (ver tabla 4.1.9). La barra de refuerzo falló a una carga máxima de 14300 kg. A continuación la gráfica de la muestra M1 de la barra de refuerzo N° 5:



GRÁFICA 4.5. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 5/8"

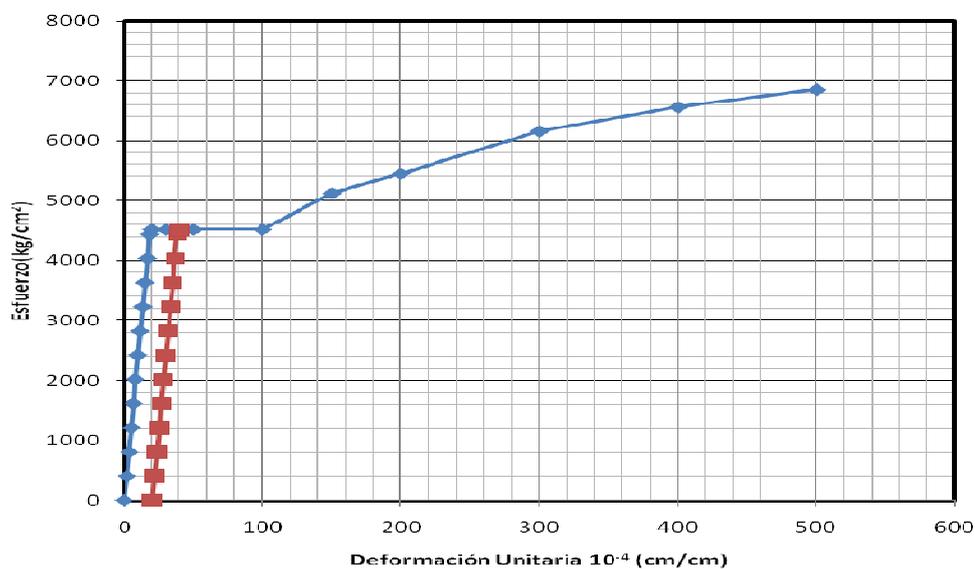
Tabla 4.1.8. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M2 para la Barra de Refuerzo 5/8”

Nº de Ensayo M2 Hoja 2 de 2

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0	0
800	1	404,04	2
1600	1,9	808,08	3,8
2400	2,7	1212,12	5,4
3200	3,4	1616,16	6,8
4000	4,1	2020,20	8,2
4800	5	2424,24	10
5600	5,8	2828,28	11,6
6400	6,8	3232,32	13,6
7200	7,5	3636,36	15
8000	8,4	4040,40	16,8
8800	9,2	4444,44	18,4
8950	10	4520,20	20
8950	15	4520,20	30
8950	20	4520,20	40
8950	25	4520,20	50
8950	50	4520,20	100
10150	75	5126,26	150
10800	100	5454,55	200
12200	150	6161,62	300
13000	200	6565,66	400
13575	250	6856,06	500

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Para los resultados obtenidos de este ensayo se aplicó la carga tomando la deformación unitaria cada 800 Kg, correspondiente al diámetro de la barra según la norma COVENIN 316. Además podemos observar la recta paralela a la zona elástico-lineal cuyo origen es $\epsilon = 0,002$ para obtener el valor del límite elástico convencional (ver tabla 4.1.9). La barra de refuerzo falló a una carga máxima de 14300 kg. A continuación la gráfica de la muestra M1 de la barra de refuerzo N° 5:



GRÁFICA 4.6. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M2 para la Barra de Refuerzo 5/8”

Tabla 4.1.9 Límite Elástico Convencional F_y^* , criterio $F_y^* \leq 1,25 F_y$ Barra de Refuerzo 5/8”

F_y (kg/cm ²)	4200
-----------------------------	------

Diámetro barras	Muestras Patrón	Límite Elástico Convencional F_y^*	$F_y^* \leq 1,25 F_y$
5/8"	M1	4545,75	Cumple
	M2	4520,20	Cumple

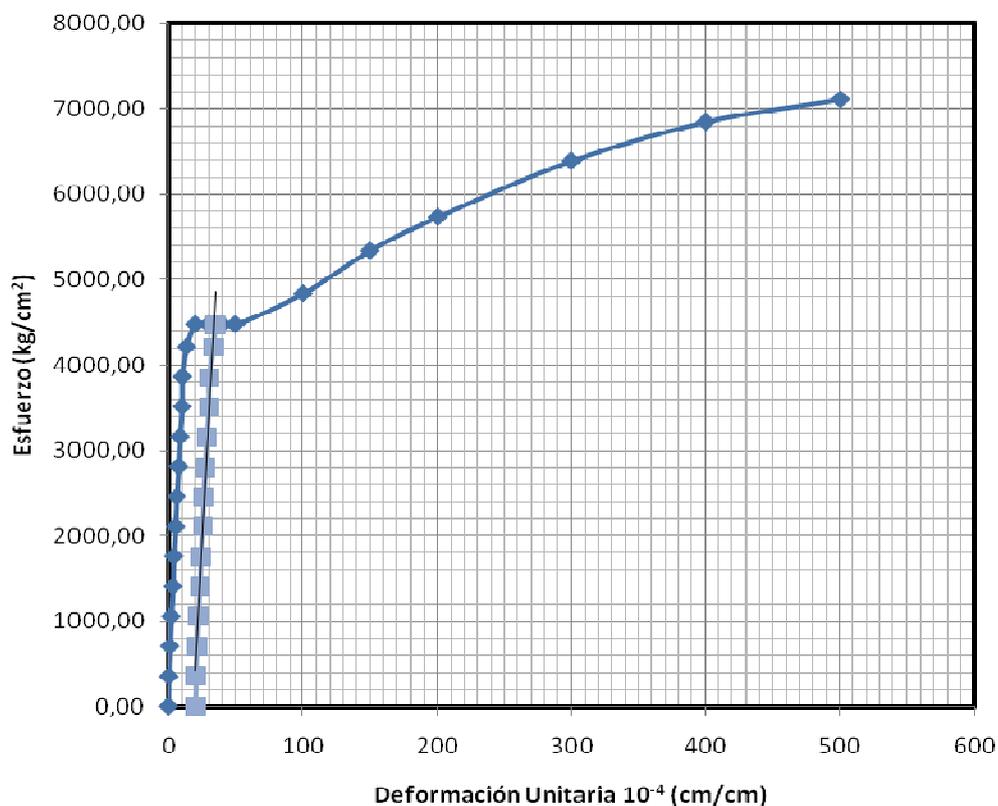
Tabla 4.1.10. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 3/4”

Nº de Ensayo M1 Hoja 1 de 2

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0
1000	0,1	350,88	0,2
2000	0,5	701,75	1
3000	1	1052,63	2
4000	1,7	1403,51	3,4
5000	2	1754,39	4
6000	2,7	2105,26	5,4
7000	3,1	2456,14	6,2
8000	3,8	2807,02	7,6
9000	4,3	3157,89	8,6
10000	5,1	3508,77	10,2
11000	5,2	3859,65	10,4
12000	6,8	4210,53	13,6
12750	10	4473,68	20
12750	15	4473,68	30
12750	20	4473,68	40
12750	25	4473,68	50
13775	50	4833,33	100
15200	75	5333,33	150
16325	100	5728,07	200
18200	150	6385,96	300
19500	200	6842,11	400
20250	250	7105,26	500

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Para los resultados obtenidos de este ensayo se aplicó la carga tomando la deformación unitaria cada 1000 Kg, correspondiente al diámetro de la barra según la norma COVENIN 316. Además podemos observar la recta paralela a la zona elástico-lineal cuyo origen es $\epsilon = 0,002$ para obtener el valor del límite elástico convencional (ver tabla 4.1.12). La barra de refuerzo falló a una carga máxima de 21375 kg. A continuación la gráfica de la muestra M1 de la barra de refuerzo N° 6:



GRÁFICA 4.7. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 3/4"

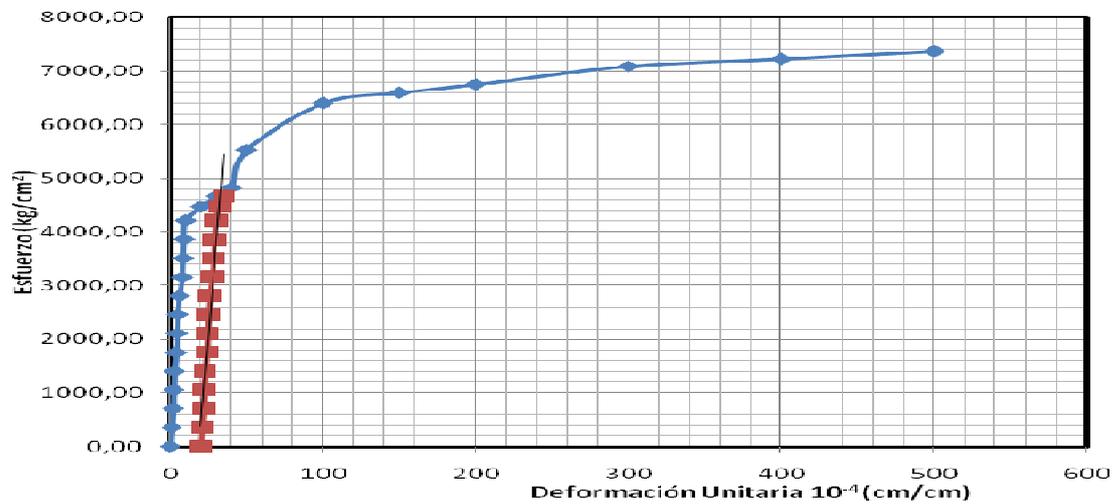
Tabla 4.1.11. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M2 para la Barra de Refuerzo 3/4”

Nº de Ensayo M2 Hoja 2 de 2

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0
1000	0,5	350,88	1
2000	1	701,75	2
3000	1,2	1052,63	2,4
4000	1,4	1403,51	2,8
5000	2	1754,39	4
6000	2,3	2105,26	4,6
7000	2,5	2456,14	5
8000	3	2807,02	6
9000	3,9	3157,89	7,8
10000	4,2	3508,77	8,4
11000	4,5	3859,65	9
12000	5	4210,53	10
12750	10	4473,68	20
13300	15	4666,67	30
13750	20	4824,56	40
15750	25	5526,32	50
18250	50	6403,51	100
18800	75	6596,49	150
19250	100	6754,39	200
20200	150	7087,72	300
20600	200	7228,07	400
21000	250	7368,42	500

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Para los resultados obtenidos de este ensayo se aplicó la carga tomando la deformación unitaria cada 1000 Kg, correspondiente al diámetro de la barra según la norma COVENIN 316. Además podemos observar la recta paralela a la zona elástico-lineal cuyo origen es $\epsilon = 0,002$ para obtener el valor del límite elástico convencional (ver tabla 4.1.12). La barra de refuerzo falló a una carga máxima de 21300 kg. A continuación la gráfica de la muestra M2 de la barra de refuerzo N° 6:



GRÁFICA 4.8. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 3/4"

Tabla 4.1.12 Límite Elástico Convencional F_y^* , criterio $F_y^* \leq 1,25 F_y$ Barra de Refuerzo 3/4"

F_y (kg/cm ²)	
	4200

Diámetro barras	Muestras Patrón	Límite Elástico Convencional F_y^*	$F_y^* \leq 1,25 F_y$
3/4"	M1	4473,68	Cumple
	M2	4620,20	Cumple

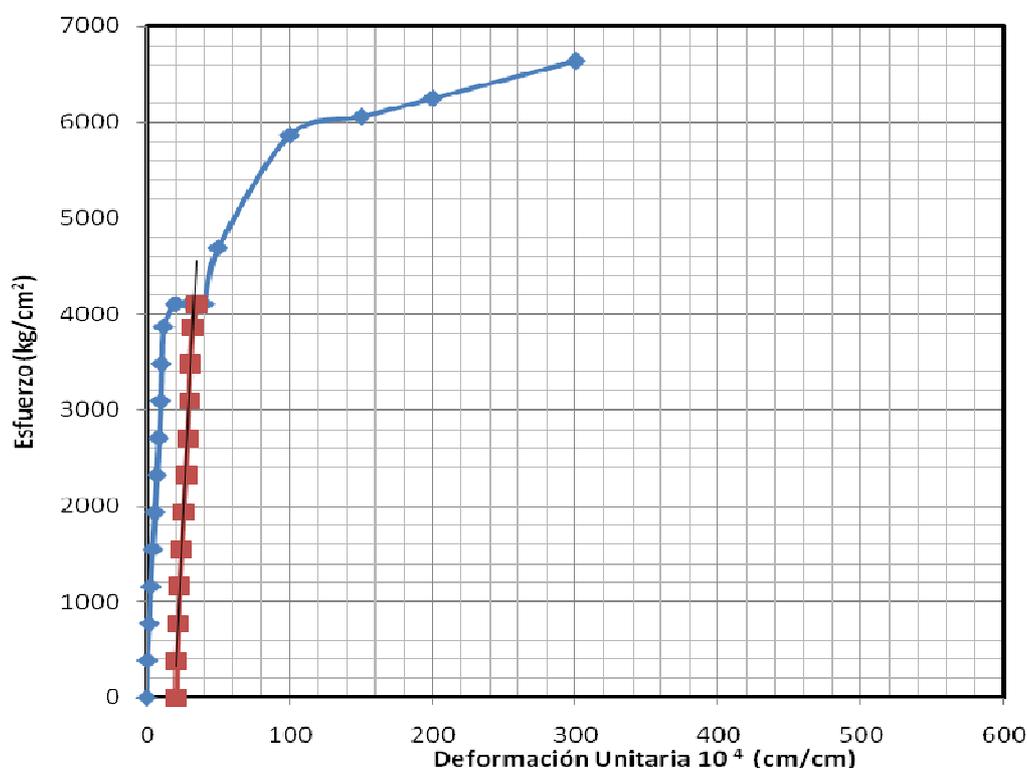
Tabla 4.1.13. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 7/8”

Nº de Ensayo M1 Hoja 1 de 2

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0	0
1500	0,2	386,60	0,4
3000	0,8	773,20	1,6
4500	1,3	1159,79	2,6
6000	2	1546,39	4
7500	2,8	1932,99	5,6
9000	3,5	2319,59	7
10500	4,2	2706,19	8,4
12000	4,8	3092,78	9,6
13500	5,1	3479,38	10,2
15000	5,9	3865,98	11,8
15925	10	4104,38	20
15925	15	4104,38	30
15925	20	4104,38	40
18200	25	4690,72	50
22750	50	5863,40	100
23500	75	6056,70	150
24250	100	6250,00	200
25750	150	6636,60	300

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Para los resultados obtenidos de este ensayo se aplicó la carga tomando la deformación unitaria cada 1500 Kg, correspondiente al diámetro de la barra según la norma COVENIN 316. Además podemos observar la recta paralela a la zona elástico-lineal cuyo origen es $\epsilon = 0,002$ para obtener el valor del límite elástico convencional (ver tabla 4.1.15). La barra de refuerzo falló a una carga máxima de 26375 kg. A continuación la gráfica de la muestra M1 de la barra de refuerzo N° 7:



GRÁFICA 4.9. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 7/8"

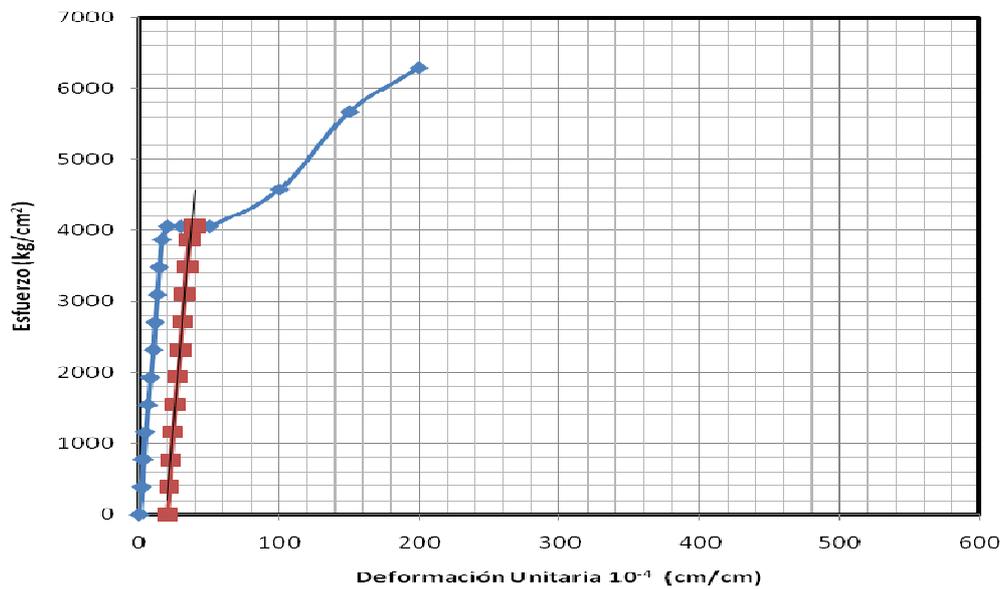
Tabla 4.1.14. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M2 para la Barra de Refuerzo 7/8”

Nº de Ensayo M2 Hoja 2 de 2

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0	0
1500	0,8	386,60	1,6
3000	1,3	773,20	2,6
4500	2	1159,79	4
6000	2,9	1546,39	5,8
7500	3,8	1932,99	7,6
9000	4,9	2319,59	9,8
10500	5,5	2706,19	11
12000	6,3	3092,78	12,6
13500	7	3479,38	14
15000	8	3865,98	16
15750	10	4059,28	20
15750	15	4059,28	30
15750	20	4059,28	40
15750	25	4059,28	50
17750	50	4574,74	100
22000	75	5670,10	150
24400	100	6288,66	200

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Para los resultados obtenidos de este ensayo se aplicó la carga tomando la deformación unitaria cada 1500 Kg, correspondiente al diámetro de la barra según la norma COVENIN 316. Además podemos observar la recta paralela a la zona elástico-lineal cuyo origen es $\epsilon = 0,002$ para obtener el valor del límite elástico convencional (ver tabla 4.1.15). La barra de refuerzo falló a una carga máxima de 26375 kg. A continuación la gráfica de la muestra M1 de la barra de refuerzo N° 7:



GRÁFICA 4.10. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 7/8”

Tabla 4.1.15 Límite Elástico Convencional F_y^* , criterio $F_y^* \leq 1,25 F_y$ Barra de Refuerzo 7/8”

F_y (kg/cm ²)	4200
-----------------------------	------

Díámetro barras	Muestras Patrón	Límite Elástico Convencional F_y^*	$F_y^* \leq 1,25 F_y$
7/8”	M1	4104,58	Cumple
	M2	4029,27	Cumple

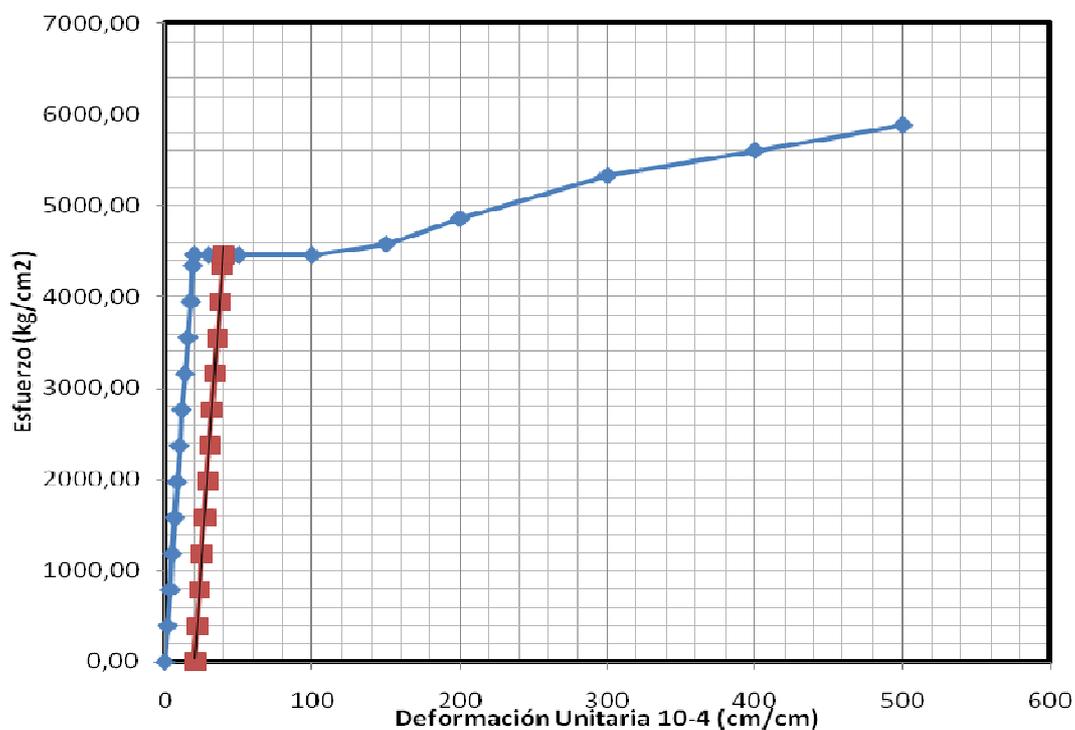
Tabla 4.1.16. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 1”

Nº de Ensayo M1 Hoja 1 de 2

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0
2000	0,9	394,48	1,8
4000	1,8	788,95	3,6
6000	2,5	1183,43	5
8000	3,4	1577,91	6,8
10000	4,2	1972,39	8,4
12000	5	2366,86	10
14000	5,8	2761,34	11,6
16000	6,8	3155,82	13,6
18000	7,8	3550,30	15,6
20000	8,8	3944,77	17,6
22000	9,5	4339,25	19
22600	10	4457,59	20
22600	15	4457,59	30
22600	20	4457,59	40
22600	25	4457,59	50
22600	50	4457,59	100
23200	75	4575,94	150
24600	100	4852,07	200
27000	150	5325,44	300
28400	200	5601,58	400
29800	250	5877,71	500

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Para los resultados obtenidos de este ensayo se aplicó la carga tomando la deformación unitaria cada 1500 Kg, correspondiente al diámetro de la barra según la norma COVENIN 316. Además podemos observar la recta paralela a la zona elástico-lineal cuyo origen es $\epsilon = 0,002$ para obtener el valor del límite elástico convencional (ver tabla 4.1.18). La barra de refuerzo falló a una carga máxima de 32000 kg. A continuación la gráfica de la muestra M1 de la barra de refuerzo N° 8:



GRÁFICA 4.11. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M1 para la Barra de Refuerzo 1”

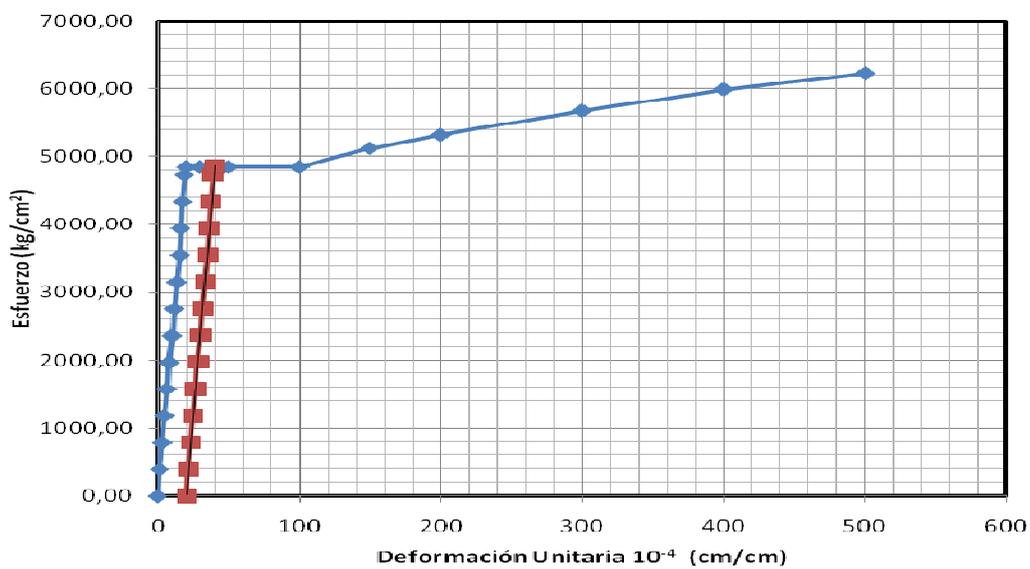
Tabla 4.1.17. . Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M2 para la Barra de Refuerzo 1”

Nº de Ensayo M2 Hoja 2 de 2

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0
2000	0,7	394,48	1,4
4000	1,5	788,95	3
6000	2,3	1183,43	4,6
8000	3,1	1577,91	6,2
10000	4	1972,39	8
12000	5	2366,86	10
14000	5,8	2761,34	11,6
16000	6,7	3155,82	13,4
18000	7,8	3550,30	15,6
20000	8	3944,77	16
22000	8,7	4339,25	17,4
24000	9,3	4733,73	18,6
24600	10	4852,07	20
24600	15	4852,07	30
24600	20	4852,07	40
24600	25	4852,07	50
24600	50	4852,07	100
26000	75	5128,21	150
27000	100	5325,44	200
28800	150	5680,47	300
30400	200	5996,06	400
31600	250	6232,74	500

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Para los resultados obtenidos de este ensayo se aplicó la carga tomando la deformación unitaria cada 1500 Kg, correspondiente al diámetro de la barra según la norma COVENIN 316. Además podemos observar la recta paralela a la zona elástico-lineal cuyo origen es $\epsilon = 0,002$ para obtener el valor del límite elástico convencional (ver tabla 4.1.18). La barra de refuerzo falló a una carga máxima de 33400 kg. A continuación la gráfica de la muestra M1 de la barra de refuerzo N° 8:



GRÁFICA 4.12. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra patrón M2 para la Barra de Refuerzo 1''

Tabla 4.1.18 Límite Elástico Convencional F_y^* , criterio $F_y^* \leq 1,25 F_y$ Barra de Refuerzo 1''

F_y (kg/cm ²)	4200		
Diámetro barras	Muestras Patrón	Límite Elástico Convencional F_y^*	$F_y^* \leq 1,25 F_y$
1''	M1	4457,59	Cumple
	M2	4852,07	Cumple

Tabla 4.1.19. Esfuerzo Máximo, Criterio Fsu* ≥ 1,25 Fy*

Para S-60 Fsu* ≥ 6300 (kg/cm²)

Diámetro barras	Muestras Patrón	Carga Máxima (Kg)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm ²)	Fsu* ≥ 6300 (kg/cm ²)	Fsu* ≥ 1,25 Fy*
3/8"	M1	5380	0,71	7577,46	Cumple	Cumple
	M2	5270		7422,54	Cumple	Cumple
1/2"	M1	9780	1,27	7700,79	Cumple	Cumple
	M2	9840		7748,03	Cumple	Cumple
5/8"	M1	14300	1,98	7222,22	Cumple	Cumple
	M2	14500		7323,23	Cumple	Cumple
3/4"	M1	21375	2,85	7500,00	Cumple	Cumple
	M2	21300		7473,68	Cumple	Cumple
7/8"	M1	26325	3,88	6784,79	Cumple	Cumple
	M2	26700		6881,44	Cumple	Cumple
1"	M1	32000	5,07	6311,64	Cumple	Cumple
	M2	33400		6587,77	Cumple	Cumple

Tabla 4.1.20. Porcentaje de Alargamiento en 20 cm incluido la Estricción

Muestras Patrón 3/8" Alargamiento		Muestras Patrón 1/2" Alargamiento		Muestras Patrón 5/8" Alargamiento		Muestras Patrón 3/4" Alargamiento	
(cm)	%	(cm)	%	(cm)	%	(cm)	%
23,29	16,45	23,29	16,45	23,29	16,45	24,37	16,45
23,36	16,80	23,36	16,80	23,36	16,80	24,74	16,8

Muestras Patrón 7/8" Alargamiento		Muestras Patrón 1" Alargamiento	
(cm)	%	(cm)	%
24,53	22,65	24,3	21,50
24,2	21	24	20,00

- **Muestras Ensayadas Juntas Soldadas con Solape y a Tope.**

Se ensayaron un total de 36 muestras de junta soldada con solape simple, solape doble y a tope con bisel sencillo, con bisel doble a razón de 3 muestras por cada diámetro (3/8", 1/2", 5/8", 3/4", 7/8", 1").

BARRAS DE REFUERZO N° 3 (3/8")

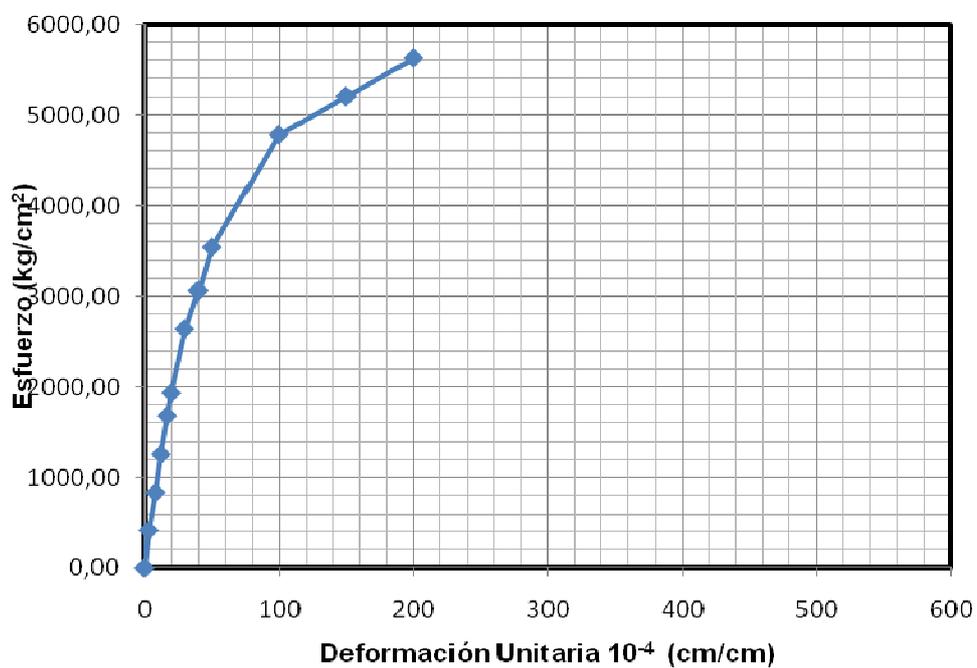
Tabla 4.1.21. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape simple M3 para la Barra de Refuerzo 3/8"

N° de Ensayo M3 Hoja 1 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm²	Deformación Unitaria (10⁻⁴ cm/m)
0	0	0,00	0
300	1,6	422,54	3,2
600	4	845,07	8
900	6,1	1267,61	12,2
1200	8,4	1690,14	16,8
1380	10	1943,66	20
1880	15	2647,89	30
2180	20	3070,42	40
2520	25	3549,30	50
3400	50	4788,73	100
3700	75	5211,27	150
4000	100	5633,80	200

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la muestra M3 (ver gráfico 4.13) de junta soldada con solape simple se puede observar un comportamiento elástico-lineal, con presencia de una zona inelástica hasta un esfuerzo de 5600 kg/cm², generando una deformación permanente de 140. Además, en el ensayo la barra de refuerzo falló por la soldadura observándose una soldadura pobre.



GRÁFICA 4.13. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M3 de Junta Soldada con Solape Simple Barra de Refuerzo 3/8"

Tabla 4.1.22. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape simple M4 para la Barra de Refuerzo 3/8”

Nº de Ensayo M4 Hoja 2 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0
300	0,8	422,54	1,6
600	1,8	845,07	3,6
900	2,8	1267,61	5,6
1200	3,8	1690,14	7,6
1500	4,5	2112,68	9
1800	5,5	2535,21	11
2100	6,4	2957,75	12,8
2400	7,6	3380,28	15,2
2700	8,9	3802,82	17,8
3000	10	4225,35	20
3350	15	4718,31	30
3350	20	4718,31	40
3350	25	4718,31	50
3360	50	4732,39	100
3750	75	5281,69	150
3900	100	5492,96	200

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 4.1.23. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada a solape simple M5 para la Barra de Refuerzo 3/8”

Nº de Ensayo M5 Hoja 3 de 6

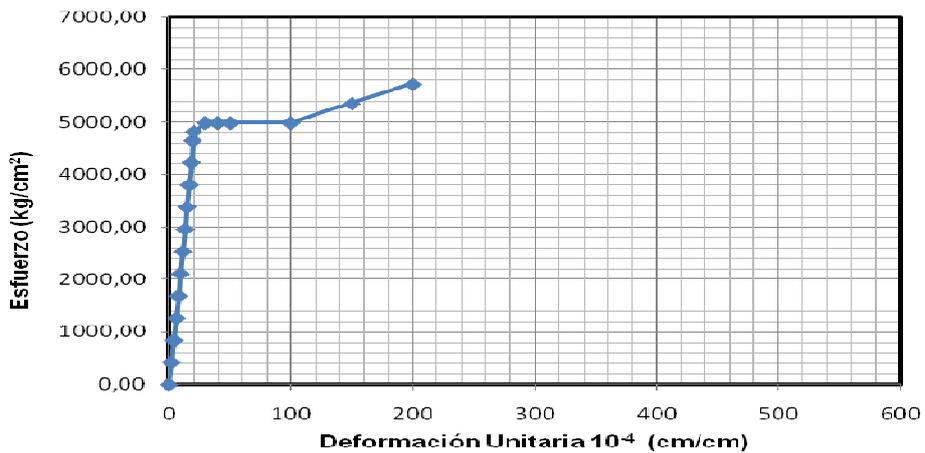
Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0
300	1	422,54	2
600	2,1	845,07	4,2
900	3,1	1267,61	6,2
1200	3,9	1690,14	7,8
1500	4,7	2112,68	9,4
1800	5,7	2535,21	11,4
2100	6,5	2957,75	13
2400	7,3	3380,28	14,6
2700	8,2	3802,82	16,4
3000	9	4225,35	18
3300	9,6	4647,89	19,2
3420	10	4816,90	20
3540	15	4985,92	30
3540	20	4985,92	40
3540	25	4985,92	50
3540	50	4985,92	100
3800	75	5352,11	150
4060	100	5718,31	200

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Las muestras M4 (ver gráfico 4.14) y M5 (ver gráfico 4.15) de junta soldada con solape simple se pueden observar un comportamiento elástico lineal, presencia de la zona inelástica donde se encuentra bien marcado el escalón de relajamiento como parte de la zona de endurecimiento zonas de una gráfica del acero ordinario. Cada una de estas barras de refuerzo falló por la soldadura.



GRÁFICA 4.14. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M4 de Junta Soldada con Solape Simple Barra de Refuerzo 3/8"



GRÁFICA 4.15. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M5 de Junta Soldada con Solape Simple Barra de Refuerzo 3/8"

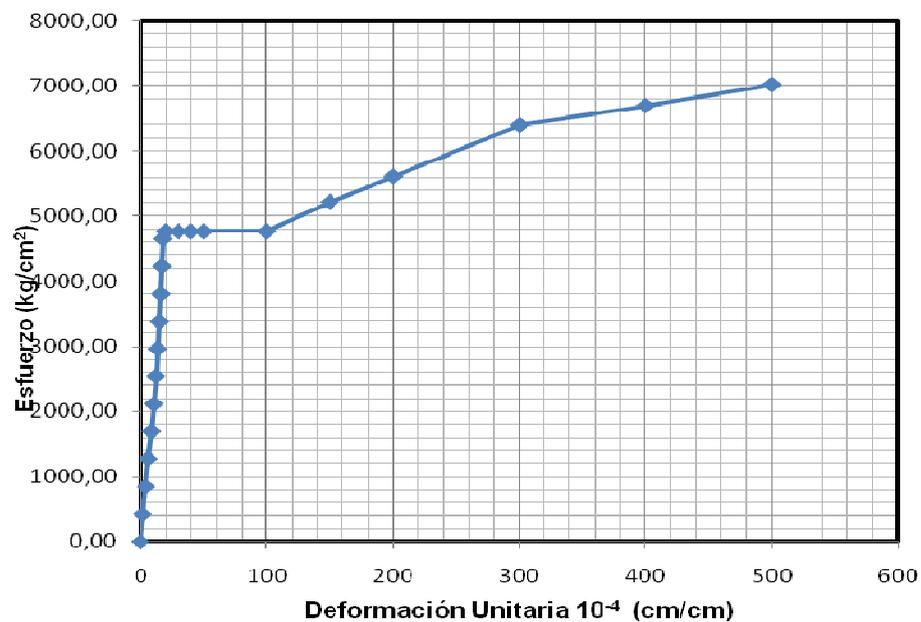
Tabla 4.1.24. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape doble M6 para la Barra de Refuerzo 3/8”

Nº de Ensayo M6 Hoja 4 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0
300	0,8	422,54	1,6
600	2,1	845,07	4,2
900	3,2	1267,61	6,4
1200	4,5	1690,14	9
1500	5,4	2112,68	10,8
1800	6,2	2535,21	12,4
2100	6,8	2957,75	13,6
2400	7,5	3380,28	15
2700	8,1	3802,82	16,2
3000	8,5	4225,35	17
3300	8,8	4647,89	17,6
3380	10	4760,56	20
3380	15	4760,56	30
3380	20	4760,56	40
3380	25	4760,56	50
3380	50	4760,56	100
3700	75	5211,27	150
3980	100	5605,63	200
4540	150	6394,37	300
4750	200	6690,14	400
4980	250	7014,08	500

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Las muestras M6 (ver grafico 4.16), M7 (ver gráfico 4.17), M8 (ver gráfico 4.18) de junta soldada con solape doble se observa claramente el comportamiento de un acero ordinario, teniendo su zona elástica-lineal, su zona inelástica donde se encuentra bien marcado el escalón de relajamiento y la zona de endurecimiento. Para las muestras M7 y M8 se observó que falló la soldadura, mientras que la muestra M9 fallo por la mordaza en el metal base.



GRÁFICA 4.16. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M6 de Junta Soldada con Solape Doble Barra de Refuerzo 3/8”

Tabla 4.1.25. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape doble M7 para la Barra de Refuerzo 3/8”

Nº de Ensayo M7 Hoja 5 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0
300	0,7	422,54	1,4
600	1,8	845,07	3,6
900	3,8	1267,61	7,6
1200	4	1690,14	8
1500	5,1	2112,68	10,2
1800	6,1	2535,21	12,2
2100	7	2957,75	14
2400	7,8	3380,28	15,6
2700	8,5	3802,82	17
3000	9,5	4225,35	19
3110	10	4380,28	20
3420	15	4816,90	30
3420	20	4816,90	40
3420	25	4816,90	50
3420	50	4816,90	100
3720	75	5239,44	150
4000	100	5633,80	200
4420	150	6225,35	300
4730	200	6661,97	400
4940	250	6957,75	500

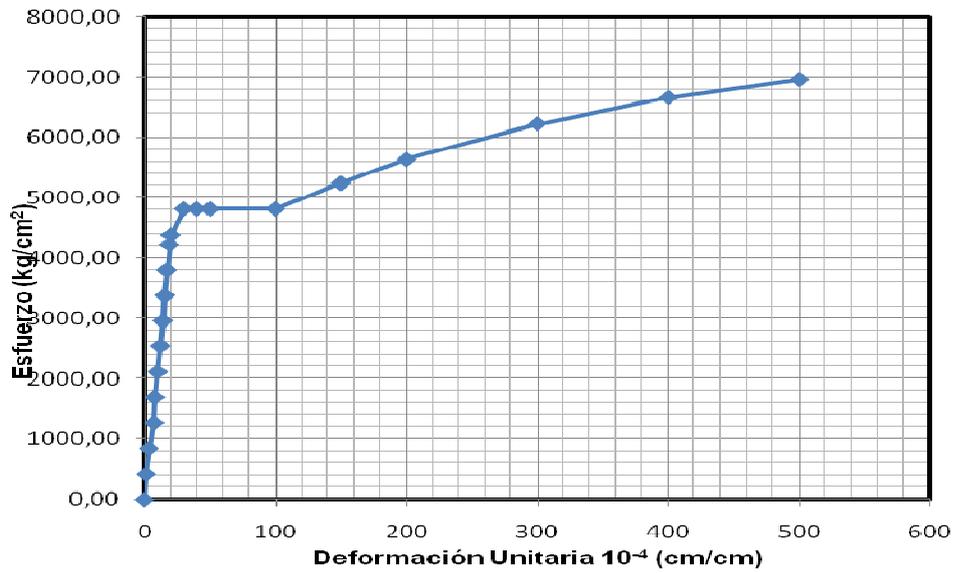
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 4.1.26. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape doble M8 para la Barra de Refuerzo 3/8”

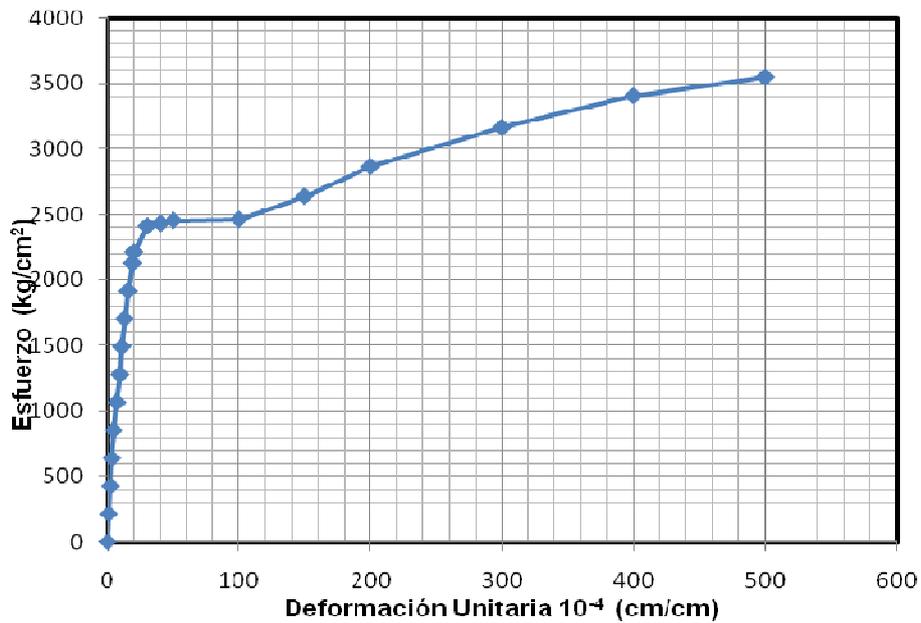
Nº de Ensayo M8 Hoja 6 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0	0
300	0,4	213	0,8
600	1,1	426	2,2
900	1,6	639	3,2
1200	2,3	852	4,6
1500	3,6	1065	7,2
1800	4,8	1278	9,6
2100	5,5	1491	11
2400	6,5	1704	13
2700	7,8	1917	15,6
3000	9,5	2130	19
3120	10	2215,2	20
3400	15	2414	30
3430	20	2435,3	40
3460	25	2456,6	50
3470	50	2463,7	100
3720	75	2641,2	150
4040	100	2868,4	200
4460	150	3166,6	300
4800	200	3408	400
5000	250	3550	500

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



GRÁFICA 4.17. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M7 de Junta Soldada con Solape Doble Barra de Refuerzo 3/8"



GRÁFICA 4.18. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M8 de Junta soldada con Solape Simple Barra de Refuerzo 3/8"

BARRAS DE REFUERZO N° 4 (1/2")

Tabla 4.1.27. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape simple M6 para la Barra de Refuerzo 1/2"

N° de Ensayo M6 Hoja 1 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
500	0,2	393,70	0,40
1000	0,6	787,40	1,20
1500	1	1181,10	2,00
2000	1,3	1574,80	2,60
2500	1,9	1968,50	3,80
3000	2,8	2362,20	5,60
3500	3,8	2755,91	7,60
4000	4,9	3149,61	9,80
4500	6	3543,31	12,00
5000	7,5	3937,01	15,00
5500	9,1	4330,71	18,20
6000	10	4724,41	20,00
6350	15	5000,00	30,00
7100	20	5590,55	40,00
7100	25	5590,55	50,00
7100	50	5590,55	100,00
7350	75	5787,40	150,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 4.1.28. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape simple M7 para la Barra de Refuerzo 1/2”

Nº de Ensayo M7 Hoja 2 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
500	0,2	393,70	0,40
1000	0,6	787,40	1,20
1500	1	1181,10	2,00
2000	1,3	1574,80	2,60
2500	1,9	1968,50	3,80
3000	2,8	2362,20	5,60
3500	3,8	2755,91	7,60
4000	4,9	3149,61	9,80
4500	6	3543,31	12,00
5000	7,5	3937,01	15,00
5500	9,1	4330,71	18,20
6000	10	4724,41	20,00
6350	15	5000,00	30,00
7100	20	5590,55	40,00
7100	25	5590,55	50,00
7100	50	5590,55	100,00
7350	75	5787,40	150,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

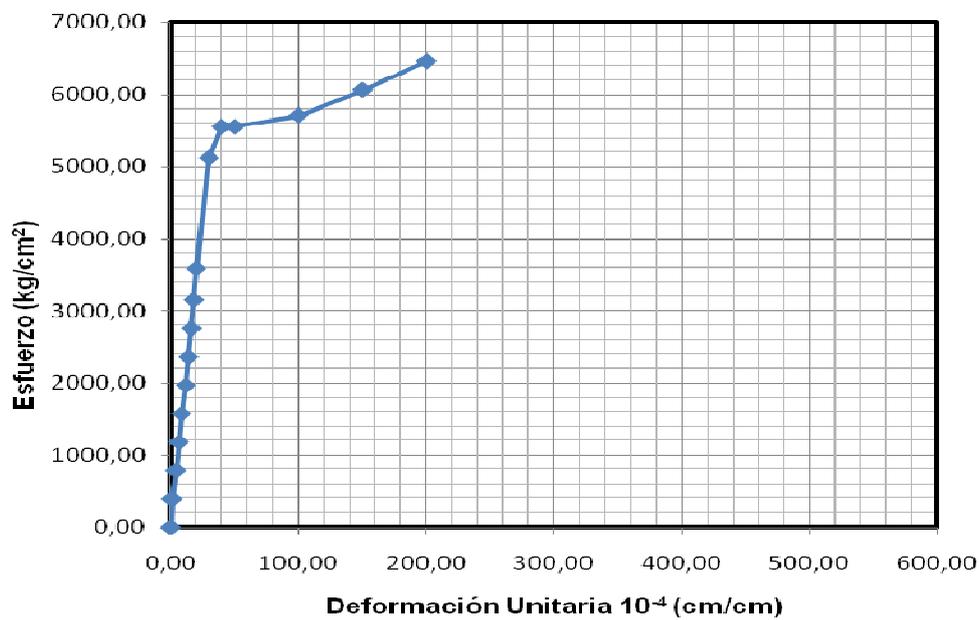
Tabla 4.1.29. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape simple M8 para la Barra de Refuerzo 1/2”

Nº de Ensayo M8 Hoja 3 de 6

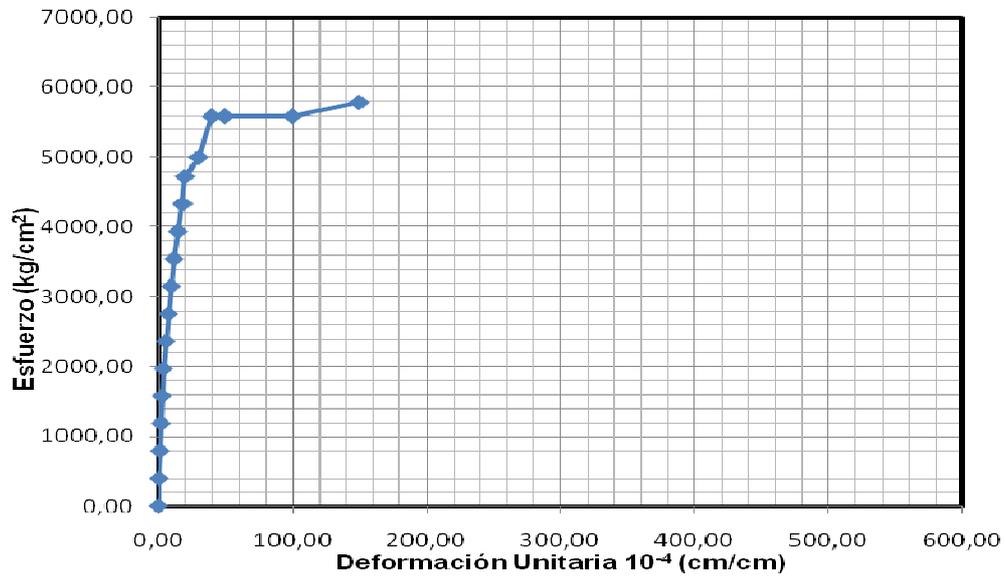
Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
500	0,1	393,70	0,20
1000	0,6	787,40	1,20
1500	1	1181,10	2,00
2000	1,4	1574,80	2,80
2500	2	1968,50	4,00
3000	2,8	2362,20	5,60
3500	3,5	2755,91	7,00
4000	4,4	3149,61	8,80
4500	5,2	3543,31	10,40
5000	6	3937,01	12,00
5500	6,9	4330,71	13,80
6000	8,1	4724,41	16,20
6950	10	5472,44	20,00
6950	15	5472,44	30,00
6950	20	5472,44	40,00
6950	25	5472,44	50,00
8250	50	6496,06	100,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

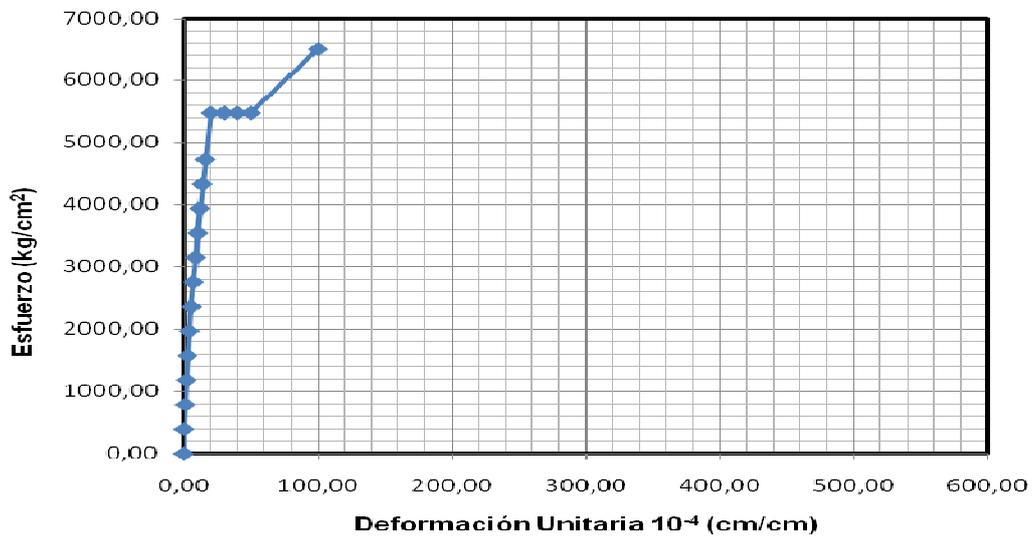
En la muestra M6 (ver gráfico 4.19) , M7 (ver gráfico 4.20) y M8 (ver gráfico 4.21), de junta soldada con solape simple podemos observar que cada muestra presenta una zona elástico-lineal, presenta su zona inelástica donde observamos que se encuentra bien marcado el escalón de relajamiento además parte de la zona de endurecimiento. Las tres muestras fallaron por la zona de la soldadura.



GRÁFICA 4.19. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M6 de Junta Soldada con Solape Simple Barra de Refuerzo 1/2"



GRÁFICA 4.20. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M7 de Junta Soldada con Solape Simple Barra de Refuerzo 1/2"



GRÁFICA 4.21. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M8 de Junta Soldada con Solape Simple Barra de Refuerzo 1/2"

Tabla 4.1.30. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape doble M3 para la Barra de Refuerzo 1/2”

Nº de Ensayo M3 Hoja 4 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0
500	0,9	393,70	1,8
1000	2,1	787,40	4,2
1500	3,2	1181,10	6,4
2000	4,1	1574,80	8,2
2500	5,3	1968,50	10,6
3000	6,2	2362,20	12,4
3500	7,3	2755,91	14,6
4000	8,2	3149,61	16,4
4500	9,9	3543,31	19,8
4550	10	3582,68	20
5250	15	4133,86	30
5600	20	4409,45	40
5600	25	4409,45	50
5900	50	4645,67	100
6550	75	5157,48	150

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 4.1.31. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape doble M4 para la Barra de Refuerzo 1/2”

Nº de Ensayo M4 Hoja 5 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0
500	0,4	393,70	0,8
1000	1	787,40	2
1500	1,7	1181,10	3,4
2000	2,3	1574,80	4,6
2500	3,1	1968,50	6,2
3000	4	2362,20	8
3500	5,1	2755,91	10,2
4000	6,2	3149,61	12,4
4500	8	3543,31	16
5000	10	3937,01	20
5500	15	4330,71	30
5750	20	4527,56	40
5750	25	4527,56	50
6050	50	4763,78	100
6650	75	5236,22	150
7150	100	5629,92	200

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

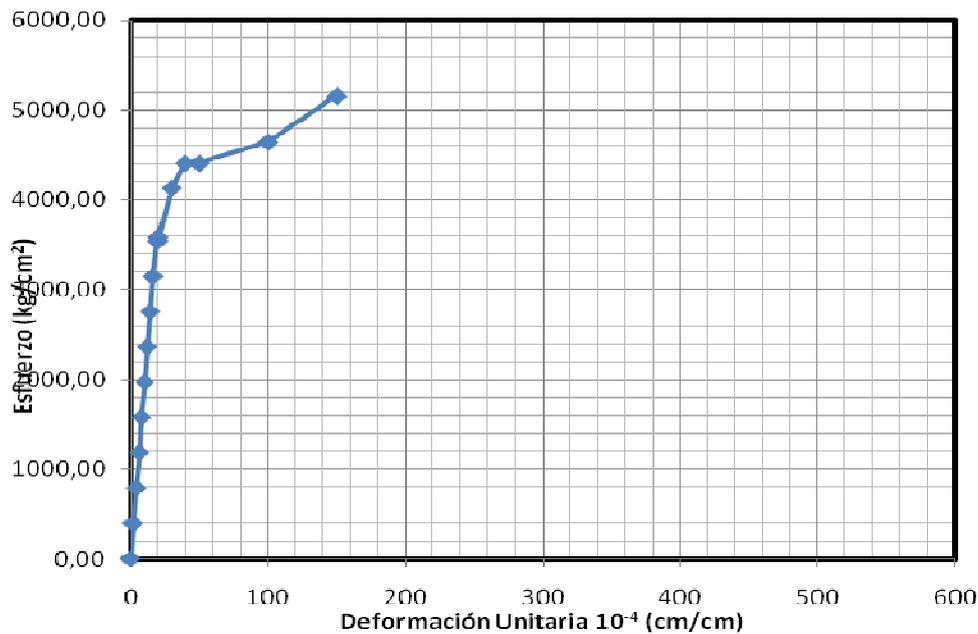
Tabla 4.1.32. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape doble M5 para la Barra de Refuerzo 1/2"

Nº de Ensayo M5 Hoja 6 de 6

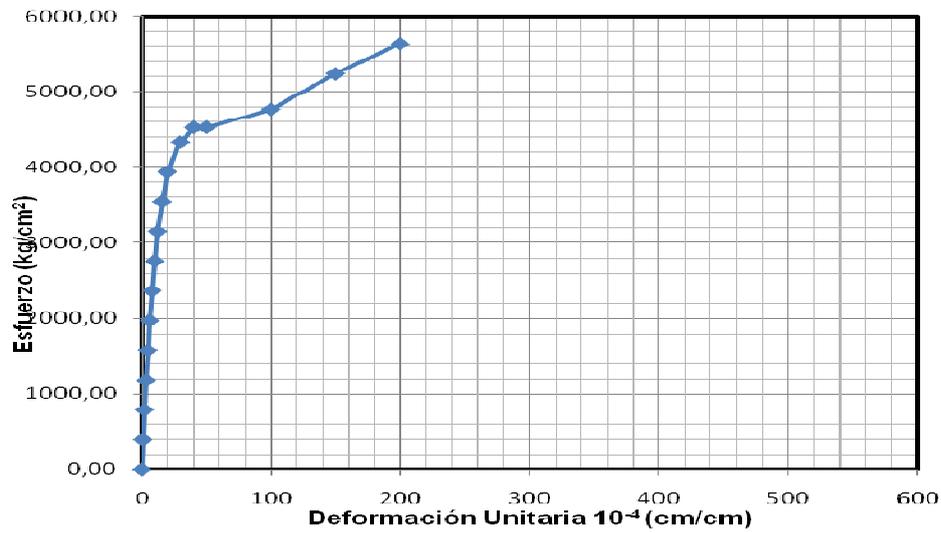
Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0
500	0,2	393,70	0,4
1000	0,7	787,40	1,4
1500	1	1181,10	2
2000	1,2	1574,80	2,4
2500	1,9	1968,50	3,8
3000	2,5	2362,20	5
3500	3,4	2755,91	6,8
4000	5	3149,61	10
4500	7	3543,31	14
5100	10	4015,75	20
5400	15	4251,97	30
5400	20	4251,97	40
5400	25	4251,97	50
6050	50	4763,78	100
6550	75	5157,48	150

FUENTE: ELABORACION PROPIA.

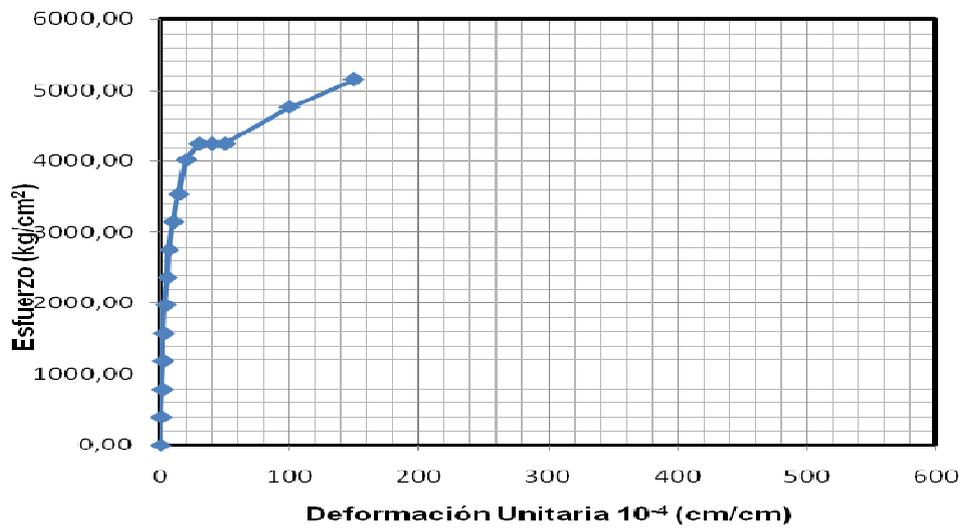
Las muestra M3 (ver gráfico 4.22), M4 (ver gráfico 4.23) y M5 (ver gráfico 4.24) de junta soldada con solape doble podemos observar que cada muestra presenta una zona elástico-lineal, además de la zona inelástica donde podemos observar que existe un pequeño escalón de relajamiento en las muestra M3 y M4 como parte de la zona de endurecimiento, mientras que en la muestra M5 se encuentra un escalón de relajamiento un poco más definido, como parte de la zona de endurecimiento. Las tres muestras fallaron en la zona afectada por el calor, o sea, cerca de la soldadura.



GRÁFICA 4.22. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M3 de Junta Soldada con Solape Doble Barra de Refuerzo 1/2”



GRÁFICA 4.23. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M4 de Junta Soldada con Solape Doble Barra de Refuerzo 1/2"



GRÁFICA 4.24. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M5 de Junta Soldada con Solape Doble Barra de Refuerzo 1/2"

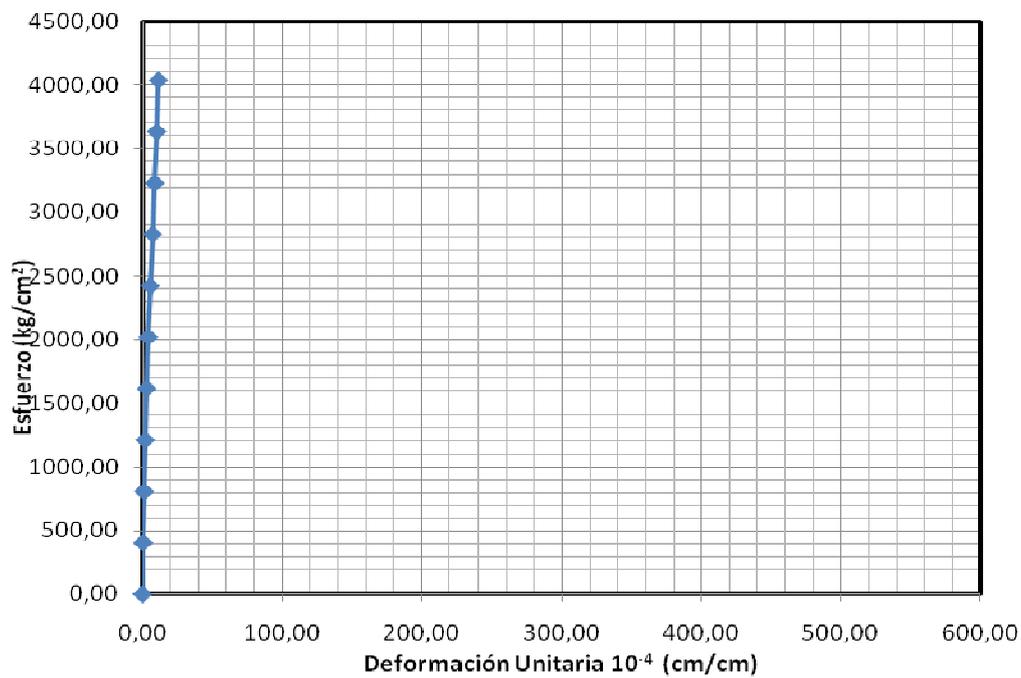
Tabla 4.1.33. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape simple M3 para la Barra de Refuerzo 5/8”

Nº de Ensayo M3 Hoja 1 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
800	0,2	404,04	0,40
1600	0,6	808,08	1,20
2400	1	1212,12	2,00
3200	1,5	1616,16	3,00
4000	2,1	2020,20	4,20
4800	2,8	2424,24	5,60
5600	3,6	2828,28	7,20
6400	4,4	3232,32	8,80
7200	5,1	3636,36	10,20
8000	5,7	4040,40	11,40

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

La muestra M3, de junta soldada con solape simple se observó un comportamiento elástico lineal, dicha muestra alcanzó un esfuerzo máximo de 4040 kg/cm². Falló por la soldadura observándose una soldadura pobre.



GRÁFICA 4.25. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M3 de Junta Soldada con Solape Simple Barra de Refuerzo 5/8"

Tabla 4.1.34. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape simple M4 para la Barra de Refuerzo 5/8”

Nº de Ensayo M4 Hoja 2 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
800	0,4	404,04	0,80
1600	0,9	808,08	1,80
2400	1,4	1212,12	2,80
3200	1,8	1616,16	3,60
4000	2,6	2020,20	5,20
4800	6,8	2424,24	13,60
5710	10	2883,84	20,00
6040	15	3050,51	30,00
7100	20	3585,86	40,00
7740	25	3909,09	50,00
8930	50	4510,10	100,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

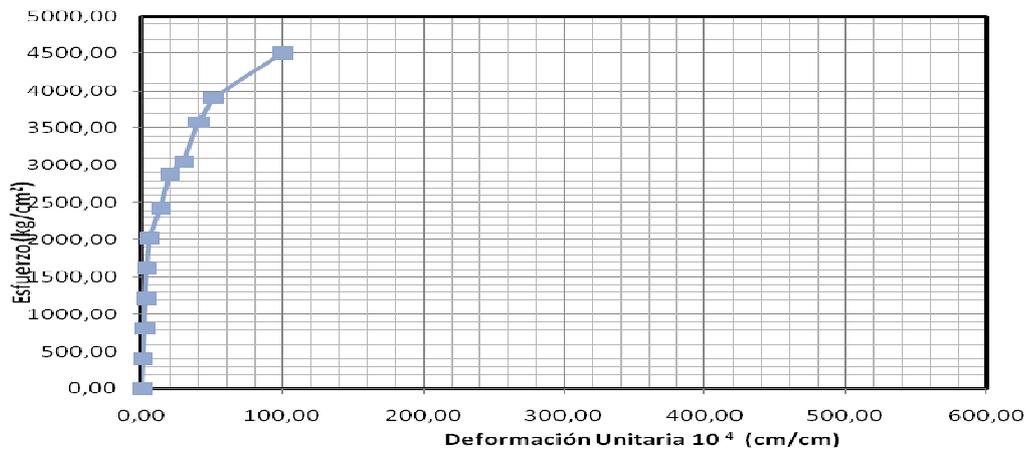
Tabla 4.1.35. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape simple M5 para la Barra de Refuerzo 5/8”

Nº de Ensayo M5 Hoja 3 de 6

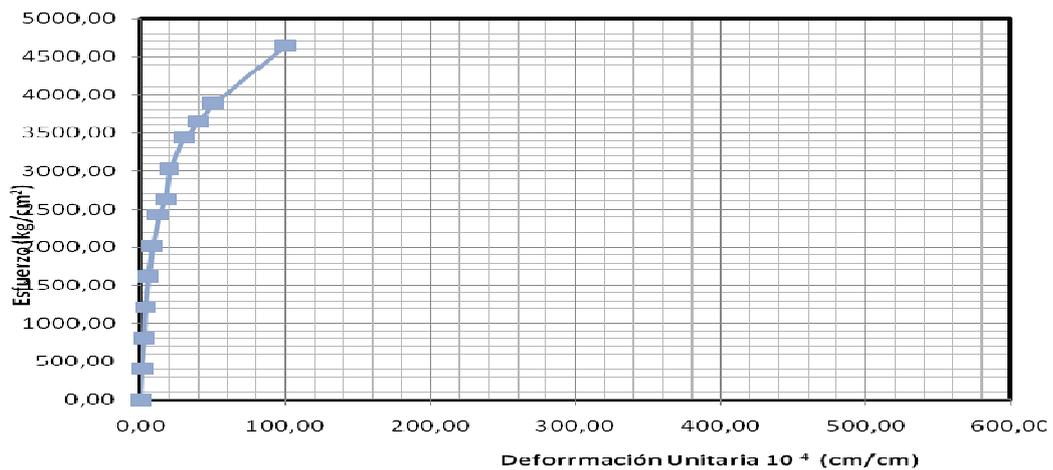
Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
800	0,5	404,04	1,00
1600	1,2	808,08	2,40
2400	1,8	1212,12	3,60
3200	2,6	1616,16	5,20
4000	4	2020,20	8,00
4800	6,2	2424,24	12,40
5200	8,8	2626,26	17,60
5990	10	3025,25	20,00
6810	15	3439,39	30,00
7220	20	3646,46	40,00
7690	25	3883,84	50,00
9190	50	4641,41	100,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Por otra parte, se observó en las muestras de junta soldada con solape simple M4 (ver gráfico 4.26) y M5 (ver gráfico 4.27), que presentan una zona elástico-lineal, la zona inelástica hasta un esfuerzo de 4510 Kg/cm² generando una deformación permanente de 80. Ambas barras fallaron por la soldadura observándose una soldadura pobre.



GRÁFICA 4.26. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M4 de Junta Soldada con Solape Simple Barra de Refuerzo 5/8"



GRÁFICA 4.27. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M5 de Junta Soldada con Solape Simple Barra de Refuerzo 5/8"

Tabla 4.1.36. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape doble M6 para la Barra de Refuerzo 5/8”

Nº de Ensayo M6 Hoja 4 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
800	0,7	404,04	1,40
1600	1,4	808,08	2,80
2400	2,1	1212,12	4,20
3200	2,8	1616,16	5,60
4000	4,2	2020,20	8,40
4800	8,3	2424,24	16,60
5600	10	2828,28	20,00
6390	15	3227,27	30,00
7520	20	3797,98	40,00
8190	25	4136,36	50,00
8490	30	4287,88	60,00
9360	50	4727,27	100,00
10490	75	5297,98	150,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 4.1.37. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape doble M7 para la Barra de Refuerzo 5/8”

Nº de Ensayo M7 Hoja 5 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
800	0,9	404,04	1,80
1600	2,4	808,08	4,80
2400	3,6	1212,12	7,20
3200	4,8	1616,16	9,60
4000	6,5	2020,20	13,00
4800	10	2424,24	20,00
5630	15	2843,43	30,00
6150	20	3106,06	40,00
6700	25	3383,84	50,00
8310	50	4196,97	100,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

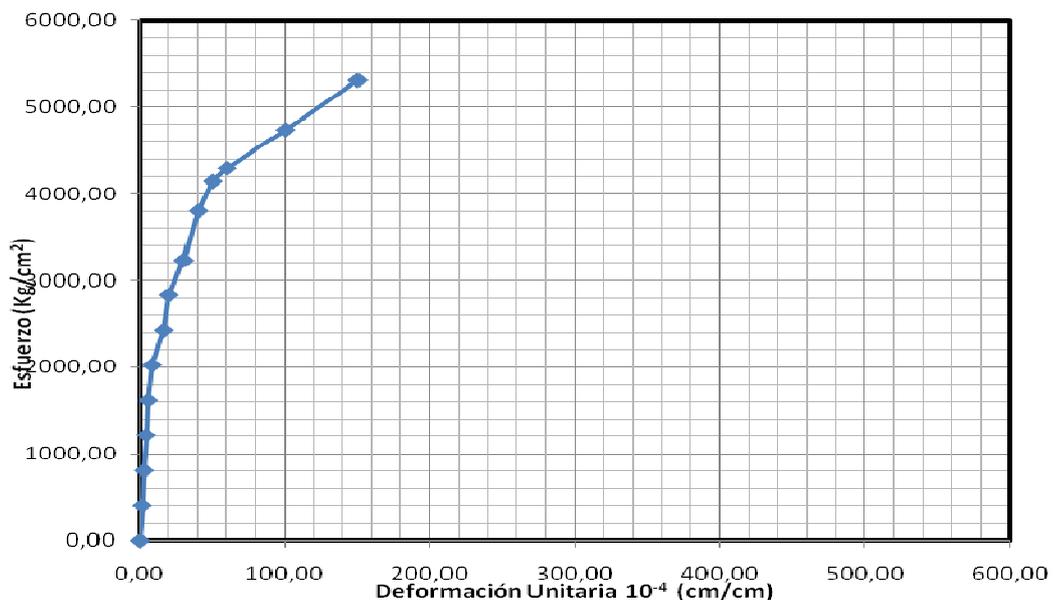
Tabla 4.1.38. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape doble M8 para la Barra de Refuerzo 5/8”

Nº de Ensayo M8 Hoja 6 de 6

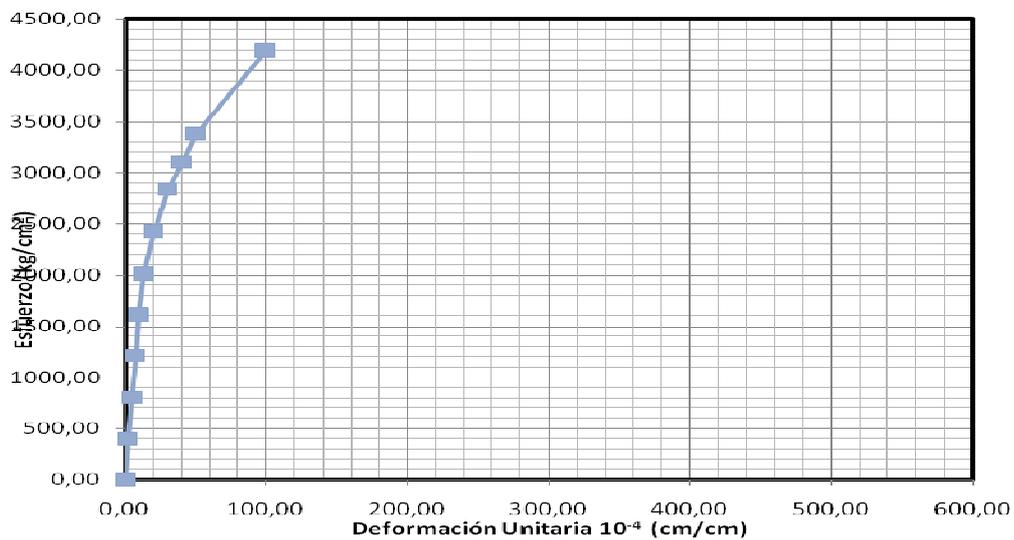
Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
800	0,3	404,04	0,60
1600	0,9	808,08	1,80
2400	1,2	1212,12	2,40
3200	1,7	1616,16	3,40
4000	2,2	2020,20	4,40
4800	3,1	2424,24	6,20
5600	5,3	2828,28	10,60
6400	8,8	3232,32	17,60
6830	10	3449,49	20,00
7630	15	3853,54	30,00
8190	20	4136,36	40,00
8510	25	4297,98	50,00
9230	50	4661,62	100,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

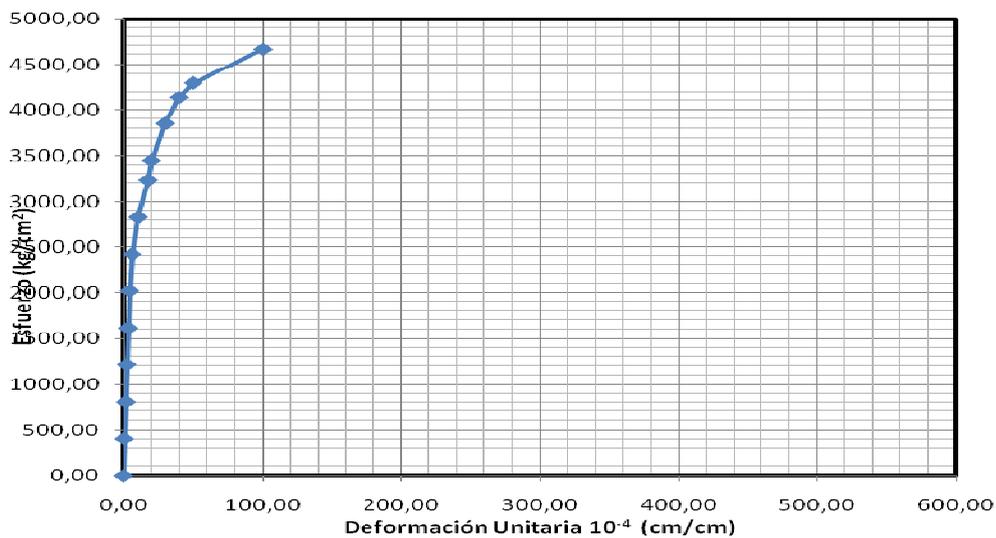
Se pueden observar en las gráficas de las muestra M6 (ver gráfico 4.28), M7 (ver gráfico 4.29) y M8 (ver gráfico 4.30), las siguientes consideraciones: en la muestra M6, podemos notar, la zona elástico-lineal de la muestra, como la zona inelástica hasta un esfuerzo de 5250 Kg/cm², presentando un deformación permanente de 115. La muestra M7, observamos igual la zona elástico-lineal de la muestra, como la zona inelástica hasta un esfuerzo de 4400 Kg/cm² con una deformación permanente de 60 y la muestra M8 también observamos la zona elástico-lineal de la muestra, como la zona inelástica hasta un esfuerzo de 4400 Kg/cm² con una deformación permanente de 80. Ambas muestras fallaron seguidamente de la soldadura, o sea, en la zona afectada por el calor.



GRÁFICA 4.28. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M6 de Junta Soldada con Solape Doble Barra de Refuerzo 5/8”



GRÁFICA 4.29. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M7 de Junta soldada con Solape Doble Barra de Refuerzo 5/8"



GRÁFICA 4.30. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M8 de Junta Soldada con Solape Doble Barra de Refuerzo 5/8"

Tabla 4.1.39. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape simple M3 para la Barra de Refuerzo 3/4"

Nº de Ensayo M3 Hoja 1 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
1000	0,2	350,88	0,40
2000	0,6	701,75	1,20
3000	2,5	1052,63	5,00
4000	3,5	1403,51	7,00
5000	4,3	1754,39	8,60
6000	5,6	2105,26	11,20
7000	7,8	2456,14	15,60
8000	10,2	2807,02	20,40
9000	15	3157,89	30,00
9500	20	3333,33	40,00
10000	25	3508,77	50,00
14215	50	4987,72	100,00
15700	75	5508,77	150,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

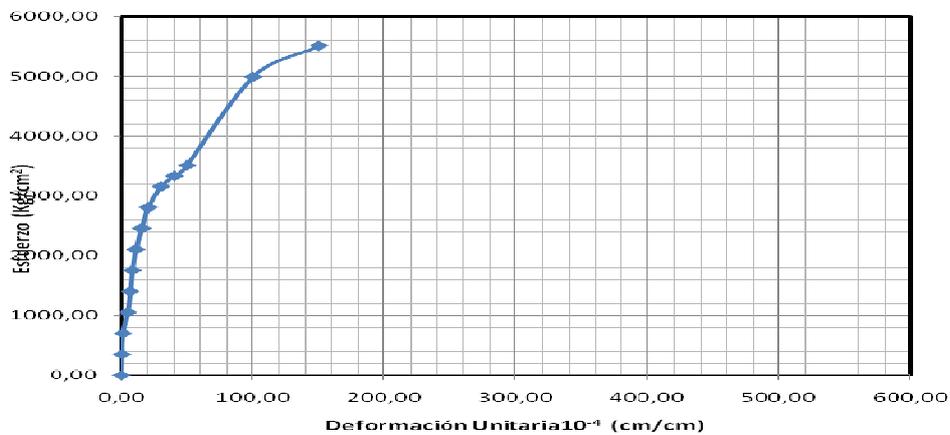
Tabla 4.1.40. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape simple M4 para la Barra de Refuerzo 3/4"

Nº de Ensayo M4 Hoja 2 de 6

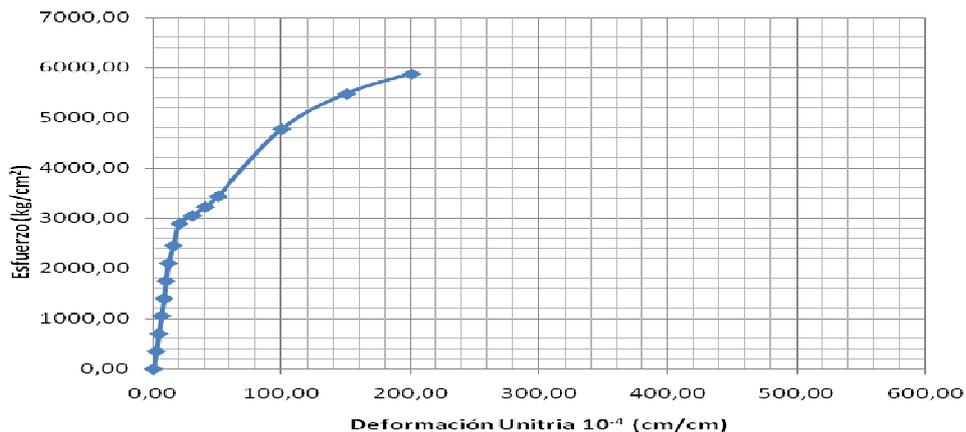
Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
1000	1,1	350,88	2,20
2000	2,1	701,75	4,20
3000	3,1	1052,63	6,20
4000	4,1	1403,51	8,20
5000	4,8	1754,39	9,60
6000	5,8	2105,26	11,60
7000	7,7	2456,14	15,40
8250	10	2894,74	20,00
8700	15	3052,63	30,00
9200	20	3228,07	40,00
9800	25	3438,60	50,00
13625	50	4780,70	100,00
15625	75	5482,46	150,00
16750	100	5877,19	200,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Las muestras M3 (ver gráfico 4.31), y M4 (ver gráfico 4.32) de Junta Soldada con solape simple, se logra apreciar que presentan su zona elástico-lineal definida, como una zona inelástica hasta un esfuerzo de 5700 Kg/cm² generando una deformación permanente para M3 de 120 y M4 de 160. La muestra M3 falló seguidamente de la soldadura en el área afectada por el calor, mientras la muestra M4 falló por la soldadura.



GRÁFICA 4.31. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M3 de Junta Soldada con Solape simple Barra de Refuerzo 3/4"



GRÁFICA 4.32. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M4 de Junta Soldada con Solape simple Barra de Refuerzo 3/4"

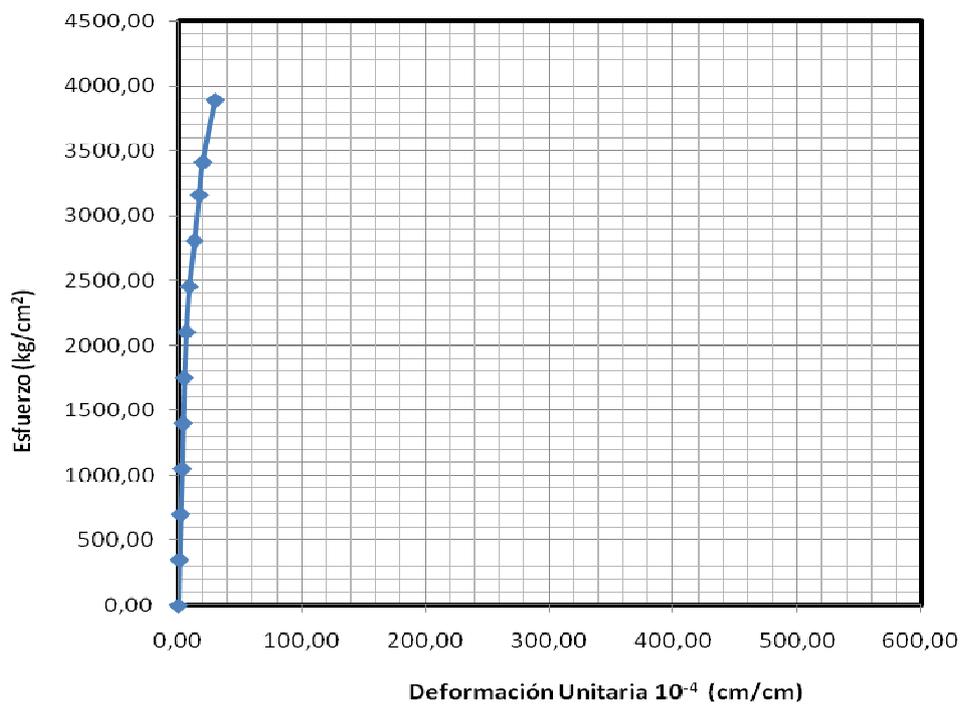
Tabla 4.1.41. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape simple M5 para la Barra de Refuerzo 3/4"

Nº de Ensayo M5 Hoja 3 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm²	Deformación Unitaria (10⁻⁴ cm/mm)
0	0	0,00	0,00
1000	0,4	350,88	0,80
2000	0,9	701,75	1,80
3000	1,5	1052,63	3,00
4000	1,9	1403,51	3,80
5000	2,4	1754,39	4,80
6000	3,2	2105,26	6,40
7000	4,4	2456,14	8,80
8000	6,6	2807,02	13,20
9000	8,5	3157,89	17,00
9725	10	3412,28	20,00
11075	15	3885,96	30,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

La muestra M5 (ver gráfico 4.33) de junta soldada con solape simple, observamos que solo presenta una zona elástico-lineal, presentando deformaciones unitarias pequeñas. Falló por la zona de la soldadura observándose una soldadura pobre.



GRÁFICA 4.33. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M5 de Junta Soldada con Solape simple Barra de Refuerzo 3/4''

Tabla 4.1.42. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape doble M6 para la Barra de Refuerzo 3/4”

Nº de Ensayo M6 Hoja 4 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
1000	0,5	350,88	1,00
2000	1,3	701,75	2,60
3000	2,1	1052,63	4,20
4000	3	1403,51	6,00
5000	3,9	1754,39	7,80
6000	4,8	2105,26	9,60
7000	6,5	2456,14	13,00
8000	9	2807,02	18,00
8725	10	3061,40	20,00
10050	15	3526,32	30,00
10625	20	3728,07	40,00

FUENTE: ELABORACION PROPIA.

Tabla 4.1.43. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape doble M7 para la Barra de Refuerzo 3/4”

Nº de Ensayo M6 Hoja 5 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
1000	0,6	350,88	1,20
2000	1,2	701,75	2,40
3000	2	1052,63	4,00
4000	2,5	1403,51	5,00
5000	2,8	1754,39	5,60
6000	3,2	2105,26	6,40
7000	3,8	2456,14	7,60
8000	4,5	2807,02	9,00
9000	5,6	3157,89	11,20
10000	8,2	3508,77	16,40
10225	10	3587,72	20,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

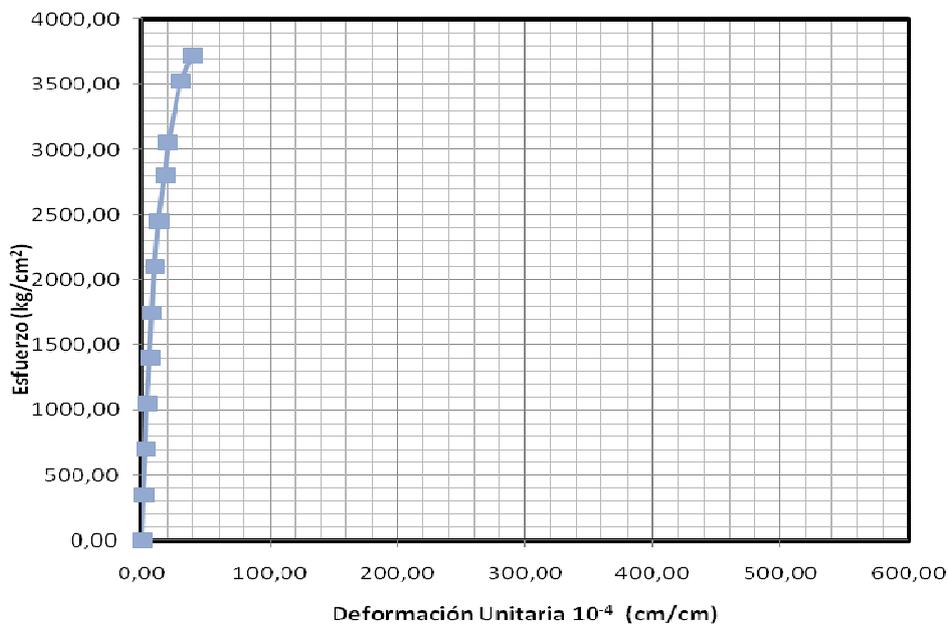
Tabla 4.1.44. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape doble M8 para la Barra de Refuerzo 3/4”

Nº de Ensayo M8 Hoja 6 de 6

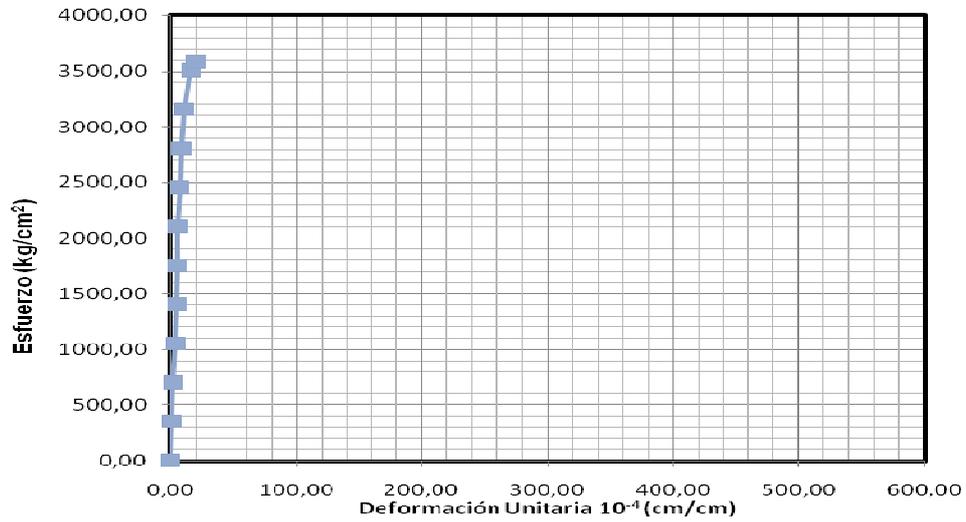
Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
1000	0,3	350,88	0,60
2000	0,8	701,75	1,60
3000	1	1052,63	2,00
4000	1,5	1403,51	3,00
5000	1,8	1754,39	3,60
6000	2,2	2105,26	4,40
7000	2,5	2456,14	5,00
8000	3	2807,02	6,00
9000	3,5	3157,89	7,00
10000	4	3508,77	8,00
11000	4,3	3859,65	8,60
12000	5	4210,53	10,00
13000	5,2	4561,40	10,40
14000	5,6	4912,28	11,20
15000	6,2	5263,16	12,40

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

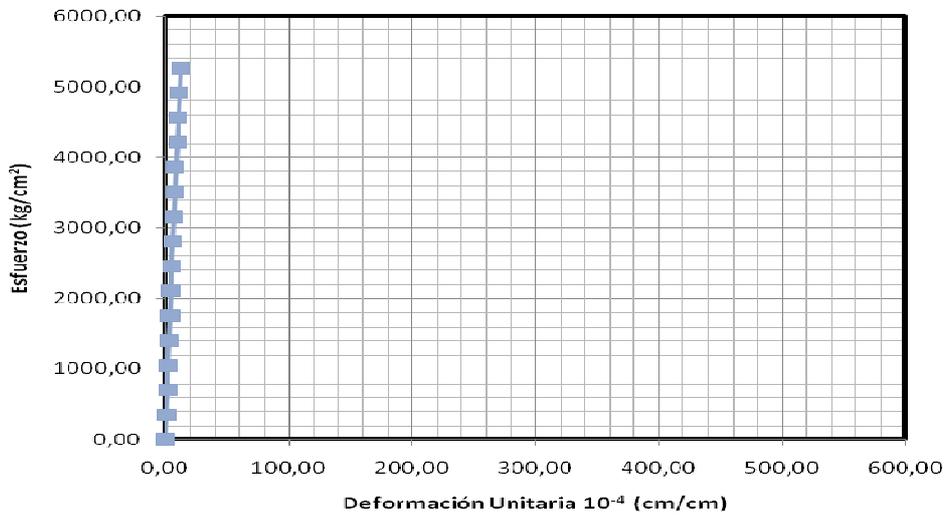
Las muestras M6 (ver gráfico 4.34), M7 (ver gráfico 4.35), M8 (ver gráfico 4.36) de junta soldada con solape doble, observando que las tres muestras ensayadas sólo presentan un comportamiento elástico-lineal llegando, la muestra M6 y M7 llegan a esfuerzos máximos a 3650 kg/cm^2 , mientras la muestra M8 obtuvo esfuerzo máximo en el orden de 5200 kg/cm^2 , donde cada muestra falló por la zona del material base, o sea, por la zona afectada por el calor siendo una falla frágil, por no presentar alargamiento establecido por la norma.



GRÁFICA 4.34. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M6 de Junta Soldada con solape doble Barra de Refuerzo 3/4”



GRÁFICA 4.35. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M7 de Junta Soldada con solape doble Barra de Refuerzo 3/4"



GRÁFICA 4.36. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M8 de Junta Soldada con solape doble Barra de Refuerzo 3/4"

Tabla 4.1.45. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con solape simple M3 para la Barra de Refuerzo 7/8”

Nº de Ensayo M3 Hoja 1 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
1000	0,1	257,73	0,20
2000	0,2	515,46	0,40
3000	0,8	773,20	1,60
4000	1,2	1030,93	2,40
5000	1,8	1288,66	3,60
6000	2,2	1546,39	4,40
7000	2,8	1804,12	5,60
8000	3,3	2061,86	6,60
9000	3,9	2319,59	7,80
10000	4,5	2577,32	9,00
11000	5	2835,05	10,00
12000	5,5	3092,78	11,00
13000	6,1	3350,52	12,20
14000	6,7	3608,25	13,40
15000	7	3865,98	14,00
15000	7,6	3865,98	15,20
16200	10	4175,26	20,00
16200	15	4175,26	30,00
16200	20	4175,26	40,00
16350	25	4213,92	50,00
17250	50	4445,88	100,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 4.1.46. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con bisel sencillo M4 para la Barra de Refuerzo 7/8”

Nº de Ensayo M4 Hoja 2 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
1000	0,4	257,73	0,80
2000	1	515,46	2,00
3000	1,5	773,20	3,00
4000	2	1030,93	4,00
5000	2,4	1288,66	4,80
6000	2,9	1546,39	5,80
7000	3,4	1804,12	6,80
8000	3,9	2061,86	7,80
9000	4,5	2319,59	9,00
10000	5	2577,32	10,00
11000	5,5	2835,05	11,00
12000	6,1	3092,78	12,20
13000	6,7	3350,52	13,40
13000	7,1	3350,52	14,20
13000	8,1	3350,52	16,20
13000	8,9	3350,52	17,80
16100	10	4149,48	20,00
16700	15	4304,12	30,00
16700	20	4304,12	40,00
16700	25	4304,12	50,00
17450	50	4497,42	100,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

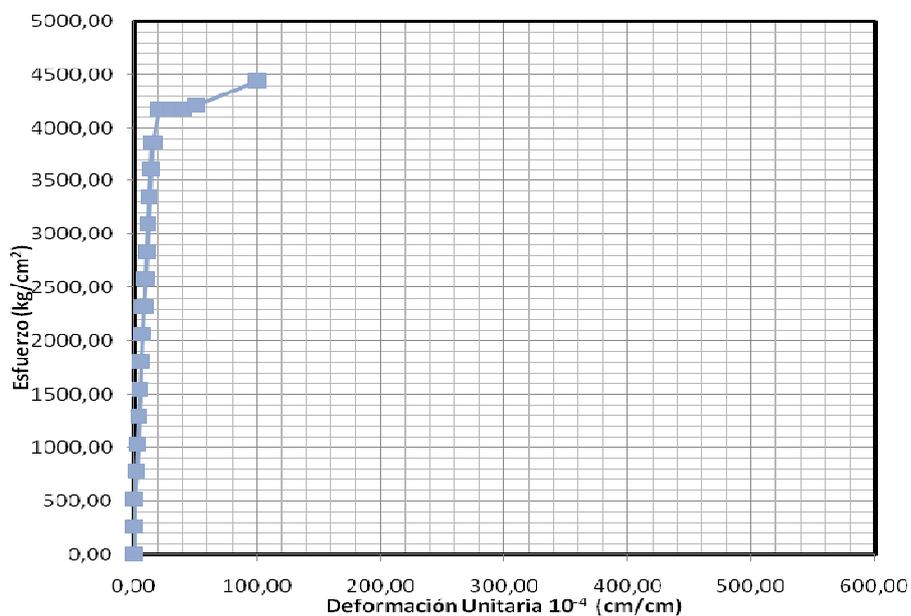
Tabla 4.1.47. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con bisel sencillo M5 para la Barra de Refuerzo 7/8”

Nº de Ensayo M5 Hoja 3 de 6

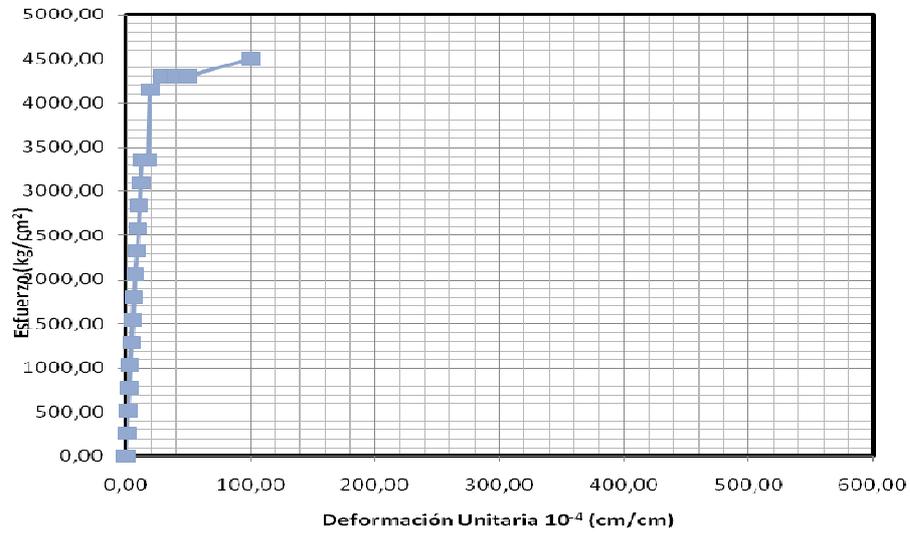
Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
1000	0,5	257,73	1,00
2000	1,1	515,46	2,20
3000	1,9	773,20	3,80
4000	2,5	1030,93	5,00
5000	3	1288,66	6,00
6000	3,7	1546,39	7,40
7000	4,2	1804,12	8,40
8000	4,9	2061,86	9,80
9000	5,4	2319,59	10,80
10000	6	2577,32	12,00
11000	6,6	2835,05	13,20
12000	7	3092,78	14,00
13000	7,2	3350,52	14,40
14000	7,6	3608,25	15,20
14000	8	3608,25	16,00
14000	8,6	3608,25	17,20
16300	10	4201,03	20,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

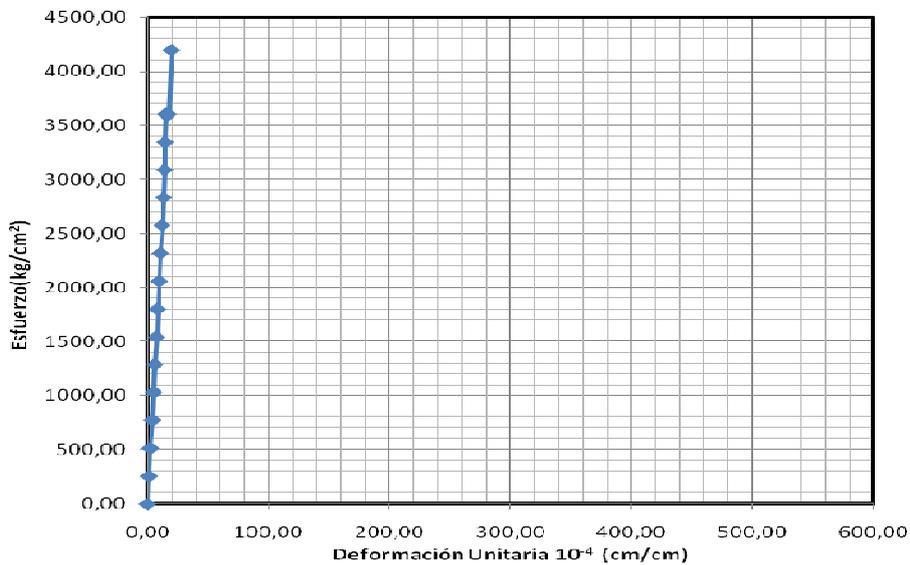
Las muestras M3 (ver gráfico 4.37) y M4 (ver gráfico 4.38) de junta soldada a Tope con bisel sencillo, presenta una su zona elástico-lineal, además de una zona inelástica, con un escalón de relajamiento y inicio de la zona de endurecimiento observadas en las gráficas. Mientras tanto, la muestra M5 (ver gráfico 4.39) sólo presentó un comportamiento elástico-lineal, obteniendo un esfuerzo máximo de 4200 kg/cm². Cada barra de refuerzo falló por la zona de la soldadura.



GRÁFICA 4.37. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M3 de Junta Soldada con bisel sencillo Barra de Refuerzo 7/8”



GRÁFICA 4.38. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M4 de Junta Soldada con bisel sencillo Barra de Refuerzo 7/8”



GRÁFICA 4.39. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M5 de Junta Soldada con bisel sencillo Barra de Refuerzo 7/8”

Tabla 4.1.48. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con bisel doble M6 para la Barra de Refuerzo 7/8"

Nº de Ensayo M6 Hoja 4 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
1000	0,7	257,73	1,40
2000	1,3	515,46	2,60
3000	1,8	773,20	3,60
4000	2,3	1030,93	4,60
5000	2,7	1288,66	5,40
6000	3,2	1546,39	6,40
7000	3,7	1804,12	7,40
8000	4,2	2061,86	8,40
9000	4,8	2319,59	9,60
10000	5,3	2577,32	10,60
11000	5,8	2835,05	11,60
12000	6,3	3092,78	12,60
13000	6,7	3350,52	13,40
14000	7	3608,25	14,00
15000	7,4	3865,98	14,80
16000	7,6	4123,71	15,20
16650	8,1	4291,24	16,20

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Tabla 4.1.49. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con bisel doble M7 para la Barra de Refuerzo 7/8”

Nº de Ensayo M7 Hoja 5 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
1000	0,9	257,73	1,80
2000	1,6	515,46	3,20
3000	2,1	773,20	4,20
4000	2,8	1030,93	5,60
5000	3,2	1288,66	6,40
6000	3,9	1546,39	7,80
7000	4,9	1804,12	9,80
8000	5,5	2061,86	11,00
9000	6,1	2319,59	12,20
10000	6,8	2577,32	13,60
11000	7,3	2835,05	14,60
12000	8	3092,78	16,00
13000	8,7	3350,52	17,40
14000	9,1	3608,25	18,20
15000	9,3	3865,98	18,60
15650	10	4033,51	20,00
15850	15	4085,05	30,00
15850	20	4085,05	40,00
15850	25	4085,05	50,00
16950	50	4368,56	100,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

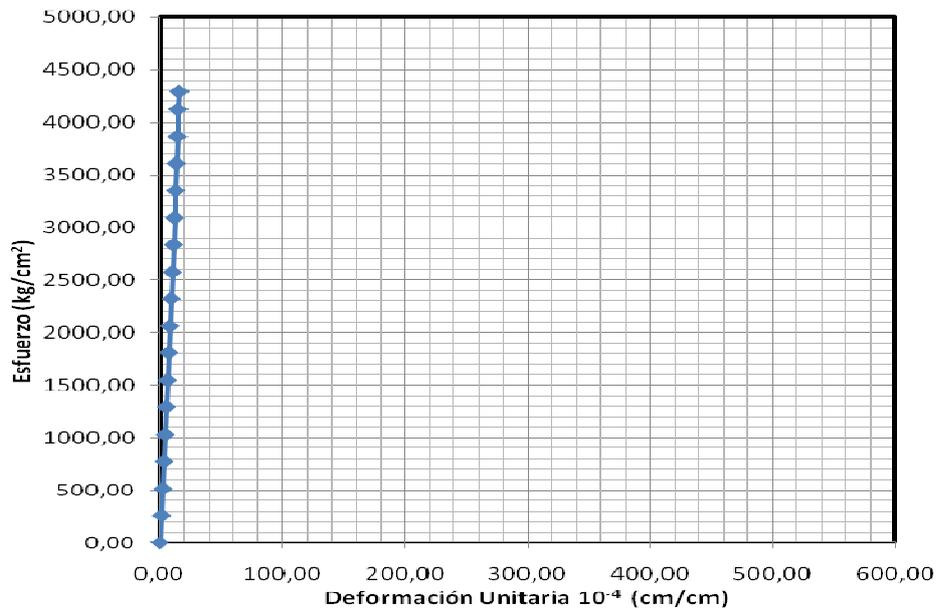
Tabla 4.1.50. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con bisel doble M8 para la Barra de Refuerzo 7/8"

Nº de Ensayo M8 Hoja 6 de 6

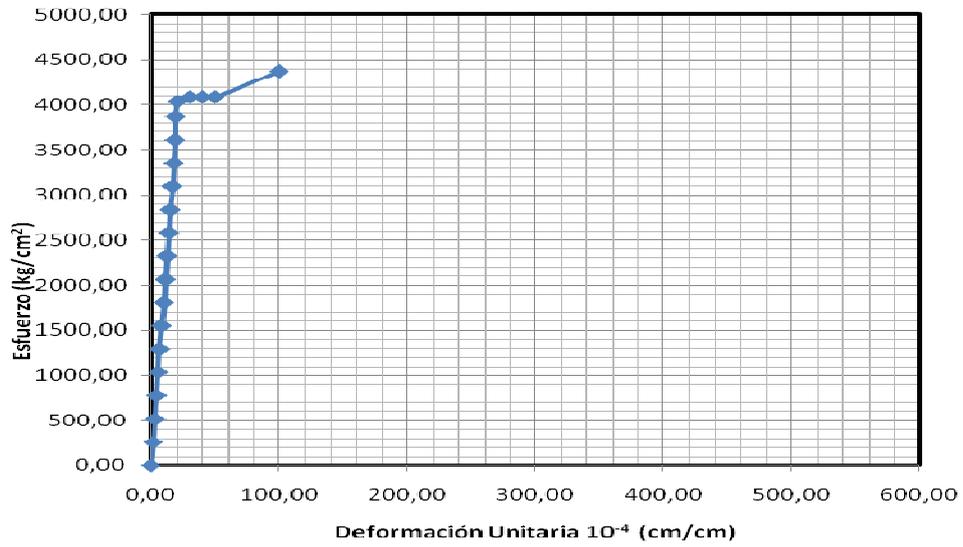
Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
1000	0,5	257,73	1,00
2000	1	515,46	2,00
3000	1,6	773,20	3,20
4000	2	1030,93	4,00
5000	2,4	1288,66	4,80
6000	2,9	1546,39	5,80
7000	3,5	1804,12	7,00
8000	4	2061,86	8,00
9000	4,6	2319,59	9,20
10000	5,1	2577,32	10,20
11000	5,6	2835,05	11,20
12000	6,2	3092,78	12,40
13000	6,8	3350,52	13,60
14000	7,4	3608,25	14,80
15000	8,1	3865,98	16,20
16000	9,1	4123,71	18,20
16100	10	4149,48	20,00
16100	15	4149,48	30,00
16100	20	4149,48	40,00
16200	25	4175,26	50,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

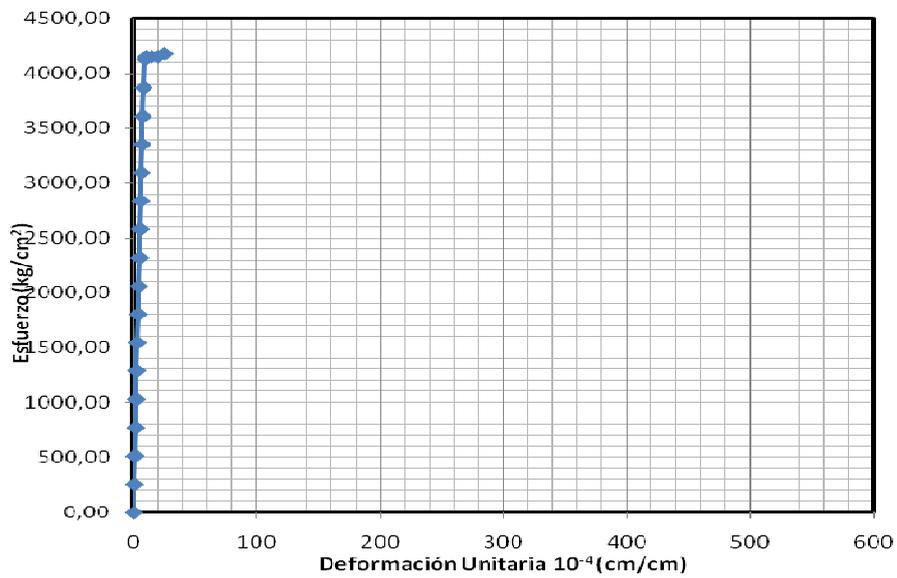
Las muestras M6 (ver gráfico 4.40) y M8 (ver gráfico 4.42) de Junta Soldada a Tope con bisel doble observamos en la gráfica presenta un comportamiento elástico-lineal, llegando a esfuerzos máximos en el orden de 4200 kg/cm² siendo el límite elástico convencional igual esfuerzo máximo. La muestra M7 (ver el grafico 4.41) igualmente la junta soldada a Tope con bisel doble, presenta una zona elástica-lineal, con presencia de zona inelástica donde notamos el escalón de relajamiento, como inicio de la zona de endurecimiento del material. Todas las muestras fallaron por la zona de la soldadura.



GRÁFICA 4.40. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M6 de Junta Soldada con bisel doble Barra de Refuerzo 7/8"



GRÁFICA 4.41. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M7 de Junta Soldada con bisel doble Barra de Refuerzo 7/8"



GRÁFICA 4.42. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M8 de Junta Soldada con bisel doble Barra de Refuerzo 7/8"

Tabla 4.1.51. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con bisel simple M3 para la Barra de Refuerzo 1”

Nº de Ensayo M3 Hoja 1 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
2000	0,7	394,48	1,40
4000	1,5	788,95	3,00
6000	2,1	1183,43	4,20
8000	2,9	1577,91	5,80
10000	3,7	1972,39	7,40
12000	4,5	2366,86	9,00
14000	5,5	2761,34	11,00
16000	6	3155,82	12,00
18000	7,3	3550,30	14,60
19000	10	3747,53	20,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Tabla 4.1.52. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con bisel simple M4 para la Barra de Refuerzo 1”

Nº de Ensayo M4 Hoja 2 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
2000	0,5	394,48	1,00
4000	1,5	788,95	3,00
6000	1,8	1183,43	3,60
8000	2,5	1577,91	5,00
10000	2,7	1972,39	5,40
12000	3,5	2366,86	7,00
14000	4,5	2761,34	9,00
16000	5,7	3155,82	11,40

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

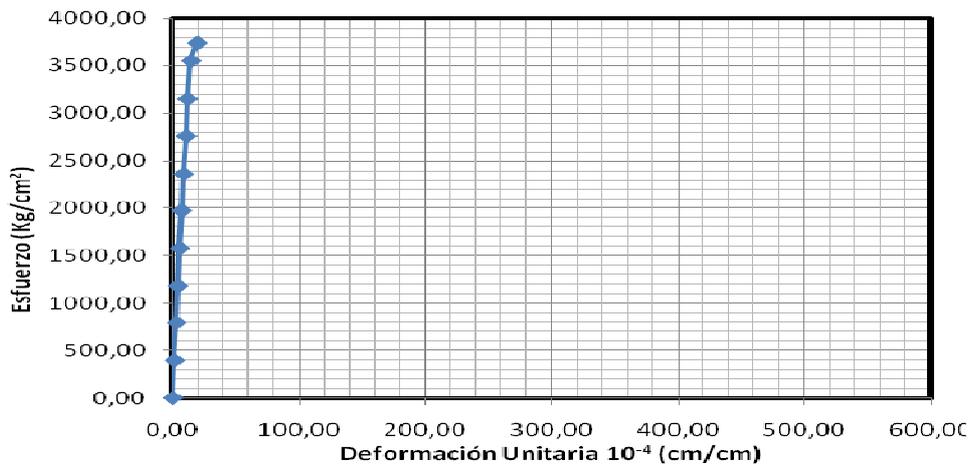
Tabla 4.1.53. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con bisel simple M5 para la Barra de Refuerzo 1”

Nº de Ensayo M5 Hoja 3 de 6

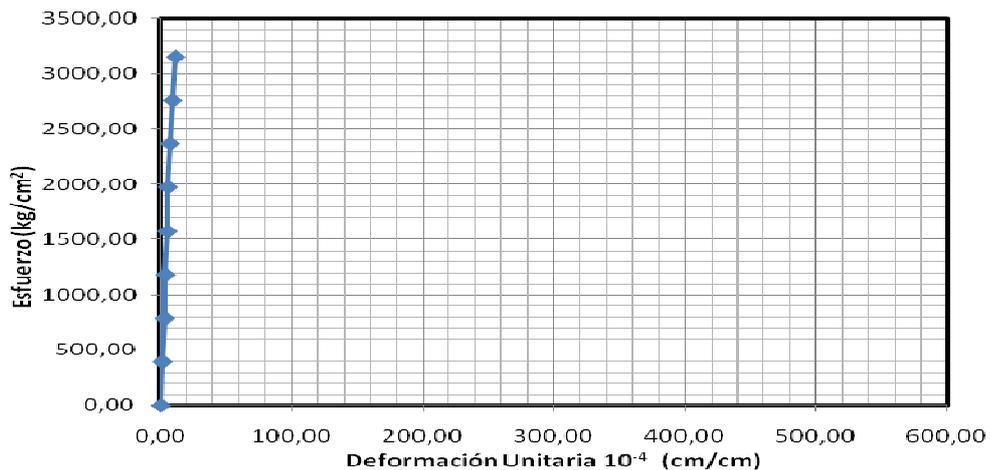
Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
2000	0,7	394,48	1,40
4000	1,3	788,95	2,60
6000	2,2	1183,43	4,40
8000	3,1	1577,91	6,20
10000	4,1	1972,39	8,20
12000	5	2366,86	10,00
14000	6,1	2761,34	12,20
16000	6,8	3155,82	13,60
18000	7,8	3550,30	15,60

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

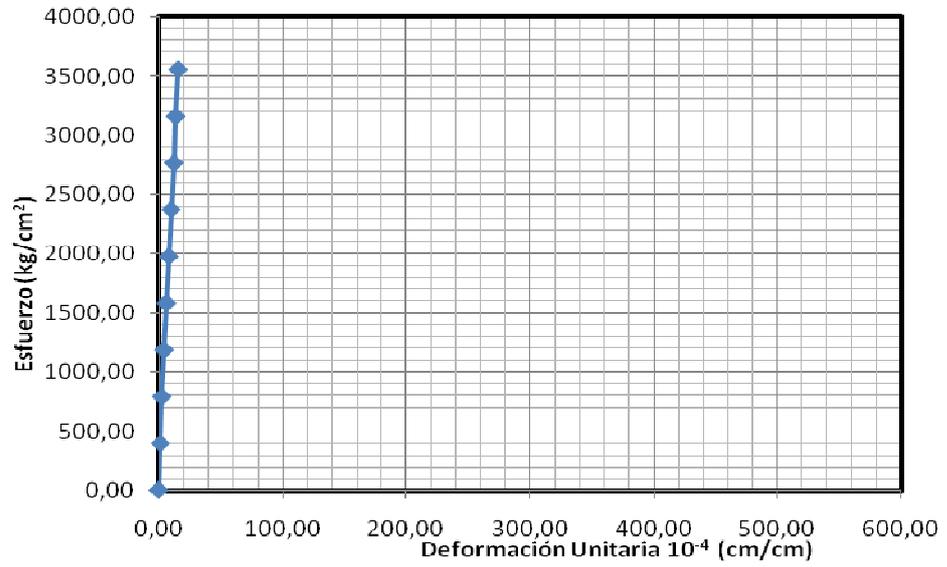
Las muestras M3 (ver gráfico 4.43), M4 (ver gráfico 4.44), M5 (ver gráfico 4.45) de junta soldada a Tope con bisel sencillo, se observó que todas presentan comportamiento zona elástica-lineal teniendo como esfuerzos máximos en el orden de 4200 kg/cm². Todas las muestras fallaron por la soldadura.



GRÁFICA 4.43. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M3 de Junta Soldada con bisel simple Barra de Refuerzo 1”



GRÁFICA 4.44. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M4 de Junta Soldada con bisel simple Barra de Refuerzo 1”



GRÁFICA 4.45. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M5 de Junta Soldada con bisel simple Barra de Refuerzo 1”

Tabla 4.1.54. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta soldada con bisel doble M6 para la Barra de Refuerzo 1”

Nº de Ensayo M6 Hoja 4 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
2000	0,5	394,48	1,00
4000	1,1	788,95	2,20
6000	1,7	1183,43	3,40
8000	2,8	1577,91	5,60
10000	3,2	1972,39	6,40
12000	4,6	2366,86	9,20
14000	4,8	2761,34	9,60
16000	5	3155,82	10,00
18000	5,8	3550,30	11,60
20000	6,2	3944,77	12,40
22000	7	4339,25	14,00
24000	7,8	4733,73	15,60

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Tabla 4.1.55. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con bisel doble M7 para la Barra de Refuerzo 1”

Nº de Ensayo M7 Hoja 5 de 6

Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
2000	0,4	394,48	0,80
4000	1,8	788,95	3,60
6000	2,7	1183,43	5,40
8000	2,5	1577,91	5,00
10000	4,5	1972,39	9,00
12000	5,2	2366,86	10,40
14000	6,3	2761,34	12,60
16000	7,1	3155,82	14,20
18000	7,9	3550,30	15,80
20000	8,3	3944,77	16,60
22000	9	4339,25	18,00
22800	10	4497,04	20,00
22800	15	4497,04	30,00
22800	20	4497,04	40,00
22800	25	4497,04	50,00
22800	50	4497,04	100,00
24000	75	4733,73	150,00
25400	100	5009,86	200,00
27800	150	5483,23	300,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

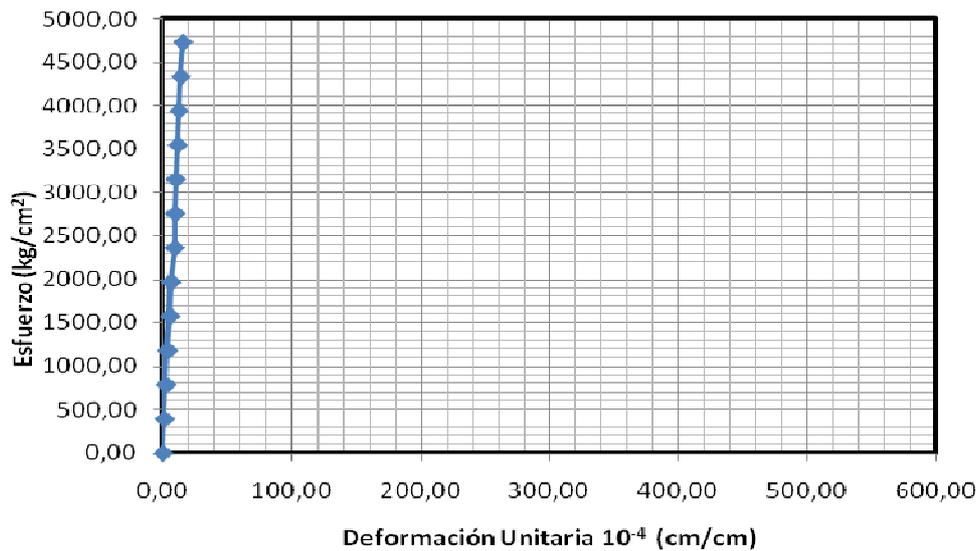
Tabla 4.1.56. Datos del Ensayo a Tracción de la Muestra de Junta Soldada con bisel doble M8 para la Barra de Refuerzo 1”

Nº de Ensayo M8 Hoja 5 de 6

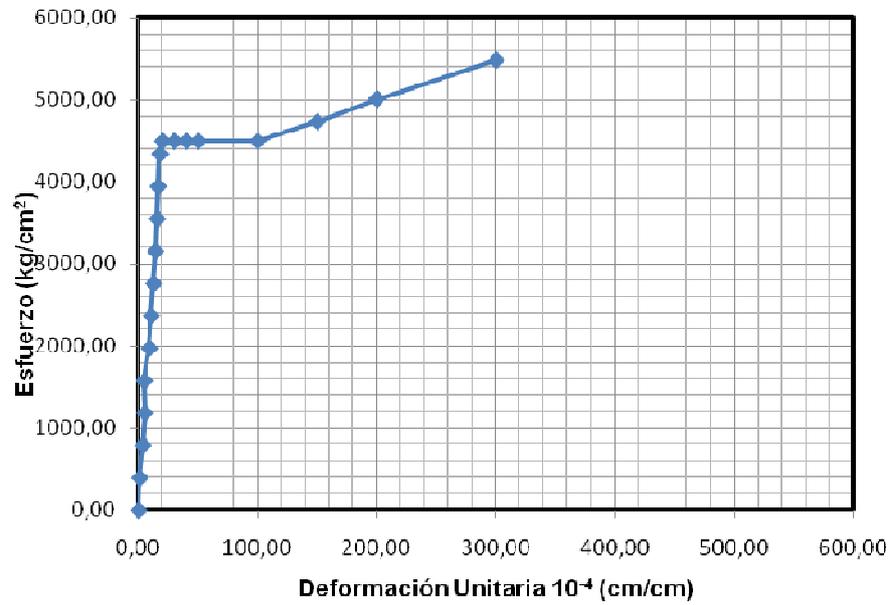
Carga (kg)	Deformación 0.01 mm	Esfuerzo Kg/cm ²	Deformación Unitaria (10 ⁻⁴ cm/cm)
0	0	0,00	0,00
2000	0,8	394,48	1,60
4000	1,5	788,95	3,00
6000	2,4	1183,43	4,80
8000	4	1577,91	8,00
10000	5	1972,39	10,00
12000	5,8	2366,86	11,60
14000	6,6	2761,34	13,20
16000	7,3	3155,82	14,60
18000	8,2	3550,30	16,40
22400	10	4418,15	20,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

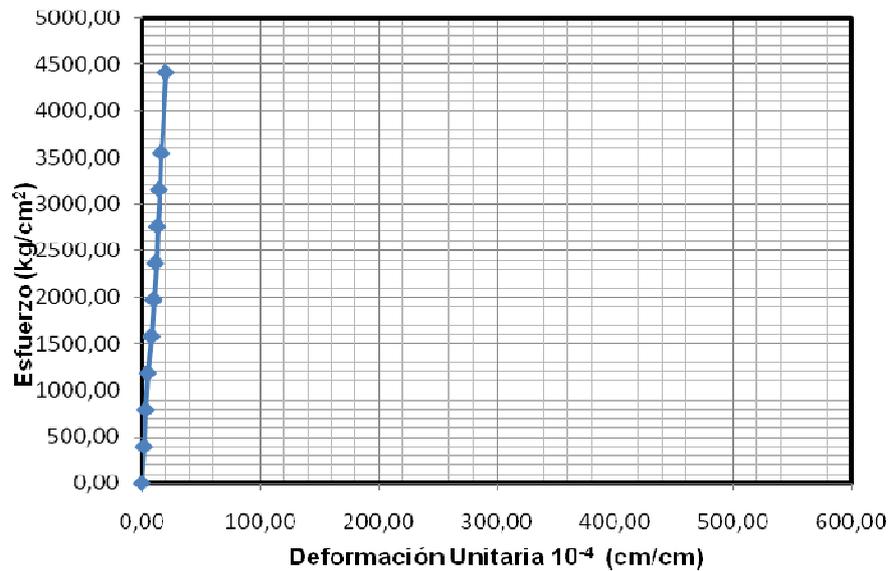
Por su parte, las muestras M6 (ver gráfica 4.46) y M8 (ver gráfica 4.48) de junta soldada a Tope con bisel doble, se observó que sólo presentan un comportamiento elástica-lineal donde la muestra M6 presenta un esfuerzo máximo en el orden de 4700 kg/cm² y la muestra M8 con un esfuerzo máximo de 4400 kg/cm². Por su parte la muestra M7 (ver gráfica 4.47) la junta soldada a Tope con bisel doble presentó una zona elástico-lineal, además de presentar una zona inelástica, con su escalón de relajamiento y zona de endurecimiento del acero ensayado. Las tres muestras fallaron por la soldadura.



GRÁFICA 4.46. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M6 de Junta Soldada con bisel simple Barra de Refuerzo 1”



GRÁFICA 4.47. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M7 de Junta Soldada con bisel simple Barra de Refuerzo 1”



GRÁFICA 4.48. Esfuerzo-Deformación Unitaria Muestra M8 de Junta Soldada con bisel simple Barra de Refuerzo 1”

CONTROL DE CALIDAD

Esfuerzo Máximo

En los cálculos realizados para establecer el control de calidad de las barras de refuerzo ensayadas tanto de juntas soldadas con solape (simple, doble) y juntas soldadas a tope (Bisel sencillo, Bisel Doble) de los diferentes diámetros se puede observar lo siguiente:

- Las muestras M3, M4, M5 de las barras de refuerzo de 3/8" de juntas soldadas son lape simple y la muestra M6, el esfuerzo máximo calculado de cada una de las muestras es menor al 95 % del promedio de las muestras patrones establecida por la norma. Además, en las muestras de las barras de refuerzo de 3/8" de junta soldada con solape doble se pudo observar que las muestra M7 y M8 el esfuerzo máximo pasa el 95 % del promedio de las muestras patrones.

Tabla 4.1.57. Esfuerzos Máximos y el 95 % del promedio de la muestra patrón.

	Muestras	Carga Máxima (Kgf)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (kg/cm ²)	Muestra Patrón Promedio (kg/cm ²)	≥ 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Patrón 3/8"	M1	5380	0,71	7577,46	7500,00	7125,00
	M2	5270	0,71	7422,54		

Tabla 4.1.58. Esfuerzos Máximos de las barras de junta soldada y comprobación Esfuerzo Máximo \geq 95 % Muestra Patrón Promedio.

	Muestras	Carga Máxima (Kgf)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (kg/cm ²)	Esfuerzo Máximo \geq 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Solape Simple 3/8"	M3	4210	0,71	5929,58	No Cumple
	M4	3960		5577,46	No Cumple
	M5	4060		5718,31	No Cumple
Muestras Solape Doble 3/8"	M6	5010	0,71	7056,34	No Cumple
	M7	5330		7507,04	Cumple
	M8	5400		7605,63	Cumple

Con respecto a las muestras de las barras de refuerzo de 1/2", 5/8", 3/4", de junta soldada con solape tanto simple como doble el esfuerzo máximo es menor al 95 % del promedio de las muestras patrones.

Tabla 4.1.59. Esfuerzos Máximos y el 95 % del promedio de la muestra patrón.

	Carga Máxima (Kgf)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (kg/cm ²)	Muestra Patrón Promedio (kg/cm ²)	\geq 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Patrón 1/2"	9780	1,27	7700,79	7724,41	7338,19
	9840	1,27	7748,03		

Tabla 4.1.60. Esfuerzos Máximos de las barras de junta soldada y comprobación Esfuerzo Máximo \geq 95 % Muestra Patrón Promedio.

	Carga Máxima (Kgf)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (kg/cm ²)	Esfuerzo Máximo \geq 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Solape Simple 1/2"	8650	1,27	6811,02	No Cumple
	7350	1,27	5787,40	No Cumple
	8750	1,27	6889,76	No Cumple
Muestras Solape Doble 1/2"	7200	1,27	5669,29	No Cumple
	8100	1,27	6377,95	No Cumple
	7500	1,27	5905,51	No Cumple

Tabla 4.1.61. Esfuerzos Máximos y el 95 % del promedio de la muestra patrón.

	Carga Máxima (Kgf)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (kg/cm ²)	Muestra Patrón Promedio (kg/cm ²)	\geq 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Patrón 5/8"	14300	1,98	7222,22	7272,73	6909,09
	14500	1,98	7323,23		

Tabla 4.1.62. Esfuerzos Máximos de las barras de junta soldada y comprobación Esfuerzo Máximo \geq 95 % Muestra Patrón Promedio.

	Carga Máxima (Kgf)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (kg/cm ²)	Esfuerzo Máximo \geq 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Solape Simple 5/8"	11025	1,98	5568,18	No Cumple
	12075	1,98	6098,48	No Cumple
	12375	1,98	6250,00	No Cumple
Muestras Solape Doble 5/8"	12110	1,98	6116,16	No Cumple
	11325	1,98	5719,70	No Cumple
	11125	1,98	5618,69	No Cumple

Tabla 4.1.63. Esfuerzos Máximos y el 95 % del promedio de la muestra patrón.

	Carga Máxima (Kgf)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (kg/cm ²)	Muestra Patrón Promedio (kg/cm ²)	≥ 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Patrón 3/4"	21375	2,85	7500,00	7486,84	7112,50
	21300	2,85	7473,68		

Tabla 4.1.64. Esfuerzos Máximos de las barras de junta soldada y comprobación Esfuerzo Máximo ≥ 95 % Muestra Patrón Promedio.

	Carga Máxima (Kgf)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (kg/cm ²)	Esfuerzo Máximo ≥ 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Solape Simple 3/4"	13900	2,85	4877,19	No Cumple
	11600	2,85	4070,18	No Cumple
	16250	2,85	5701,75	No Cumple
Muestras Solape Doble 3/4"	17825	2,85	6254,39	No Cumple
	17215	2,85	6040,35	No Cumple
	12075	2,85	4236,84	No Cumple

Igualmente ocurrió con las barras de refuerzo de 7/8" y 1" de las juntas soldadas a Tope con bisel Simple y Tope con bisel Doble, donde el esfuerzo máximo es menor al 95 % del promedio de las muestras patrones.

Tabla 4.1.65. Esfuerzos Máximos y el 95 % del promedio de la muestra patrón.

	Carga Máxima (Kgf)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (kg/cm ²)	Muestra Patrón Promedio (kg/cm ²)	≥ 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Patrón 7/8"	26325	3,88	6784,79	6833,12	6491,46
	26700	3,88	6881,44		

Tabla 4.1.66. Esfuerzos Máximos de las barras de junta soldada y comprobación Esfuerzo Máximo \geq 95 % Muestra Patrón Promedio.

	Carga Máxima (Kgf)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (kg/cm ²)	Esfuerzo Máximo \geq 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Tope Bisel Simple 7/8"	17900	3,88	4613,40	No Cumple
	16650	3,88	4291,24	No Cumple
	17550	3,88	4523,20	No Cumple
Muestras Tope Bisel Doble 7/8"	18300	3,88	4716,49	No Cumple
	19950	3,88	5141,75	No Cumple
	16300	3,88	4201,03	No Cumple

Tabla 4.1.67. Esfuerzos Máximos y el 95 % del promedio de la muestra patrón.

	Carga Máxima (Kgf)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (kg/cm ²)	Muestra Patrón Promedio (kg/cm ²)	\geq 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Patrón 1"	22000	5,07	4339,25	5463,51	5190,34
	33400	5,07	6587,77		

Tabla 4.1.68. Esfuerzos Máximos de las barras de junta soldada y comprobación Esfuerzo Máximo \geq 95 % Muestra Patrón Promedio.

	Carga Máxima (Kgf)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (kg/cm ²)	Esfuerzo Máximo \geq 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Tope Bisel Simple 1"	19000	5,07	3747,53	No Cumple
	16800	5,07	3313,61	No Cumple
	19400	5,07	3826,43	No Cumple
Muestras Tope Bisel Doble 1"	24000	5,07	4733,73	No Cumple
	29000	5,07	5719,92	Cumple
	23800	5,07	4694,28	No Cumple

ALARGAMIENTO

Con respecto al criterio del alargamiento de cada probeta soldada, medido después de la rotura, que no debe ser menor del 95 % del valor promedio de las dos barras patrón establecida por la norma, se observa que en las cabillas 3/8", 1/2", 5/8", 3/4", de juntas soldadas a solape sencillo y solape doble es menor al valor anteriormente mencionado por lo cual no cumple la condición.

Igualmente ocurre con las barras de refuerzo de 7/8" y 1" las juntas soldadas a tope con bisel simple y bisel doble donde el alargamiento es menor al 95 % del promedio de la muestra patrón.

Adicionalmente, calculamos, el porcentaje que corresponde de cada muestra ensayada con respecto al 95 % para observar la pérdida de eficiencia que se presentó en la soldadura, observando los siguientes valores:

Tabla 4.1.69. 95% del alargamiento de la muestra patrón.

	Alargamiento (cm)	Muestra Patrón Promedio (cm)	≥ 95 % Muestra Patrón Promedio	Porcentaje de Alargamiento %	Muestra Patrón Promedio (%)	≥ 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Patrón 3/8"	23,29	23,33	22,16	16,45	16,63	15,79
	23,36			16,80		

Tabla 4.1.70. Alargamiento promedio de la muestra patrón \leq 95% del alargamiento de las muestras soldadas.

	Alargamiento (cm)	Alargamiento de la probeta soldada \geq 95 % Muestra Patrón Promedio	Porcentaje de Alargamiento %	Alargamiento de la probeta soldada \geq 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Solape Simple 3/8"	21	No Cumple	5	No Cumple
	20,7	No Cumple	3,5	No Cumple
	20,5	No Cumple	2,5	No Cumple
Muestras Solape Doble 3/8"	21,3	No Cumple	6,5	No Cumple
	22,07	No Cumple	10,35	No Cumple
	22	No Cumple	10	No Cumple

Tabla 4.1.71. El 95% del alargamiento de la muestra patrón.

	Alargamiento (cm)	Muestra Patrón Promedio (cm)	\geq 95 % Muestra Patrón Promedio	Porcentaje de Alargamiento %	Muestra Patrón Promedio (%)	\geq 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Patrón 1/2"	23,29	23,33	22,16	16,45	16,63	15,79
	23,36			16,80		

Tabla 4.1.72. Alargamiento promedio de la muestra patrón \leq 95% del alargamiento de las muestras soldadas.

	Alargamiento (cm)	Alargamiento de la probeta soldada \geq 95 % Muestra Patrón Promedio	Porcentaje de Alargamiento %	Alargamiento de la probeta soldada \geq 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Solape Simple 1/2"	20,27	No Cumple	1,35	No Cumple
	20,523	No Cumple	2,615	No Cumple
	20,4	No Cumple	2	No Cumple
Muestras Solape Doble 1/2"	21,42	No Cumple	7,1	No Cumple
	20,66	No Cumple	3,3	No Cumple
	21,31	No Cumple	6,55	No Cumple

Tabla 4.1.73. El 95% del alargamiento de la muestra patrón.

	Alargamiento (cm)	Muestra Patrón Promedio (cm)	≥ 95 % Muestra Patrón Promedio	Porcentaje de Alargamiento %	Muestra Patrón Promedio (%)	≥ 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Patrón 5/8"	23,29	23,33	22,16	16,45	16,63	15,79
	23,36			16,80		

Tabla 4.1.74. Alargamiento promedio de la muestra patrón ≤ 95% del alargamiento de las muestras soldadas.

	Alargamiento (cm)	Alargamiento de la probeta soldada ≥ 95 % Muestra Patrón Promedio	Porcentaje de Alargamiento %	Alargamiento de la probeta soldada ≥ 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Solape Simple 5/8"	21,04	No Cumple	5,2	No Cumple
	21,22	No Cumple	6,1	No Cumple
	20,76	No Cumple	3,8	No Cumple
Muestras Solape Doble 5/8"	20,65	No Cumple	3,25	No Cumple
	20,44	No Cumple	2,2	No Cumple
	20,66	No Cumple	3,3	No Cumple

Tabla 4.1.75. El 95% del alargamiento de la muestra patrón.

	Alargamiento (cm)	Muestra Patrón Promedio (cm)	≥ 95 % Muestra Patrón Promedio	Porcentaje de Alargamiento %	Muestra Patrón Promedio (%)	≥ 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Patrón 3/4"	24,37	24,56	23,33	21,85	22,78	21,64
	24,74			23,7		

Tabla 4.1.76. Alargamiento promedio de la muestra patrón \leq 95% del alargamiento de las muestras soldadas.

	Alargamiento (cm)	Alargamiento de la probeta soldada \geq 95 % Muestra Patrón Promedio	Porcentaje de Alargamiento %	Alargamiento de la probeta soldada \geq 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Solape Simple 3/4"	20,41	No Cumple	2,05	No Cumple
	21,57	No Cumple	7,85	No Cumple
	20,9	No Cumple	4,5	No Cumple
Muestras Solape Doble 3/4"	20,23	No Cumple	1,15	No Cumple
	20,23	No Cumple	1,15	No Cumple
	20,22	No Cumple	1,1	No Cumple

Tabla 4.1.77. El 95% del alargamiento de la muestra patrón.

	Alargamiento (cm)	Muestra Patrón Promedio (cm)	\geq 95 % Muestra Patrón Promedio	Porcentaje de Alargamiento %	Muestra Patrón Promedio (%)	\geq 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Patrón 7/8"	24,53	24,37	23,15	22,65	21,83	20,73
	24,2			21		

Tabla 4.1.78. Alargamiento promedio de la muestra patrón \leq 95% del alargamiento de las muestras soldadas.

	Alargamiento (cm)	Alargamiento de la probeta soldada \geq 95 % Muestra Patrón Promedio	Porcentaje de Alargamiento %	Alargamiento de la probeta soldada \geq 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Solape Simple 7/8"	20,53	No Cumple	2,65	No Cumple
	20,43	No Cumple	2,15	No Cumple
	20,34	No Cumple	1,7	No Cumple
Muestras Solape Doble 7/8"	20,6	No Cumple	3	No Cumple
	20,58	No Cumple	2,9	No Cumple
	20,72	No Cumple	3,6	No Cumple

Tabla 4.1.79. El 95% del alargamiento de la muestra patrón.

	Alargamiento (cm)	Muestra Patrón Promedio (cm)	≥ 95 % Muestra Patrón Promedio	Porcentaje de Alargamiento %	Muestra Patrón Promedio (%)	≥ 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Patrón 1"	24,3	24,15	22,94	21,50	20,75	19,71
	24			20,00		

Tabla 4.1.80. Alargamiento promedio de la muestra patrón ≤ 95% del alargamiento de las muestras soldadas.

	Alargamiento (cm)	Alargamiento de la probeta soldada ≥ 95 % Muestra Patrón Promedio	Porcentaje de Alargamiento %	Alargamiento de la probeta soldada ≥ 95 % Muestra Patrón Promedio
Muestras Solape Simple 1"	20,26	No Cumple	1,3	No Cumple
	21,5	No Cumple	7,5	No Cumple
	20,25	No Cumple	1,25	No Cumple
Muestras Solape Doble 1"	20,65	No Cumple	3,25	No Cumple
	20,3	No Cumple	1,5	No Cumple
	20,75	No Cumple	3,75	No Cumple

BARRAS DE REFUERZO N° 3 (3/8")

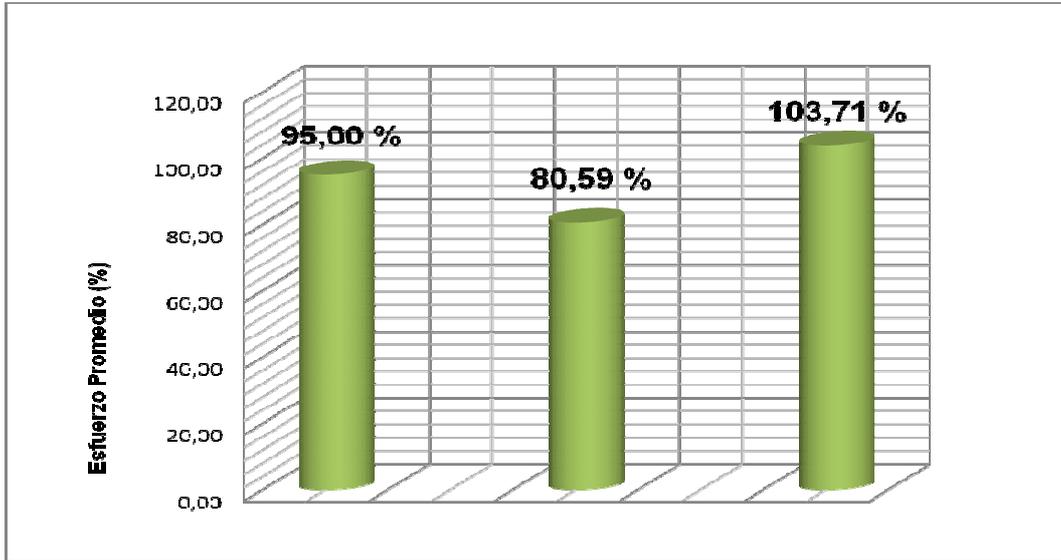
Tabla 4.1.81. El 95 % del esfuerzo promedio de la muestra patrón, esfuerzo promedio muestra de junta soldada con solape simple y doble.

95 % del Esfuerzo Promedio Muestras Patrón	Esfuerzo Promedio Muestras Solape Simple	Esfuerzo promedio Muestras Solape Doble
7125,00	5741,78	7389,67

Tabla 4.1.82. Diferencia de la eficiencia de la junta de soldadura con solape simple y doble con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón.

% Muestra Patrón	% Solape Simple	% Solape Doble	Diferencia entre el 95% Promedio Muestras Patrón y Promedio Muestras Soldadas	
95,00	80,59	103,71	14,41	-8,71

La pérdida de eficiencia de las muestra de junta soldada con solape simple corresponde al 14,41 % con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón, mientras tanto, las barras de la junta soldada con solape doble debido a que las muestras M7 y M8 superan el 95 % del promedio de la muestra patrón presenta una mejor eficiencia por encima del 8 % aproximadamente.



GRÁFICA 4.49. Comparación Esfuerzo-Muestra Patrón con Esfuerzo-Muestra Soldadas

BARRAS DE REFUERZO N° 4 (1/2")

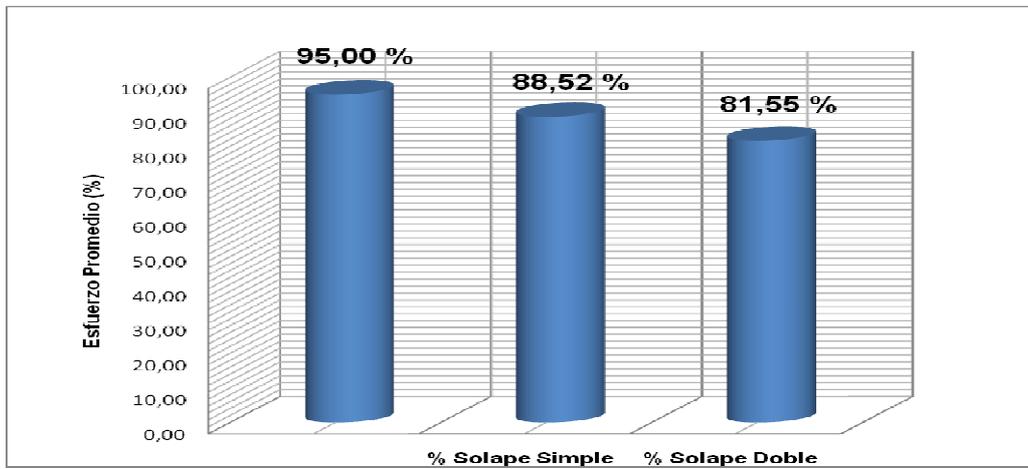
Tabla 4.1.83. El 95 % del esfuerzo promedio de la muestra patrón, esfuerzo promedio muestra de junta soldada con solape simple y doble.

95 % del Esfuerzo Promedio Muestras Patrón	Esfuerzo Promedio Muestras Solape Simple	Esfuerzo promedio Muestras Solape Doble	% Muestra Patrón
7338,19	6496,06	5984,25	95,00

Tabla 4.1.84. Diferencia de la eficiencia de la junta de soldadura con solape simple y doble con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón.

% Muestra Patrón	% Solape Simple	% Solape Doble	Diferencia entre el 95% Promedio Muestras Patrón y Promedio Muestras Soldadas	
95,00	88,52	81,55	6,48	13,45

La pérdida de eficiencia de las muestra de junta soldada con solape simple corresponde al 6,48 % con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón, mientras tanto, las barras de la junta soldada con solape doble igualmente pierden una eficiencia en la soldadura con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón de un 13,45 %.



GRÁFICA 4.50. Comparación Esfuerzo-Muestra Patrón con Esfuerzo-Muestra Soldadas

BARRAS DE REFUERZO N° 5 (5/8")

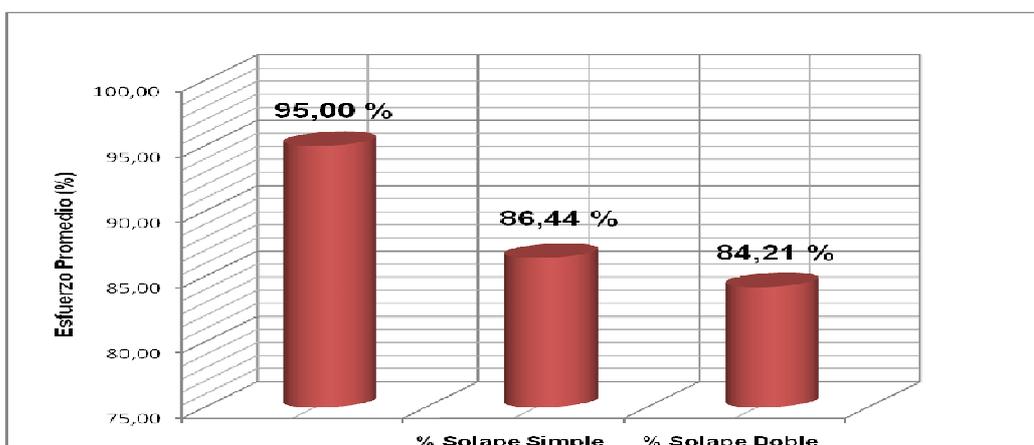
Tabla 4.1.85. El 95 % del esfuerzo promedio de la muestra patrón, esfuerzo promedio muestra de la junta soldada con solape simple y doble.

95 % del Esfuerzo Promedio Muestras Patrón	Esfuerzo Promedio Muestras Solape Simple	Esfuerzo promedio Muestras Solape Doble
6909,09	5972,22	5818,18

Tabla 4.1.86. Diferencia de la eficiencia de la junta de soldadura con solape simple y doble con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón.

% Muestra Patrón	% Solape Simple	% Solape Doble	Diferencia entre el 95% Promedio Muestras Patrón y Promedio Muestras Soldadas	
95,00	86,44	84,21	8,56	10,79

La pérdida de eficiencia de las muestra de la junta soldada con solape simple corresponde al 8,56 % con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón, mientras tanto, las barras de la junta soldada a solape doble igualmente pierden una eficiencia en la soldadura con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón de un 10,79 %.



GRÁFICA 4.51. Comparación Esfuerzo-Muestra Patrón con Esfuerzo-Muestra Soldadas

BARRAS DE REFUERZO N° 6 (3/4")

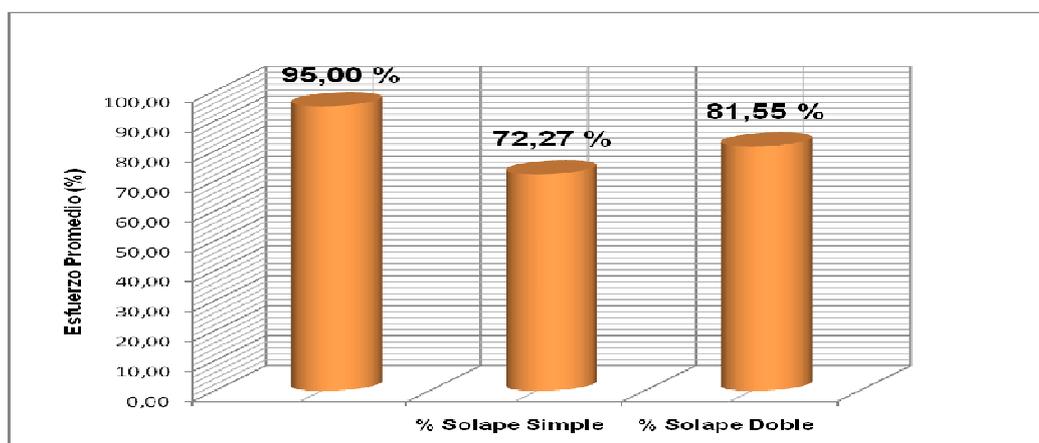
Tabla 4.1.87. El 95 % del esfuerzo promedio de la muestra patrón, esfuerzo promedio muestra de junta soldada con solape simple y doble

95 % del Esfuerzo Promedio Muestras Patrón	Esfuerzo Promedio Muestras Solape Simple	Esfuerzo promedio Muestras Solape Doble
6756,88	4883,04	5510,53

Tabla 4.1.88. Diferencia de la eficiencia de la junta de soldadura con solape simple y doble con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón

% Muestra Patrón	% Solape Simple	% Solape Doble	Diferencia entre el 95% Promedio Muestras Patrón y Promedio Muestras Soldadas	
95,00	72,27	81,55	22,73	13,45

La pérdida de eficiencia de las muestra de la junta soldada con solape simple corresponde al 22,73 % con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón, mientras tanto, las barras de la junta soldada con solape doble igualmente pierden una eficiencia en la soldadura con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón de un 13,45 %.



GRÁFICA 4.52. Comparación Esfuerzo-Muestra Patrón con Esfuerzo-Muestra Soldadas

BARRAS DE REFUERZO N° 7 (7/8")

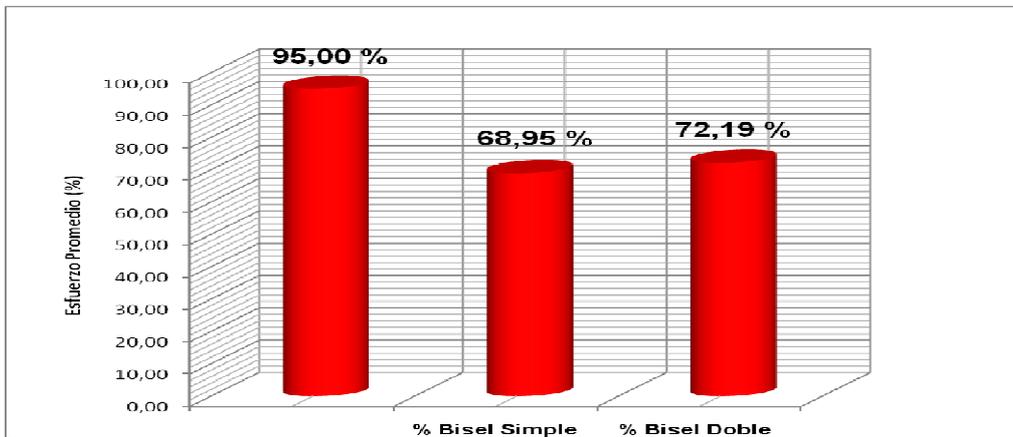
Tabla 4.1.89. El 95 % del esfuerzo promedio de la muestra patrón, esfuerzo promedio muestra de junta soldada a tope con bisel simple y doble

95 % del Esfuerzo Promedio Muestras Patrón	Esfuerzo Promedio Muestras a Tope con Bisel Simple	Esfuerzo Promedio Muestras a Tope con Bisel Doble
6491,46	4475,95	4686,43

Tabla 4.1.90. Diferencia de la eficiencia de la junta de soldadura a tope con bisel simple y doble con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón

% Muestra Patrón	% Bisel Simple	% Bisel Doble	Diferencia entre el 95% Promedio Muestras Patrón y Promedio Muestras Soldadas	
95,00	68,95	72,19	26,05	22,81

La pérdida de eficiencia de las muestra de junta soldada a tope con bisel simple corresponde al 26,05 % con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón, mientras tanto, las barras de la junta soldada a tope con bisel doble igualmente pierden una eficiencia en la soldadura con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón de un 22,81 %.



GRÁFICA 4.53. Comparación Esfuerzo-Muestra Patrón con Esfuerzo-Muestra Soldadas

BARRAS DE REFUERZO N° 8 (1'')

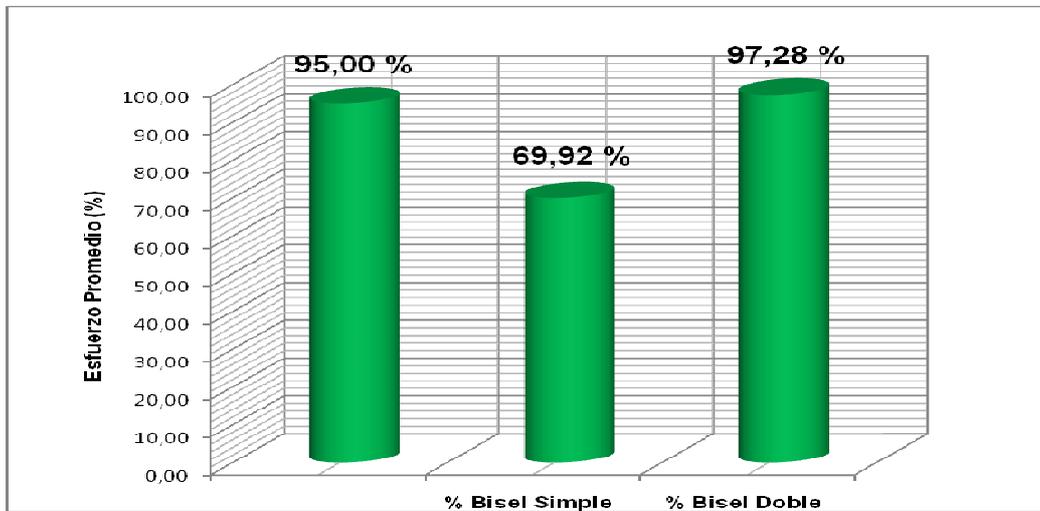
Tabla 4.1.91. El 95 % del esfuerzo promedio de la muestra patrón, esfuerzo promedio muestra de junta soldada a tope con bisel simple y doble.

95 % del Esfuerzo Promedio Muestras Patrón	Esfuerzo Promedio Muestras a Tope con Bisel Simple	Esfuerzo Promedio Muestras a Tope con Bisel Doble
5190,34	3629,19	5049,31

Tabla 4.1.92. Diferencia de la eficiencia de la junta de soldadura a tope con bisel simple y doble con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón

% Muestra Patrón	% Bisel Simple	% Bisel Doble	Diferencia entre el 95% Promedio Muestras Patrón y Promedio Muestras Soldadas	
95,00	69,92	97,28	25,08	-2,28

La pérdida de eficiencia de las muestra de la junta soldada a tope con bisel sencillo corresponde al 25,08 % con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón, mientras tanto, las barras de la junta soldada a tope con bisel doble superan el 95 % del promedio de la muestra patrón donde presenta una mejor eficiencia por encima del 2 % aproximadamente.



GRÁFICA 4.54. Comparación Esfuerzo-Muestra Patrón con Esfuerzo-Muestra Soldadas

BARRAS DE REFUERZO N° 3 (3/8")

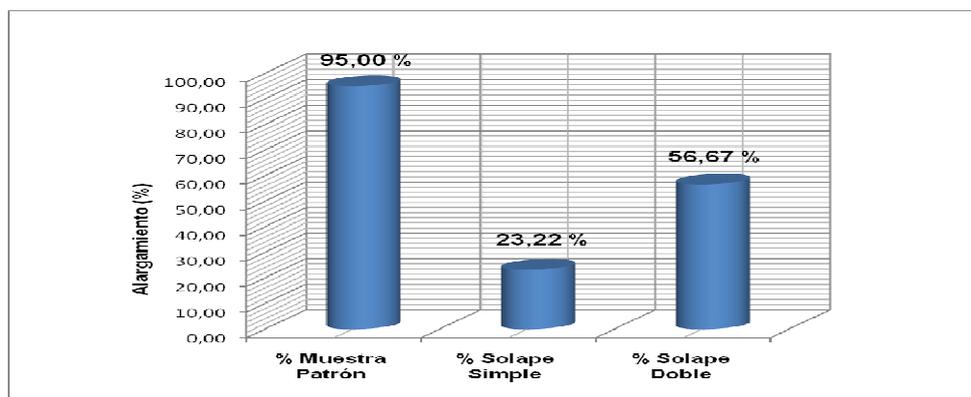
Tabla 4.1.93. El 95 % del promedio del alargamiento de la muestra patrón, alargamiento promedio muestra de junta soldada con solape simple y doble.

95 % alargamiento en 20 cm Muestra Patrón Promedio	Porcentaje de alargamiento en 20 cm Muestras Solape Simple	Porcentaje de alargamiento en 20 cm Muestras Solape Doble
15,79	3,67	8,95

Tabla 4.1.94. Diferencia de del alargamiento de la junta de soldadura con solape simple y doble con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón

% Muestra Patrón	% Solape Simple	% Solape Doble	Diferencia del 95 % del alargamiento Muestra Patrón Promedio y Promedio del Alargamiento Muestras Soldadas	
95,00	23,22	56,67	71,78	38,33

Con respecto al alargamiento de las barras de refuerzo de junta soldada con solape simple podemos observar que para cumplir el criterio mayor del 95 % de las muestras promedio patrón está por debajo del 71,38 %, igualmente las muestras de la junta soldada a solape doble presenta un valor por debajo del 95 % en el orden d 38,33 %.



GRÁFICA 4.55. Comparación Alargamiento-Muestra Patrón con Alargamiento-Muestra Soldadas

BARRAS DE REFUERZO N° 4 (1/2")

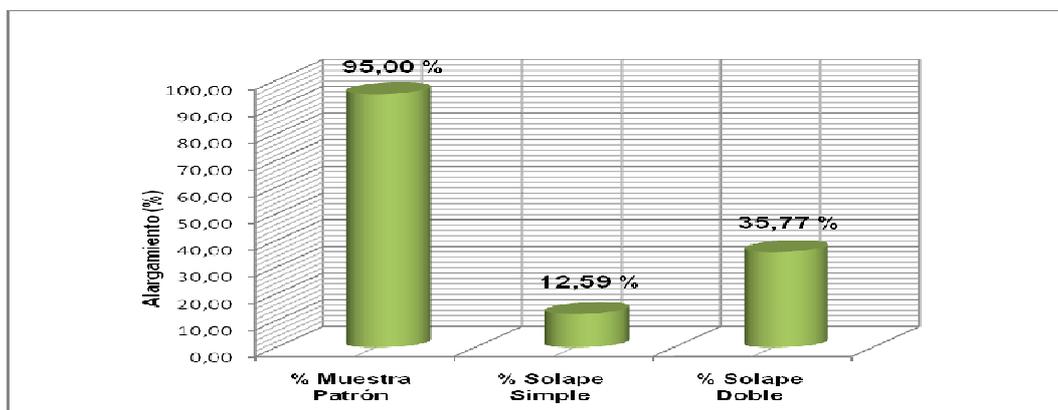
Tabla 4.1.95. El 95 % del promedio del alargamiento de la muestra patrón, alargamiento promedio muestra de junta soldada con solape simple y doble.

95 % alargamiento en 20 cm Muestra Patrón Promedio	Porcentaje de alargamiento en 20 cm Muestras Solape Simple	Porcentaje de alargamiento en 20 cm Muestras Solape Doble
15,79	1,99	5,65

Tabla 4.1.96. Diferencia de del alargamiento de la junta de soldadura con solape simple y doble con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón.

% Muestra Patrón	% Solape Simple	% Solape Doble	Diferencia del 95 % del alargamiento Muestra Patrón Promedio y Promedio del Alargamiento Muestras Soldadas	
95,00	12,59	35,77	82,41	59,23

Con respecto al alargamiento de las barras de refuerzo de junta soldada con solape simple podemos observar que para cumplir el criterio mayor del 95 % de las muestras promedio patrón está por debajo del 82,41 %, igualmente las muestras de junta soldada con solape doble presenta un valor por debajo del 95 % en el orden de 59,23%.



GRÁFICA 4.56. Comparación Alargamiento-Muestra Patrón con Alargamiento-Muestra Soldadas

BARRAS DE REFUERZO N° 5 (5/8")

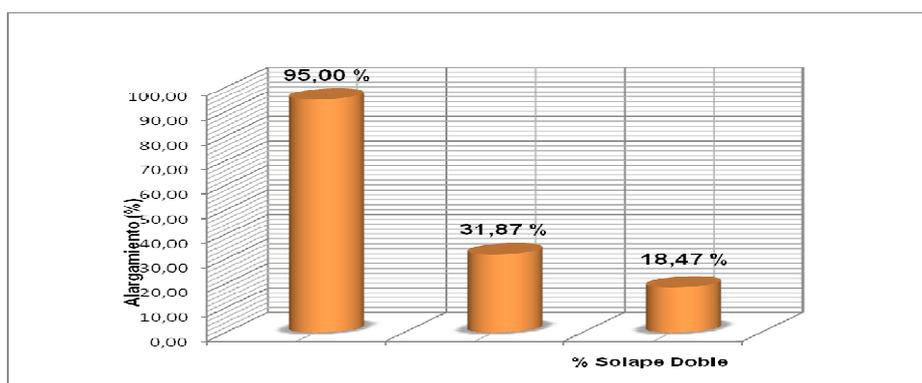
Tabla 4.1.97. El 95 % del promedio del alargamiento de la muestra patrón, alargamiento promedio muestra de junta soldada con solape simple y doble.

95 % alargamiento en 20 cm Muestra Patrón Promedio	Porcentaje de alargamiento en 20 cm Muestras Solape Simple	Porcentaje de alargamiento en 20 cm Muestras Solape Doble
15,79	5,03	2,92

Tabla 4.1.98. Diferencia de del alargamiento de la junta de la soldadura con solape simple y doble con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón.

% Muestra Patrón	% Solape Simple	% Solape Doble	Diferencia del 95 % del alargamiento Muestra Patrón Promedio y Promedio del Alargamiento Muestras Soldadas	
95,00	31,87	18,47	63,13	76,53

Con respecto al alargamiento de las barras de refuerzo de junta soldada con solape simple podemos observar que para cumplir el criterio mayor del 95 % de las muestras promedio patrón está por debajo del 63,61 %, igualmente las muestras de junta soldada con solape doble presenta un valor por debajo del 95 % en el orden de 76,53 %.



GRÁFICA 4.57. Comparación Alargamiento-Muestra Patrón con Alargamiento-Muestra Soldadas

BARRAS DE REFUERZO N° 6 (3/4")

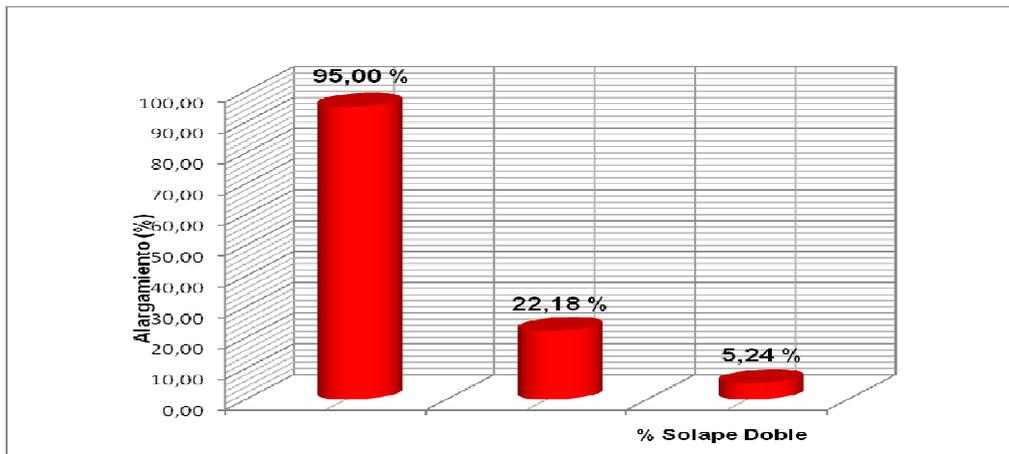
Tabla 4.1.99. El 95 % del promedio del alargamiento de la muestra patrón, alargamiento promedio muestra de junta soldada con solape simple y doble

95 % alargamiento en 20 cm Muestra Patrón Promedio	Porcentaje de alargamiento en 20 cm Muestras Solape Simple	Porcentaje de alargamiento en 20 cm Muestras Solape Doble
21,64	4,80	1,13

Tabla 4.1.100. Diferencia de del alargamiento de la junta de la soldadura solape simple y doble con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón

% Muestra Patrón	% Solape Simple	% Solape Doble	Diferencia del 95 % del alargamiento Muestra Patrón Promedio y Promedio del Alargamiento Muestras Soldadas	
95,00	22,18	5,24	72,82	89,76

Con respecto al alargamiento de las barras de refuerzo de la junta soldada con solape simple podemos observar que para cumplir el criterio mayor del 95 % de las muestras promedio patrón está por debajo del 77,82 %, igualmente las muestras de juntas soldadas con solape doble presenta un valor por debajo del 95 % en el orden de 89,76 %.



GRÁFICA 4.58. Comparación Alargamiento-Muestra Patrón con Alargamiento-Muestra Soldadas

BARRAS DE REFUERZO N° 7 (7/8")

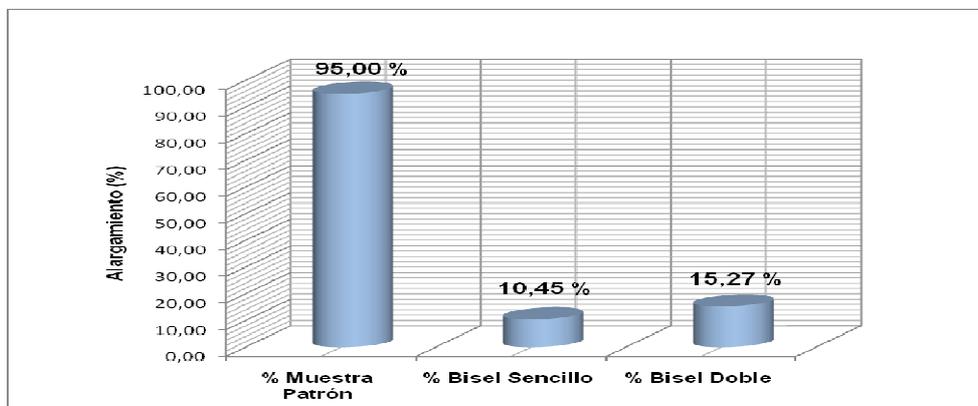
Tabla 4.1.101. El 95 % del promedio del alargamiento de la muestra patrón, alargamiento promedio muestra de junta soldada con tope con bisel simple y con bisel doble.

95 % alargamiento en 20 cm Muestra Patrón Promedio	Porcentaje de alargamiento en 20 cm Muestras Tope Bisel Simple	Porcentaje de alargamiento en 20 cm Muestras Tope Bisel Doble
20,73	2,17	3,17

Tabla 4.1.102. Diferencia de del alargamiento de la junta de la soldadura con tope con bisel simple y con bisel doble con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón.

% Muestra Patrón	% Bisel Sencillo	% Bisel Doble	Diferencia del 95 % del alargamiento Muestra Patrón Promedio y Promedio del Alargamiento Muestras Soldadas	
95,00	10,45	15,27	84,55	79,73

Con respecto al alargamiento de las barras de refuerzo de la junta soldada a tope con bisel simple podemos observar que para cumplir el criterio mayor del 95 % de las muestras promedio patrón está por debajo del 11,14%, igualmente las muestras de juntas soldadas a tope con bisel doble presenta un valor por debajo del 95 % en el orden de 10,32 %.



GRÁFICA 4.59. Comparación Alargamiento-Muestra Patrón con Alargamiento-Muestra Soldada

BARRAS DE REFUERZO N° 8 (1")

Tabla 4.1.103. El 95 % del promedio del alargamiento de la muestra patrón, alargamiento promedio muestra de junta soldada a tope con bisel simple y con bisel doble.

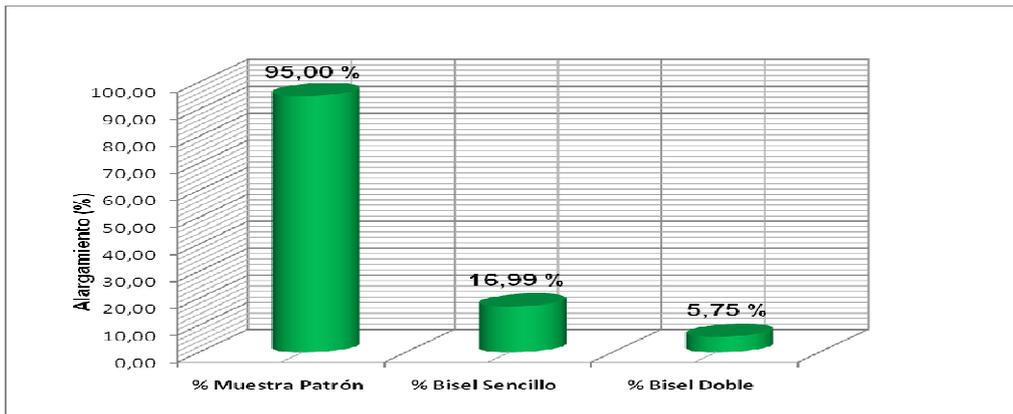
95 % alargamiento en 20 cm Muestra Patrón Promedio	Porcentaje de alargamiento en 20 cm Muestras Tope Bisel Simple	Porcentaje de alargamiento en 20 cm Muestras Tope Bisel Doble
19,71	3,35	1,13

Tabla 4.1.104. Diferencia de del alargamiento de la junta de la soldadura a tope con bisel sencillo y doble con respecto al 95 % del promedio de la muestra patrón.

% Muestra Patrón	% Bisel Sencillo	% Bisel Doble	Diferencia del 95 % del alargamiento Muestra Patrón Promedio y Promedio del Alargamiento Muestras Soldadas	
95,00	16,99	5,75	78,01	89,25

Con respecto al alargamiento de las barras de refuerzo de la junta soldada a tope con bisel sencillo y doble podemos observar que para cumplir el criterio

mayor del 95 % de las muestras promedio patrón está por debajo del 78,01 %, igualmente las muestras de juntas soldadas a tope con bisel sencillo y doble presenta un valor por debajo del 95 % en el orden de 89,25 %.



GRÁFICA 4.60. Comparación Alargamiento-Muestra Patrón con Alargamiento-Muestra Soldada

Las tablas a continuación revelan la zona por donde fallo las muestra soldadas ensayadas: En la tabla 4.1.105 observamos las barras de refuerzos 3/8" y 1/2" comportándose de la siguiente manera: el 83,33 por ciento de la muestras ensayadas de junta con solape simple fallaron por la soldadura, un 16,67 % fallo por la zona afectada por el calor de la soldadura y un 0 % por el metal base, por su parte las juntas de soldaduras con solape doble fallaron un 50 % por la zona afectada por el calor de la soldadura, un 33,33 fallo por el metal base y un 16,67 fallo por la soldadura esto en base a seis (6) ensayos soldadas a solape simple y seis (6) soldadas a solape doble.

Tabla 4.1.105. Zona por donde fallo de la muestra ensayada

Zona por donde Fallo la muestra	Cabilla 3/8"						Cabilla 1/2"					
	Solape Simple			Solape Doble			Solape Simple			Solape Doble		
	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Metal Base					1	1						
Por Soldadura	1		1	1			1	1	1			
Zona a afectada por Calor		1								1	1	1

En la tabla 4.1.106 observamos las barras de refuerzos 5/8" y 3/4" comportándose de la siguiente manera: el 83,33 por ciento de la muestras ensayadas a solape simple fallaron por la soldadura, un 16,67 % fallo por la zona afectada por el calor de la soldadura y un 0 % por el metal base, por su parte las soldaduras a solape doble fallaron un 100 % por la zona afectada por el calor de la soldadura, entre otra palabras existió un buen comportamiento entre la soldadura y el acero, esto valores es a base de seis (6) ensayos soldadas a solape simple y seis (6) soldadas a solape doble.

Tabla 4.1.106. Zona por donde fallo de la muestra ensayada

Zona por donde Fallo la muestra	Cabilla 5/8"						Cabilla 3/4"					
	Solape Simple			Solape Doble			Solape Simple			Solape Doble		
	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Metal Base												
Por Soldadura	1	1	1				1	1				
Zona a afectada por Calor				1	1	1			1	1	1	1

En la tabla 4.1.107 observamos las barras de refuerzos 7/8" y 1" comportándose de la siguiente manera: el 100 por ciento de las muestras ensayadas de junta a tope con bisel simple como junta a tope con bisel doble fallaron por la soldadura.

Tabla 4.1.107. Zona por donde falló de la muestra ensayada

Zona por donde Fallo la muestra	Cabilla 7/8"						Cabilla 1"					
	Bisel Simple			Bisel Doble			Bisel Simple			Bisel Doble		
	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Metal Base												
Por Soldadura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zona a afectada por Calor												

En la tabla 4.1.108 observamos de un total de 36 muestra ensayadas que el 5,56 % de las muestra fallo por el metal base, el 63,89 % de las muestra fallo por la soldadura y un 30,56 de la muestra fallaron por la zona afectada por el calor.

Tabla 4.1.108. Total en porcentaje de las zonas por donde fallaron las muestras

Zona por donde Falla la muestra	Porcentaje
Metal Base	5,56
Por Soldadura	63,89
Zona a afectada por Calor	30,56
Total	100,00

En la tabla 4.1.109 se expresa en porcentaje el tipo de falla por zona de soldadura siendo a continuación los siguientes resultados: Falla por el metal base es de cero (0) porciento en soldaduras a solape simple, Tope con bisel sencillo, Tope con bisel doble, un 16,67 porciento a solape doble. Para el caso de falla por la soldadura un 83,33 porciento fallo en soldaduras a solape simple, un 100 % a tope con bisel simple y un 100% bisel doble y un cero por ciento a solape doble. Por último la falla en la zona afectada por calor se produce en un 16,67 % en soldadura a solape simple, un 83,33 % en soldaduras en solape doble, no produciéndose en soldadura a tope con bisel sencillo y tope con bisel doble.

Tabla 4.1.109. Total del porcentaje del tipo de soldadura que fallo en las muestras ensayadas

Zona por donde Falla la muestra	Tipo de Soldadura			
	Solape Simple	Solape Doble	Bisel Simple	Bisel Doble
Metal Base	0,00	16,67	0,00	0,00
Por Soldadura	83,33	0,00	100,00	100,00
Zona a afectada por Calor	16,67	83,33	0,00	0,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La muestra estudiada fue la barra de refuerzo no soldable S-60, la cual la norma COVENIN 316 "***Barras y rollos de acero con resaltes para uso como refuerzo estructural***" establece cuales son los parámetros para determinar este tipo de barra de refuerzo las cuales son las siguientes:

El valor del límite elástico real (f_y^*) no deberá exceder el límite elástico nominal (f_y) en más de un 25 %, es decir, $f_y^* \leq 1,25 f_y$,

El valor de la resistencia a la tracción real f_{su}^* determinado en ensayo deberá exceder por lo menos el 25 % el límite elástico real determinado en el ensayo (f_y^*) , es decir, $f_{su}^* \geq 1,25 f_y^*$,

El valor de la resistencia a la tracción f_{su} deberá ser mayor a 6300 kg/cm²,

El porcentaje de alargamiento deberá ser mayor o igual al 12 %, por lo cual en los cálculos realizados se verificó que las muestras ensayadas corresponde con las barras de refuerzo S-60 facilitadas por la empresa SIDETUR S.A. cumpliendo con lo establecido por la norma anteriormente mencionada.

Inicialmente al comenzar el trabajo especial de grado "***Evaluación del comportamiento mecánico de barras de acero con alto contenido de carbono soldadas a tope y a solape***" para optar al título de ingeniero civil se establece por norma que existe dos grupos de aceros según su soldabilidad: las soldables a temperatura ambiente, identificados con la letra W y las no soldables a temperatura ambiente identificados con la letra S, el cual son las barras de

estudios de nuestro trabajo de grado. Ahora bien ya partíamos del hecho que las barras de refuerzo S-60 eran del grupo de acero no soldables pero no se tenían datos experimentales que expresaran dicha afirmación, a través de esta investigación se comprobó que las barras de refuerzo no soldables S-60 no cubre la eficiencia requeridas en los criterios de control de calidad que se establecen a continuación:

Las barras soldadas, al ser ensayadas, no presentará grietas en la junta soldada y su resistencia a tracción debe ser no menor al 95 % de la resistencia promedio de las dos barras patrón ensayadas, para el caso de barras de refuerzo de 3/8" solo dos ensayos soldadas a solape doble de 36 ensayos realizados pasaron el control de calidad equivaliendo al 5,55 % de la muestras. Con respecto de las barras de refuerzo 1/2", 5/8" , 3/4" , 7/8" y 1" el 95 % no cumplieron con este criterio tanto en las barras de junta soldada a solape simple, solape doble, tope con bisel sencillo y tope con bisel doble.

El alargamiento de la probeta soldada, medido después de la rotura, no sea inferior al 95 % del valor promedio de las barras patrón, donde el 100 % de las barras ensayadas de los diámetros (3/8", 1/2", 5/8", 3/4", 7/8", 1") no cumplieron con el criterio establecido, podemos establecer que estos criterios no se cumplieron por dos razones, por la composición química que tiene el material al ser una barra de acero de alto contenido de carbono el aumento de temperatura en la zona de la soldadura y su posterior enfriamiento "templa" el acero en las zonas próximas a la soldadura produciendo fragilidad y falla por el típico caso de rotura en la zona próxima a la soldadura, situación que se dio en un 30,56 % o como se evidencio en las barras de refuerzo que fallaron por la soldadura las cuales representan el 63,89 % presentaban una soldadura pobre motivado por una mala técnica del personal que realizo la soldadura.

Aunque, se demostró experimentalmente que las muestras soldadas no cumplieron con el control de calidad anteriormente mencionado podemos referenciar que tipo de soldadura presenta una eficiencia cercana al 95 % establecido para esfuerzo obtenidos: En relación a la junta de soldadura con solape simple la eficiencia estuvo en el orden del 72 % para barras de refuerzo N° 6, 80 % para barras de refuerzo N° 3, 86 % para barras de refuerzo N° 5, 88 % para barra de refuerzo N° 4 siendo esta ultima la barra más cercana del esfuerzo máximo promedio con respecto al 95 % del esfuerzo máximo promedio de la muestra patrón. Para juntas de soldaduras con solape doble la eficiencia estuvo en el orden del 81 % para barras de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ", 84 % para barras de refuerzo $\frac{5}{8}$ " y 103% para barra de refuerzo de $\frac{3}{8}$ " superando así el esfuerzo promedio máximo de las barras soldadas con respecto al 95 % del esfuerzo máximo promedio de la muestra patrón. Esto ocurrió debido a que dos de las muestras ensayadas si cumplieron con el criterio del esfuerzo máximo mayor al 95 % del promedio de la muestra patrón. Igualmente estos resultados están establecidos en función del esfuerzo máximo promedio de las barras soldadas con respecto al 95 % del esfuerzo máximo promedio de la muestra patrón.

En relación a las juntas de soldaduras a tope con bisel sencillo la eficiencia estuvo por el orden del 70 % tanto para barras de refuerzo $\frac{7}{8}$ " como 1" estando muy por debajo de la eficiencia de las soldaduras a solape simple y doble. Para juntas de soldaduras a tope con bisel doble la eficiencia estuvo en el orden del 70 % para barras de refuerzo de $\frac{7}{8}$ " y 97 % para barra de refuerzo de 1"; debido a que la muestra M5 si cumple el criterio donde el esfuerzo máximo debe ser mayor al 95 % del promedio de las muestras patrón pero a su vez no son favorables para ser soldadas debido a que dos de las tres muestras de la barra de refuerzo 1" no cumplieron el criterio anterior. En función de los datos establecidos podemos decir que las barras de juntas soldadas con solape presentan una eficiencia más cercana, al 95 % del promedio de los esfuerzo máximos de muestras patrón, y

además dentro de las juntas de soldaduras con solape son las soldaduras doble la de mejor eficiencia por estar todas por encima del 80% y un 83 % de ellas fallaron por la zona afectada por el calor.

De las 36 muestras ensayadas soldadas, 10 muestras tuvieron comportamiento elástico-lineal, o sea, un 27,7 % discriminado de la siguiente forma: La muestra M6 de la barra de refuerzo N° 5 soldada a solape sencillo expresando un esfuerzo máximo de 4100 kg/cm² Las muestras M4 y M5 de las barra de refuerzo N° 6 soldadas a solape doble expresando un esfuerzo máximo la muestra M4 de 3600 kg/cm² y la muestra M5 un esfuerzo máximo de 5300 kg/cm². Las muestras M1 soldada con bisel sencillo y M6 soldada con bisel doble de barras de refuerzo N° 7, alcanzando esfuerzos máximo para la primera 4600 kg/cm² y la siguiente muestra 4400 kg/cm². Finalmente las muestras M3 con esfuerzo máximo de 3800 kg/cm², M4 con esfuerzo máximo de 3200 kg/cm², M5 con esfuerzo máximo de 3600 kg/cm² soldadas con bisel sencillo y las muestras M6 con esfuerzo máximo de 4400 kg/cm² y M7 con esfuerzo máximo de 4400 kg/cm² soldadas con bisel doble de la barra de refuerzo N° 8, coincidiendo el limite elástico real (f_y^*) y la resistencia de agotamiento a la tracción (f_{su}^*) para cada una de estas muestra.

5.2 RECOMENDACIONES

A través de los cálculos obtenidos de las 36 muestras ensayadas, se recomienda no utilizar barras de refuerzo no soldables (S-60) en construcciones, en juntas soldadas con solape simple como doble, además a tope con bisel sencillo como a tope con bisel doble.

Divulgación de los entes encargados a través de la norma COVENIN 316 **“Barras y rollos de acero con resaltes para uso como refuerzo estructural”** o en folletos la información necesaria del por que no es recomendable utilizar barras de refuerzo (S-60) en construcciones.

Se recomienda profundizar en ensayos a muestras en barras soldadas a tope con bisel sencillo y doble variando el ángulo de bisel, para diámetros de (7/8”, 1” y 1 3/8”) para conocer la eficiencia de la soldadura.

Además soldar barras de refuerzo a tope con bisel sencillo como doble menores a 3/4” y solape simple como doble mayores a 7/8” igualmente para conocer la eficiencia de la soldadura.

Se recomienda que para ensayos futuros estar presente durante la preparación de la muestra como el proceso de soldar, para así conocer la realización de la junta soldada con solape y a tope.

Se recomienda verificar la capacidad de disipación de energía de las barras soldables (W) así como las barras No soldables (S) que han sido soldadas, a fin de recomendar su uso en zonas sísmicas.

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFIA

Norma COVENIN 299-89 *“Materiales Metálicos. Ensayo de Tracción”*.

Norma COVENIN 316-2000 *“Barras y Rollos de Acero con Resaltes para uso como Refuerzo Estructural”*.

Norma COVENIN 1753:1987 *“Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones. Análisis y Diseño”*.

Norma AWS D1.4 *“Structural Welding Code. Reinforcing Steel” de la American Welding Society.*

Porrero, Joaquín S y Velazco, Gilberto J. *Manual de Concreto Estructural* (Sidetur Ediciones), Caracas, 2004 503 pp

Balestrini, A. *Cómo se Elabora un Proyecto de Investigación.* B. L. Consultores, Servias Editorial. Caracas, Venezuela.

Busot, A. *Investigación Educativa.* Editorial de la Universidad del Zulia. Maracaibo. 1991.

Hernández, R; Fernández, C., y Baptista, P. *Metodología de la investigación.* Mc Graw Hill 3ª edición. México. 2003.

Hurtado de B. J. *Metodología de la Investigación Holística*. 3era. Edición. Instituto Universitario de Tecnología Caripito. Fundación Sypal. Caracas. Venezuela. 2000.

Martínez, O. *Estadísticas Descriptivas. Csmgs*. UPEL. El Mácaro, Aragua. Venezuela. 2004

Rodríguez, M. *Estrategia Exitosa Para Tutorar Investigaciones*. Caracas, Venezuela. 2001.

Tamayo y Tamayo. *El Proceso de la Investigación Científica*. Limusa 4^{ta} edición. México, S.A. 2003

Universidad Pedagógica Experimental Libertador. *Vicerrectorado de Investigación y Postgrado Manual de Trabajos de Grado. Especialización, Maestría y Tesis Doctorales*. Caracas, Venezuela. 2003.

ANEXOS



ANEXO 1. Barra Patrón, marcación de los 20 cm. a ambos lados del centro de la barra.



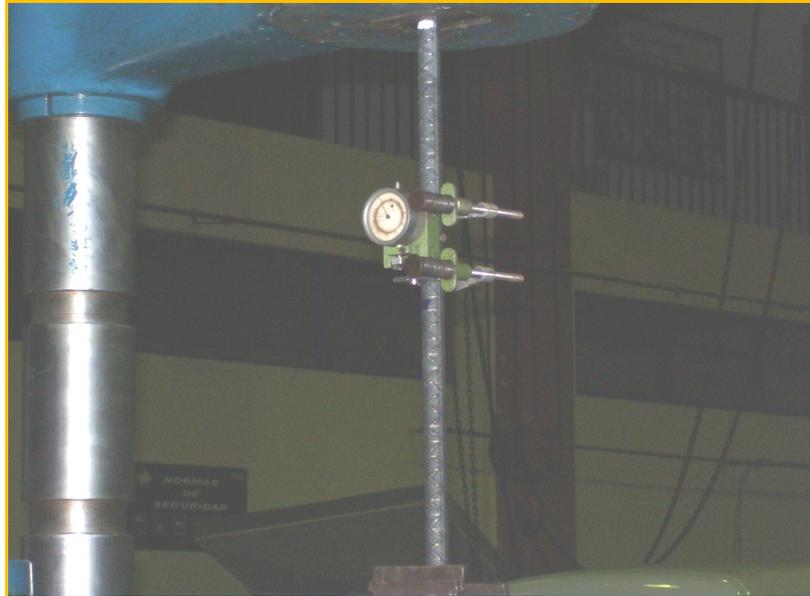
ANEXO 2. Área del ensayo delimitada en barras patron.



ANEXO 3. Colocación de barra patrón para Ensayo de tracción en máquina universal.



ANEXO 4. Barra patrón colocada en maquina de ensayo.



ANEXO 5. Colocación de extensómetro en barra patrón para realizar el ensayo.



ANEXO 6. Lectura de extensómetro durante realización del ensayo.



ANEXO 7. Medición de solape en barras soldadas para verificar la longitud.



ANEXO 8. Marcación de 20cm en barras soldadas a solape para verificar alargamiento luego del ensayo.



ANEXO 9. Muestras marcadas 20cm del centro de la soldadura hacia los extremos.



ANEXO 10. Muestra soldada colocada en máquina para ensayar.



ANEXO 11. Muestra soldada a solape que falló por soldadura.



ANEXO 12. Muestra que falló por el metal observando desprendimiento de la otra barra en esta.



ANEXO 13. Muestra soldada a tope que falló por soldadura.



ANEXO 14. Muestra soldada con extensómetro colocado en esta durante el ensayo.



ANEXO 15. Muestra soldada a solape simple que falló por soldadura.



ANEXO 16. Medición de muestra para verificar alargamiento.



ANEXO 17. Muestra soldada a solape doble que falló en zona afectada por calor.



ANEXO 18. Grupo de muestras ensayadas identificadas.