

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“ENSAYOS DE CONEXIÓN PARA DETERMINAR LA
RESISTENCIA POR BLOQUE DE CORTE, DE ACUERDO A
LAS NTE E-090 Y AISC”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACH. EDWART ROGER CHURA AGUILAR

BACH. TITO ARIOSTO MAMANI BONIFACIO

TACNA – PERU

2018

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS DE INVESTIGACIÓN
“ENSAYOS DE CONEXIÓN PARA DETERMINAR LA
RESISTENCIA POR BLOQUE DE CORTE, DE ACUERDO A
LAS NTE E-090 Y AISC”

Tesis sustentada y aprobada el 27 de abril del 2018; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:



Ing. Cesar Julio Cruz Espinoza

SECRETARIO:



Mtro. Edgar Hipólito Chaparro Quispe

VOCAL:



Ing. Cesar Jose Avendaño Jihuallanga

ASESOR:



Mtro. Ing. Dina Marlene Cotrado Flores

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo **Edwart Chura Aguilar**, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI **45463503**.

Yo **Tito Mamani Bonifacio** en calidad de: Grado Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI **41433044**.

Declaramos bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada:

“ENSAYOS DE CONEXIÓN PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA POR BLOQUE DE CORTE, DE ACUERDO A LAS NTE E-090 Y AISC”, el mismo que se presenta para optar: **EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**.

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.

4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra presentada. En consecuencia, no hacemos responsables frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del

trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 27 de abril del 2018.



.....
BACH. CHURA AGUILAR, EDWART ROGER

DNI 45463503



.....
BACH. MAMANI BONIFACIO, TITO ARIOSTO

DNI 41433044

DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis a nuestros padres y hermanos, por ser el pilar fundamental en todo lo que somos, en nuestra educación, tanto académica, como de la vida, por su apoyo incondicional perfectamente mantenido a través del tiempo; y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

CHURA AGUILAR, EDWART ROGER

MAMANI BONIFACIO, TITO ARIOSTO

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial al ingeniero José Acero Martínez, por la orientación, el seguimiento y el apoyo recibido a lo largo de nuestra tesis.

Especial reconocimiento merece el interés mostrado por nuestro trabajo y las sugerencias recibidas por nuestros padres y hermanos, con las que no encontramos en deuda por el ánimo infundido y la confianza que nos depositaron.

Gracias a todas las personas de la Universidad Privada de Tacna, por su atención y amabilidad en todo lo referente a nuestra vida como alumnos de Ingeniería Civil.

Un Agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de nuestros amigos más cercanos los cuales nos apoyaron a lo largo de este trabajo.

A todos ellos, muchas gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---------------------------------------------|------|
| PÁGINA DE JURADO | ii |
| PÁGINA DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD | iii |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTOS | vi |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | vii |
| ÍNDICE GENERAL | vii |
| ÍNDICE TABLAS | viii |
| ÍNDICE FIGURAS | viii |
| ÍNDICE DE ANEXOS | viii |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| RESUMEN | 1 |
| ABSTRACT | 2 |
| INTRODUCCIÓN | 3 |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 5 |
| 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA | 6 |
| 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 7 |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA | 7 |
| 1.4 OBJETIVOS | 8 |
| 1.4.1 Objetivo general | 8 |
| 1.4.2 Objetivo específicos | 8 |
| 1.5 HIPÓTESIS | 8 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | 10 |
| 2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO | 11 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS | 13 |
| 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS | 23 |
| CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO | 25 |
| 3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | 26 |
| 3.2 POBLACION Y/O MUESTRA DE ESTUDIO | 26 |
| 3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 29 |
| 3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS | 32 |
| 3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS | 32 |

| | |
|-----------------------------------------|-----------|
| CAPÍTULO IV: RESULTADOS | 42 |
| 5.1 RESULTADOS TEÓRICOS..... | 43 |
| 5.2 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS..... | 56 |
| | |
| CAPÍTULO V: DISCUSIÓN | 61 |
| CONCLUSIONES | 66 |
| RECOMENDACIONES | 68 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 69 |
| ANEXOS | 70 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Tabla 1:</i> Dimensiones y pesos nominales, sistema inglés. | 27 |
| <i>Tabla 2:</i> Dimensiones y pesos nominales, sistema métrico. | 28 |
| <i>Tabla 3:</i> Matriz de Operacionalización de Variables. | 31 |
| <i>Tabla 4:</i> Denominación de los perfiles de acero. | 38 |
| <i>Tabla 5:</i> Resistencia de tornillos sometidos a esfuerzos de Tracción y Corte | 55 |
| <i>Tabla 6:</i> Resultados de los ensayos. | 59 |
| <i>Tabla 7:</i> Comparación de resultados teóricos y de laboratorio. | 60 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Figura 1.</i> Tipos de perfiles de Acero. | 16 |
| <i>Figura 2.</i> Fallas posibles en bloque cortante. | 22 |
| <i>Figura 3.</i> Grafico fallas en tensión y corte..... | 23 |
| <i>Figura 4.</i> Ángulos estructurales Acero Arequipa. | 27 |
| <i>Figura 5.</i> Perfil tipo L (Espinosa, 2005). | 30 |
| <i>Figura 6.</i> Vista en 3D de la máquina de ensayos. | 33 |
| <i>Figura 7.</i> Vista en 3D de la gata hidráulica de 50 tn, marca truper. | 34 |
| <i>Figura 8.</i> Vista de manómetro. | 36 |
| <i>Figura 9.</i> Esquema de Probetas a ser ensayadas. | 40 |
| <i>Figura 10.</i> Esquema de Probetas a ser ensayadas. | 41 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|------------------------------------------------------|----|
| Anexo 01. Matriz de Consistencia..... | 70 |
| Anexo 02. Máquina de Ensayos de Tracción..... | 72 |

RESUMEN

Problema: La ciudad de Tacna se encuentra ubicada en una zona de gran sismicidad y la informalidad en el proceso constructivo de las edificaciones existentes incrementa la vulnerabilidad estructural. Así por ejemplo en lo que se refiere a las construcciones metálicas, los perfiles de acero que ofrece el mercado de la localidad de Tacna y que son usados como elementos estructurales, no son estudiados ni evaluados, es decir que no se realizan ensayos de control de calidad, por lo que se desconoce si estos cumplen o no con las especificaciones del fabricante y con nuestros códigos de diseño.

En ese sentido, se propone este tema de tesis, para en el cual analizaremos al perfil de acero como elemento estructural que se comercializan en la ciudad de Tacna y comprobar si cumple o no con las especificaciones técnicas señaladas por el fabricante.

Objetivo: La presente tesis de investigación denominada “**Ensayos de conexión para determinar la resistencia por bloque de corte, de acuerdo a las NTE E.090 y AISC**”, estuvo orientada a verificar que los perfiles de Acero A-36 que se comercializan en la ciudad de Tacna (Aceros Arequipa) cumplen con las características y especificaciones técnicas que ofrece el fabricante.

Metodología: Consistió en el acondicionamiento de una máquina de ensayos a Tracción en el laboratorio de mecánica de suelos, concretos y Pavimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna. Posteriormente se realizaron ensayos en 30 perfiles de acero tipo ángulo de diferentes dimensiones y espesores; y se verificó el tipo de falla que se presentó en el bloque de corte. Finalmente se hizo un análisis comparativo de los resultados de teóricos versus los del laboratorio.

Conclusiones: De la comparación de resultados teóricos y de laboratorio se ha podido determinar que en todos los casos los ensayos de laboratorio sobrepasan los cálculos teóricos. Asimismo, las fallas presentadas en los perfiles de acero eran como se esperaba en el diseño, es decir se produce una fractura en la sección neta efectiva de los elementos conectados.

Palabras Claves: Acero Estructural, Bloque de corte, ensayo de tracción.

ABSTRACT

Problem: The city of Tacna is located in an area of great seismicity and the informality in the constructive process of the existing buildings increases the structural vulnerability. For example, in the case of metal constructions, the steel profiles offered by the local market in Tacna, which are used as structural elements, are not studied or evaluated, that is to say that no control tests are carried out. quality, so it is unknown if these comply or not with the manufacturer's specifications and with our design codes.

In this sense, this thesis topic is proposed, for which we will analyze the steel profile as a structural element that is marketed in the city of Tacna and check whether or not it meets the technical specifications indicated by the manufacturer.

Objective: The present research thesis called "Connection tests to determine the resistance per block of cut, according to NTE E.090 and AISC", was oriented to verify that the profiles of Steel A-36 that are commercialized in the City of Tacna (Aceros Arequipa) comply with the characteristics and technical specifications offered by the manufacturer.

Methodology: Consisted in the conditioning of a Traction testing machine in the soil, concrete and pavement mechanics laboratory of the Professional School of Civil Engineering of the Private University of Tacna. Subsequently, tests were carried out on 30 profiles of angle-type steel of different dimensions and thicknesses; and the type of failure that occurred in the cutting block was verified. Finally, a comparative analysis was made of the results of theoreticians versus those of the laboratory.

Conclusions: From the comparison of theoretical and laboratory results it has been possible to determine that in all cases the laboratory tests exceed the theoretical calculations. Likewise, the faults presented in the steel profiles were as expected in the design, that is to say, a fracture occurs in the effective net section of the connected elements.

Key Words: Structural Steel, Cutting block, tensile test.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Tacna se encuentra ubicada en una zona de gran sismicidad. El último sismo de gran magnitud ocurrió en el año 1868, es por ello que los especialistas advierten que este silencio sísmico en el sur del Perú podría provocar un terremoto de más de 8.5 grados de magnitud, el cual es de conocimiento de todos los pobladores de nuestra localidad.

Las experiencias de sismos pasados y el comportamiento estructural de nuestras edificaciones siempre conllevan a una mejora tanto en los materiales utilizados en la construcción, así como en los códigos de diseño. Sin embargo, no hay una mejora en el proceso constructivo de las edificaciones de la ciudad de Tacna, es decir se sigue repitiendo los mismos errores del pasado como son mala calidad de los materiales, inadecuado proceso constructivo, falta de control de calidad, entre otros, más aún en materiales no muy tradicionales como son las estructuras metálicas.

Esta informalidad en las construcciones de Tacna, lo único que generan es un incremento de la vulnerabilidad estructural pudiendo provocar grandes pérdidas de vidas humanas y materiales. Es por ello que en este trabajo de investigación se realizaron ensayos en 30 perfiles de acero tipo ángulo de diferentes dimensiones y espesores; y se verificó el tipo de falla que se presentó en el bloque de corte, para ello fue necesario acondicionar una máquina de ensayos a Tracción creada por el Mag. José Acero (Docente de la escuela de ingeniería civil de la Universidad privada de Tacna) en colaboración con los estudiantes del curso de Diseño en Acero y Madera. Finalmente se hizo un análisis comparativo de los resultados de teóricos versus los del laboratorio.

Esta tesis se encuentra estructurada en 05 capítulos.

El capítulo I denominado planteamiento del problema, está referido a la descripción del problema, formulación del problema, la justificación y los objetivos. Asimismo, se da a conocer las hipótesis.

En el capítulo II, se desarrolla el marco teórico, antecedentes, bases teóricas y definiciones.

En el capítulo III, se menciona al marco metodológico, tipo y diseño de investigación, población y/o muestra de estudio, operacionalización de variables, técnicas e instrumentos para la recolección de datos, y terminamos con el procesamiento y análisis de datos.

El capítulo IV, está referido a los resultados de la investigación a partir de descripción del trabajo de laboratorio y gabinete.

El capítulo V, está referido a conocer la discusión del trabajo.

El trabajo de investigación termina con la presentación de las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Los Autores

Capítulo 1:

PLANTEAMIENTO DE

PROBLEMA

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A pesar de los grandes avances en la ingeniería estructural, numerosas construcciones de la ciudad de Tacna son altamente vulnerables debido a la informalidad tanto en el proceso constructivo como en el diseño esto estructural. La falta de responsabilidad por parte de los pobladores aunado a la falta de control e inspección por parte de nuestras autoridades locales genera un incremento en la vulnerabilidad de nuestras construcciones.

Por otro lado, existen diversos materiales que se emplean en las construcciones de la ciudad de Tacna, así por ejemplo la mayoría de las viviendas se utiliza como material predominante a la albañilería y el concreto, mientras que en las coberturas livianas predomina el uso de las estructuras metálicas.

Los perfiles de acero de la empresa Acero Arequipa que ofrece el mercado de la localidad de Tacna, es utilizado como elementos estructurales, sin embargo, estos deben resistir los esfuerzos correspondientes a sus características técnicas. Una manera de verificar estas características técnicas es a través de los ensayos de tracción, sólo de esta manera se puede verificar de manera efectiva la calidad del acero, y se podrá diseñar con total seguridad, ya que la calidad del acero estará comprobada.

Otro aspecto que debemos mencionar, es que en la actualidad no existe un equipo para la realización de ensayos de bloque de corte en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna (UPT). Es por ello, que con la asesoría del Mag. José acero y con un grupo de estudiantes del curso de Diseño en Acero y Madera, ha sido necesario fabricar una máquina de ensayos a tracción para diferentes perfiles de acero. Como parte de nuestra actividad se ha acondicionado dicho equipo e instalado en el laboratorio de Mecánica de suelos, concretos y pavimentos de la UPT.

En ese sentido, se propone este tema de tesis, para en el cual analizaremos al perfil de acero como elemento estructural que se comercializan en la ciudad de Tacna y comprobar las especificaciones técnicas señaladas en el catálogo de acero Arequipa.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En base a lo descrito en el ítem 1.1, se plantea el siguiente problema principal:

¿Cuál es la resistencia a la rotura mediante ensayos experimentales de bloque de corte de los perfiles de acero tipo L que comercializa la empresa Aceros Arequipa en la ciudad de Tacna?

Para dar respuesta a la interrogante principal, se plantea las siguientes interrogantes secundarias:

- ¿Se puede acondicionar una máquina de ensayos a tracción en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos de la Universidad Privada de Tacna para el estudio del acero estructural?
- ¿De los ensayos de laboratorio, se puede verificar que los perfiles de acero estructural A36 tipo L que comercializa la empresa Aceros Arequipa cumple con sus especificaciones técnicas mínimas?

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Las estructuras metálicas a diferencia de las estructuras de mampostería o concreto se caracterizan por estar unidas mecánicamente a través de conexiones soldadas o empernadas. Estas conexiones deben ser seguras, ya que a través de ellas se distribuyen las cargas a los elementos estructurales y a la cimentación.

En ese sentido, los resultados obtenidos de la presente tesis nos servirán para verificar las características técnicas de los perfiles de acero A-36 que ofrece Aceros Arequipa, por lo tanto, la presente tesis se justifica por su:

Conveniencia: La presente investigación es conveniente tanto a la comunidad académica, para incentivar a que se realicen futuros estudios empleando la tracción

para ensayar no solo con perfiles de acero sino con varillas de acero comerciales, mejorando así globalmente el conocimiento de la funcionalidad de la elasticidad de los materiales de construcción.

Relevancia social: El presente tema de tesis es de relevancia social ya que con estudios como este se promueve la elaboración y empleo de estructuras metálicas como perfiles de acero, y verificar lo que refleja en las especificaciones técnicas.

Valor teórico: El valor Teórico de la investigación da un aporte en el ámbito del Planeamiento Urbano, ya que al contar con ensayos se pueden ofrecer mejoras en la selección de elementos estructurales de acero, para poder satisfacer las necesidades existentes y futuras.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la resistencia a la rotura mediante ensayos experimentales de los perfiles de acero tipo L que comercializa la empresa Aceros Arequipa en la ciudad de Tacna.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Acondicionar una máquina de ensayos a tracción en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos de la Universidad Privada de Tacna para el estudio del acero estructural.
- Realizar ensayos de laboratorio y verificar que los perfiles de acero estructural A36 tipo L que comercializa la empresa Aceros Arequipa cumple con sus especificaciones técnicas mínimas.

1.5 HIPÓTESIS

1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL

Como hipótesis general se ha definido lo siguiente:

La resistencia a la rotura mediante ensayos experimentales de bloque de corte de los perfiles de acero tipo L que comercializa la empresa Aceros Arequipa en la ciudad de Tacna, son mayores a su resistencia de diseño, debido a los factores de seguridad establecidos en nuestras normas vigentes.

1.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Como hipótesis específicas, se han considerado las siguientes:

- **HIPÓTESIS ESPECÍFICA 01**

Es factible acondicionar una máquina de ensayos a tracción en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos de la Universidad Privada de Tacna para el estudio del acero estructural.

- **HIPÓTESIS ESPECÍFICA 02**

Mediante ensayos de laboratorio, si se puede verificar que los perfiles de acero estructural A36 tipo L que comercializa la empresa Aceros Arequipa cumple con sus especificaciones técnicas mínimas.

Capítulo 2:

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

La finalidad de este proyecto es verificar el cumplimiento de algunas fichas técnicas de perfiles de acero que se comercializan en la ciudad Tacna, Sin embargo una principal limitación es que existe muy poca información técnica y no se cuenta con una maquina sofisticada para ensayar dichos elementos estructurales de acero.

Es por ello, que a solicitud de la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, en el año 2017 se ha utilizado una máquina de tracción fabricada por el Mag. José Acero en conjunto con sus alumnos del curso de Diseño en Acero y Madera, la cual ha sido adaptada y acondicionada en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos de la UPT. Esa máquina nos proporciona la resistencia ejercida no solo de perfiles si no de varillas de acero.

En ese sentido, este trabajo de investigación es el primer trabajo en esta área que se realiza en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la UPT, sin embargo, hemos revisado algunos trabajos similares en otras instituciones, los cuales son mencionados a continuación:

Comportamiento de conexiones empernadas sometidas a cargas cíclicas y periódicas. Ing. Edgar Quiroz, 2011.

Con la finalidad de conocer el comportamiento del elemento de arriostamiento, se ha realizado un ensayo destructivo en un modelo a escala real el cual ha sido sometido a carga axial cíclica hasta llegar a su falla. Con la finalidad de determinar la resistencia de la unión de corte, se realizaron tres ensayos: el primer ensayo consistió en considerar que las vigas se encontraban en cantiliver en ambas direcciones; en el segundo y tercer ensayo se ha considerado que existía un apoyo en un extremo e incrementando la carga sobre la viga muy cerca de la conexión.

Algunas conclusiones son:

- La falla frente a una carga cíclica aplicada en dirección a su eje longitudinal se produjo por pandeo lateral en el eje vertical de la cartela de conexión al punto de aplicación de la carga.
- Los valores de resistencia de la plancha de conexión, pernos de la conexión y soldadura de la plancha (cartela) duplican y triplican la resistencia nominal obtenida del ensayo de laboratorio.

Confrontación de la teoría estructural de falla de conexiones metálicas atornilladas y soldadas contra los resultados obtenidos en ensayos de laboratorio. Ing. Sandra García, 2003.

Se realizaron ensayos en probetas atornilladas y soldadas. Para las probetas atornilladas se utilizó pletinas de acero A-36 y tornillos A325 y A490. Su diseño fue tal que en unas probetas su ancho neto crítico se encontraba a lo largo de una sección en zigzag y en las otras en línea recta. Ambos tipos de probetas presentaron fallas con resistencias últimas muy cercanas a las dadas teóricamente, con coeficientes de resistencia muy próximos a 1.

Algunas conclusiones son:

- Las fallas presentadas por las probetas atornilladas casi en su totalidad se desarrollaron como se esperaba en el diseño. En el caso de las probetas 1, 2 y 3, y las 13, 14 y 15 donde su falla de diseño era la fractura en la sección neta efectiva de los elementos conectados, con un ancho crítico perpendicular al eje longitudinal de las probetas, fue totalmente satisfactoria, con coeficientes de resistencia muy cercanos a 1. Situación similar se presentó en las probetas 7, 8 y 9, donde la falla de diseño también era por fractura en la sección, pero con la diferencia de un ancho crítico en zigzag.
- En todas las probetas la resistencia de los tornillos se comportó conforme a la teoría suministrada por los fabricantes, en ninguna de las probetas se observó cizalladura en los tornillos, a pesar de que en las probetas No. 7, 8 y 9, la carga última resistida promedio (502.33 kN) había superado la resistencia de diseño por corte de pernos (438.94 kN) en un 15% aproximadamente; al igual que las probetas 10, 11 y 12, que su resistencia última promedio 383.67 kN superó la de diseño por corte en pernos (345.83 kN) en un 11% aproximadamente

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 El acero como material de construcción (Bermúdez, 2005)

Acero es el nombre que se le da al producto de la combinación de hierro y carbono, cuyo comportamiento depende en gran manera de la cantidad precisa en que se halle este último elemento (entre 0.1 y 2 %) y la eventual presencia de otros como manganeso, fósforo, azufre, silicio, vanadio y cromo.

2.2.2 Ventajas del Acero Estructural (McCormac, 2012)

Según el autor Jack C. McCormac, entre las ventajas del Acero Estructural en comparación con otros materiales estructurales se tiene:

Alta resistencia

La alta resistencia del acero por unidad de peso implica que será relativamente bajo el peso de las estructuras; esto es de gran importancia en puentes de grandes claros, en edificios altos y en estructuras con condiciones deficientes en la cimentación.

Uniformidad

Las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo, como es el caso de las estructuras de concreto reforzado.

Elasticidad

El acero se acerca más en su comportamiento a las hipótesis de diseño que la mayoría de los materiales, debido a que sigue la ley de Hooke hasta esfuerzos bastante altos. Los momentos de inercia de una estructura de acero se pueden calcular exactamente, en tanto en tanto que los valores obtenidos para una estructura de concreto reforzado son relativamente imprecisos.

Durabilidad

Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado durarán indefinidamente. Investigaciones realizadas en los aceros modernos, indican que bajo ciertas condiciones no se requiere ningún mantenimiento a base de pintura.

Ductilidad

La ductilidad es la propiedad que tiene un material para soportar grandes deformaciones sin fallar bajo esfuerzos de tensión altos. Cuando se prueba a tensión un acero dulce o con bajo contenido de carbono, ocurre una reducción considerable de la sección transversal y un gran alargamiento en el punto de falla, antes de que se presente la fractura. Un material que no tenga esta propiedad por lo general es inaceptable y probablemente será duro y frágil y se romperá al someterlo a un golpe repentino.

En miembros estructurales sometidos a cargas normales se desarrollan altas concentraciones de esfuerzos en varios puntos. La naturaleza dúctil de los aceros estructurales comunes les permite fluir localmente en esos puntos, evitándose así fallas prematuras. Una ventaja adicional de las estructuras dúctiles es que, al sobrecargarlas, sus grandes deflexiones ofrecen evidencia visible de la inminencia de la falla (algunas veces denominada en son de broma como “cuenta regresiva”).

Tenacidad

Los aceros estructurales son tenaces, es decir, poseen resistencia y ductilidad. Un miembro de acero cargado hasta que se presentan grandes deformaciones será aun capaz de resistir grandes fuerzas. Ésta es una característica muy importante porque implica que los miembros de acero pueden someterse a grandes deformaciones durante su fabricación y montaje, sin fracturarse, siendo posible doblarlos, martillarlos, cortarlos y taladrarlos sin daño aparente.

La propiedad de un material para absorber energía en grandes cantidades se denomina tenacidad.

Ampliaciones de estructuras existentes

Las estructuras de acero se adaptan muy bien a posibles ampliaciones. Se pueden añadir nuevas crujías e incluso alas enteras a estructuras de acero ya existentes, y con frecuencia se pueden ampliar los puentes de acero.

Propiedades diversas

Algunas otras ventajas importantes del acero estructural son: Gran facilidad para unir diversos miembros por medio de varios tipos de conexión simple, como son la soldadura y los pernos; Posibilidad de prefabricar los miembros; Rapidez de montaje; Capacidad para laminarse en una gran cantidad de tamaños y formas; Es posible utilizarlo nuevamente después de desmontar una estructura; Y posibilidad de

venderlo como chatarra, aunque no pueda utilizarse en su forma existente. El acero es el material reciclable por excelencia.

2.2.3 Desventajas del Acero Estructural (McCormac, 2012)

Asimismo, el autor Jack C. McCorma, menciona que el acero tiene las siguientes desventajas:

Corrosión

La mayor parte de los aceros son susceptibles a la corrosión al estar expuestos al aire y al agua y, por consiguiente, deben pintarse periódicamente. Sin embargo, el uso de aceros intemperizados para ciertas aplicaciones, tiende a eliminar este costo.

Aunque los aceros intemperizados pueden ser bastante efectivos en ciertas situaciones para limitar la corrosión, hay muchos casos donde su uso no es factible. En algunas de estas situaciones, la corrosión puede ser un problema real. Por ejemplo, las fallas por corrosión-fatiga pueden ocurrir si los miembros de acero se someten a esfuerzos cíclicos y a ambientes corrosivos. La resistencia a la fatiga de los miembros de acero puede reducirse apreciablemente cuando los miembros se usan en ambientes químicos agresivos y sometidos a cargas cíclicas.

Costo de la protección contra el fuego

Aunque los miembros estructurales son incombustibles, sus resistencias se reducen considerablemente en temperaturas que comúnmente se alcanzan en incendios, cuando los otros materiales de un edificio se queman. Han ocurrido muchos incendios devastadores en inmuebles vacíos en los que el único material combustible es el mismo inmueble. Además, el acero es un excelente conductor del calor, de manera que los miembros de acero sin protección pueden transmitir suficiente calor de una sección o compartimiento incendiado de un edificio a secciones adyacentes del mismo edificio e incendiar el material presente. En consecuencia, la estructura de acero de un edificio debe protegerse mediante materiales con ciertas características aislantes, y el edificio deberá acondicionarse con un sistema de rociadores para que cumpla con los requisitos de seguridad del código de construcciones de la localidad en que se halle.

Susceptibilidad al pandeo

Cuanto más largos y esbeltos sean los miembros a compresión, tanto mayor es el peligro de pandeo. En la mayoría de las estructuras, el uso de columnas de

acero es muy económico debido a sus relaciones elevadas de resistencia a peso. Sin embargo, en forma ocasional, se necesita algún acero adicional para rigidizarlas y que no se pandeen. Esto tiende a reducir su economía.

Fatiga

Otra característica inconveniente del acero es que su resistencia se puede reducir si se somete a un gran número de inversiones del sentido del esfuerzo, o bien, a un gran número de cambios en la magnitud del esfuerzo de tensión. En la práctica actual se reducen las resistencias estimadas de tales miembros, si se sabe de antemano que estarán sometidos a un número mayor de ciclos de esfuerzo variable, que cierto número límite.

Fractura frágil

Bajo ciertas condiciones, el acero puede perder su ductilidad y la fractura frágil puede ocurrir en lugares de concentración de esfuerzos. Las cargas que producen fatiga y muy bajas temperaturas agravan la situación. Las condiciones de esfuerzo triaxial también pueden conducir a la fractura frágil.

2.2.4 Perfiles de acero (Bermúdez, 2005)

La industria de la construcción ha estandarizado ciertos elementos de acero con formas y propiedades conocidas para facilitar a calculistas, productores y constructores hablar un lenguaje común. Algunos de los más empleados se aprecian en la figura 01.

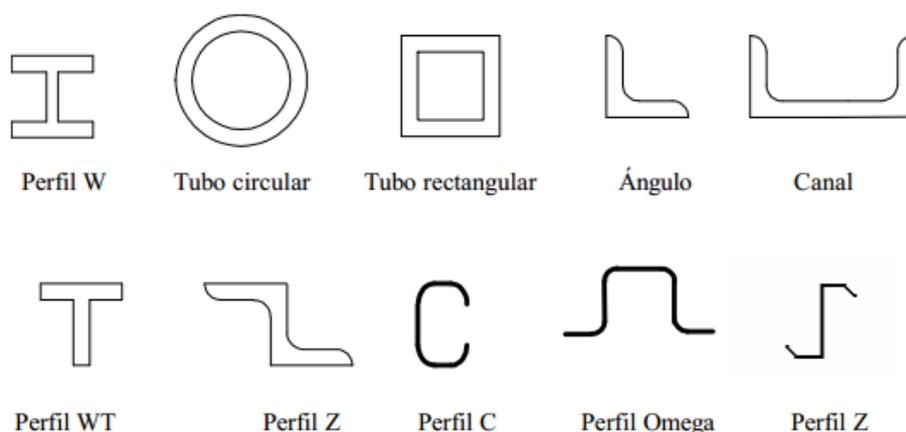


Figura 1. Tipos de perfiles de Acero (Fuente: Bermúdez, 2005). Generalmente, los perfiles de acero se designan por la forma de sus secciones transversales.

Los perfiles que aparecen con doble trazo pueden ser laminados en caliente o ensamblados. Los primeros se obtienen al calentar la materia prima, denominada palanquilla, y que consiste en grandes bloques de acero, hasta hacerla fluir para darle la forma correspondiente. Los segundos, es decir los perfiles ensamblados, se obtienen a partir de láminas que se sueldan entre sí. De esta última forma se han producido en el país los perfiles más pesados, dado que la producción de perfiles laminados en caliente se ha limitado principalmente a ángulos y a otros de bajo peso.

2.2.5 Diseño por resistencia usando diseño en base a factores de carga y resistencia (Aguirre, 2010)

La specification for structural Steel buildings del American Institute of Steel Construction (AISC) promulga varias especificaciones estándar, pero dos de ellas son las más importantes: Una de ellas es el diseño por esfuerzos permisibles (ASD) y el segundo es el diseño de factores de carga y resistencia (LRFD)

El diseño de acuerdo con las disposiciones de Diseño en Base a Factores de Carga y Resistencia (LRFD) satisface los requisitos de esta especificación cuando la resistencia de diseño de cada componente estructural es mayor o igual a la resistencia requerida determinada de acuerdo con las combinaciones de carga LRFD. El diseño se basa de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R_u \leq \phi R_n$$

Donde:

R_u = resistencia requerida (LRFD)

R_n = resistencia nominal

ϕ = factor de resistencia

ϕR_n = resistencia de diseño

2.2.6 Determinación del área total o bruta y área neta (NTE E.090, 2004)

Área Total o Área bruta (A_g):

El área total A_g de la sección de un miembro debe determinarse mediante la suma de los productos del espesor por el ancho total de cada elemento de la sección, medido en un plano perpendicular al eje del miembro. Para los ángulos, el ancho total es la suma de los anchos de los lados menos el espesor.

Área neta (An):

El área neta A_n de un miembro es la suma de los productos del espesor por el ancho neto para cada elemento, calculado como sigue:

- Para el cálculo del área neta en tracción y corte, el ancho de un agujero para perno se tomará como 2 mm mayor que la dimensión nominal del agujero.
- Para una cadena de agujeros que se extienden en una diagonal o una línea en zigzag, el ancho neto se debe obtener deduciendo del ancho total la suma de las dimensiones de los agujeros como se indica en la Sección 10.3.2 de la NTE E.090, para toda la cadena, y sumando, para cada espacio de la cadena, la cantidad $s / 4g$ donde:

s = espaciamiento longitudinal centro a centro entre dos agujeros consecutivos.

g = espaciamiento transversal centro a centro entre dos líneas de agujeros.

Para los ángulos, el valor de g para agujeros en lados opuestos será la suma de las distancias g medidas desde la espalda del ángulo menos el espesor.

Cuando se calcula el área neta a través de soldaduras de tapón o de ranura, el metal de la soldadura no se tomará en cuenta.

Área neta efectiva para miembros en Tracción:

- Cuando la tracción es transmitida directamente a cada elemento de la sección por medio de conectores o soldadura, el área neta efectiva A_e es igual al área neta, A_n .
- Cuando la tracción es transmitida por conectores o soldadura a través de algunos pero no todos los elementos de la sección, el área neta efectiva A_e debe de calcularse como:

$$A_e = AU$$

Donde:

A= el área como se define a continuación.

U= coeficiente de reducción = $1 - (\bar{x}/L) \leq 0.9$

\bar{x} = excentricidad de la conexión

L= el área como se define a continuación.

2.2.7 Relaciones de esbeltez límite (NTE E.090, 2004)

Para elementos cuyo diseño se basa en fuerzas de compresión, las relaciones de esbeltez (Kl / r) no deben exceder, preferentemente, de 200.

Para elementos cuyo diseño está basado en fuerzas de tracción, las relaciones de esbeltez l/r no deben exceder, preferentemente, de 300. Esta recomendación no se aplica a varillas en tracción. Los elementos en los que el diseño se hace para fuerzas de tracción, pero que pueden estar sometidos a una compresión reducida en otra condición de carga, no necesitan cumplir el límite de esbeltez en compresión.

2.2.8 Diseño por resistencia a la Rotura (NTE E.090, 2004)

Resistencia a la Rotura en Corte

La resistencia de diseño para el estado límite de rotura a lo largo de una línea de falla en corte en los elementos afectados de los miembros conectados es ϕR_n ;

Donde:

$$\phi = 0.75$$

$$R_n = 0,6 F_u A_{nv}$$

A_{nv} = área neta sometida a corte

Resistencia a la Rotura por bloque de Corte

Bloque de corte es un estado límite en el que la resistencia se determina por la suma de la resistencia al corte en una línea de falla y la resistencia a la tracción en un segmento perpendicular. Debe verificarse en las conexiones de extremo de las vigas en que se recorta el ala superior y en situaciones semejantes, tales como en elementos en tracción y planchas de nudo.

Cuando se usa la resistencia última a la rotura en la sección neta para determinar la resistencia en un segmento, se empleará la fluencia en la sección total en el segmento perpendicular. La resistencia de diseño para la rotura por bloque de corte, ϕR_n , se calculará como sigue:

(a) Cuando $F_u \text{ Ant } 0,6 \geq F_u \text{ Anv}$:

$$\phi R_n = \phi[0,6 F_y \text{ Agv} + F_u \text{ Ant}]$$

(b) Cuando $0,6 F_u \text{ Anv} > F_u \text{ Ant}$:

$$\phi R_n = \phi[0,6 F_u \text{ Anv} + F_y \text{ Agt}]$$

Donde:

$$\phi = 0.75$$

Agv: área total en cortante (mm²)

Agt: área total en tracción (mm²)

Anv: área neta en cortante (mm²)

Ant: área neta en tracción (mm²)

Rn: Resistencia nominal (kN)

2.2.9 Fallas en estructuras (McCormac, 2012)

El autor considera que el conocimiento de las causas de los fracasos más frecuentes del pasado, es de gran valor para los ingenieros con experiencia o sin ella, por igual. La vasta mayoría de los ingenieros, con o sin experiencia, seleccionan miembros de suficiente tamaño y resistencia. El colapso de las estructuras se debe generalmente a una falta de atención a los detalles de las conexiones, deflexiones, problemas de montaje y asentamientos en la cimentación. Las estructuras de acero rara vez fallan debido a defectos del material, más bien lo hacen por su uso inadecuado.

Una falla frecuente de los diseñadores se debe a que después de diseñar cuidadosamente los miembros de una estructura, se seleccionan en forma arbitraria conexiones que pueden no ser de suficiente tamaño. Tal vez el error que se comete con más frecuencia en el diseño de las conexiones es despreciar algunas de las fuerzas que actúan en éstas, por ejemplo, los momentos torsionantes. En una armadura para la que se han diseñado los miembros sólo por las fuerzas axiales, las

conexiones pueden estar excéntricamente cargadas, generándose así momentos que causan incrementos en los esfuerzos. Estos esfuerzos secundarios son en ocasiones tan grandes que deben considerarse en el diseño.

Otra causa de fallas ocurre cuando las vigas soportadas sobre muros tienen un apoyo o anclaje insuficiente. Imagine una viga de acero de 60 pies de claro soportada sobre un muro con sólo una pulgada o dos de apoyo que se contrae cuando la temperatura desciende 50 o 60 grados en la noche. No es difícil entonces prever un colapso debido a una combinación de contracción en la viga, deflexión hacia fuera de los muros y una deflexión vertical de éstos causada por cargas de lluvia.

Los asentamientos en las cimentaciones causan un gran número de fallas estructurales, probablemente más que cualquier otro factor. La mayoría de los asentamientos en cimentaciones no conducen a desplomes de la estructura, pero con frecuencia ocasionan grietas de aspecto desagradable y depreciación del sistema estructural.

Algunas fallas estructurales ocurren porque no se da una atención adecuada a las deflexiones, fatiga de miembros, arriostamiento contra ladeos, vibraciones y la posibilidad de pandeo de miembros en compresión o de los patines de compresión de vigas. La estructura típica, cuando está terminada, está suficientemente arriostada con los pisos, muros, conexiones y arriostamiento especial, pero hay ocasiones durante la construcción en que muchos de estos elementos no están presentes.

2.2.10 Fallas por Bloque Cortante (McCormac, 2012)

La falla de un miembro puede ocurrir a lo largo de una trayectoria que implique tensión en un plano y cortante en otro plano perpendicular, como se muestra en la figura 2, donde se ilustran varias fallas posibles en el bloque de cortante. Para estas situaciones, es posible que un “bloque” de acero se desgarre.

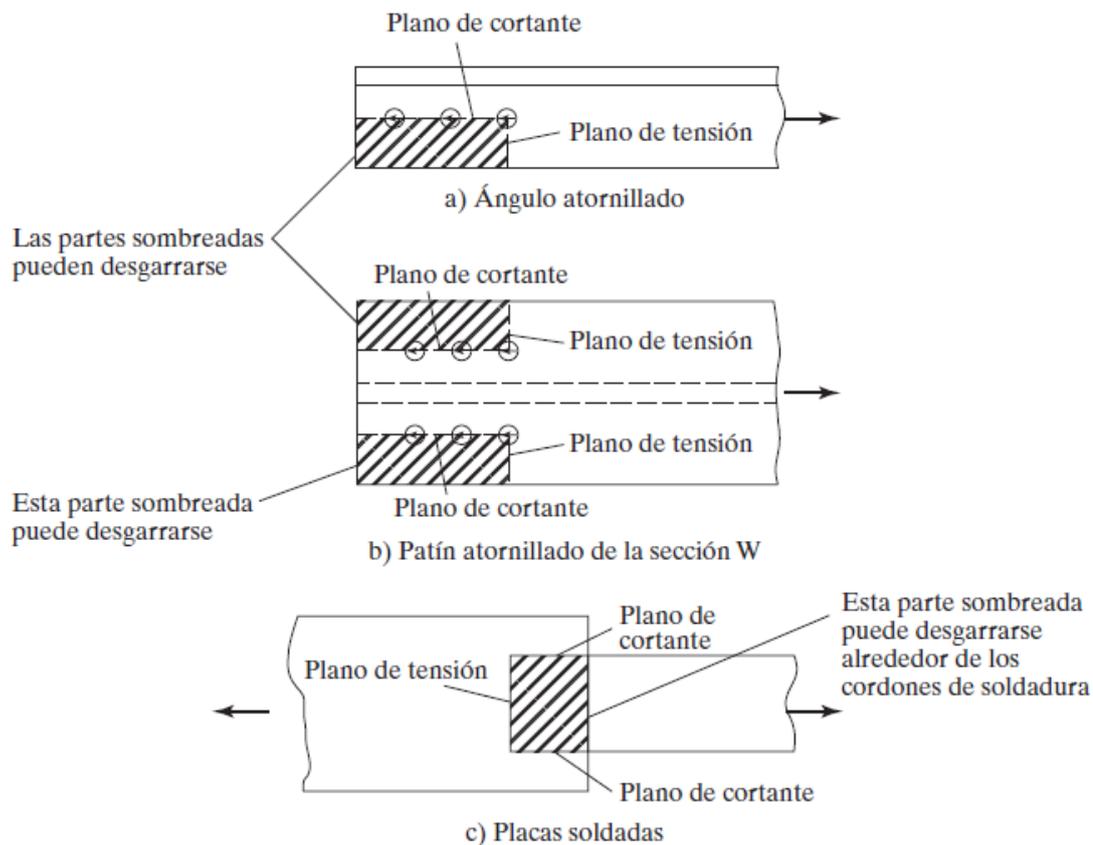


Figura 2. Fallas posibles en bloque cortante (Fuente: McCormac, 2004). Puede verse que el bloque de cortante es una situación de desgarramiento o ruptura y no una situación de fluencia.

Cuando una carga de tensión aplicada a una conexión particular se incrementa, la resistencia a la fractura del plano más débil estará próxima. Ese plano no fallará entonces porque está restringido por el plano más fuerte. La carga puede incrementarse hasta que se alcance la resistencia a la fractura del plano más fuerte. En ese instante, el plano más débil está fluyendo. La resistencia total de la conexión es igual a la resistencia por fractura del plano más fuerte más la resistencia por fluencia del plano más débil.

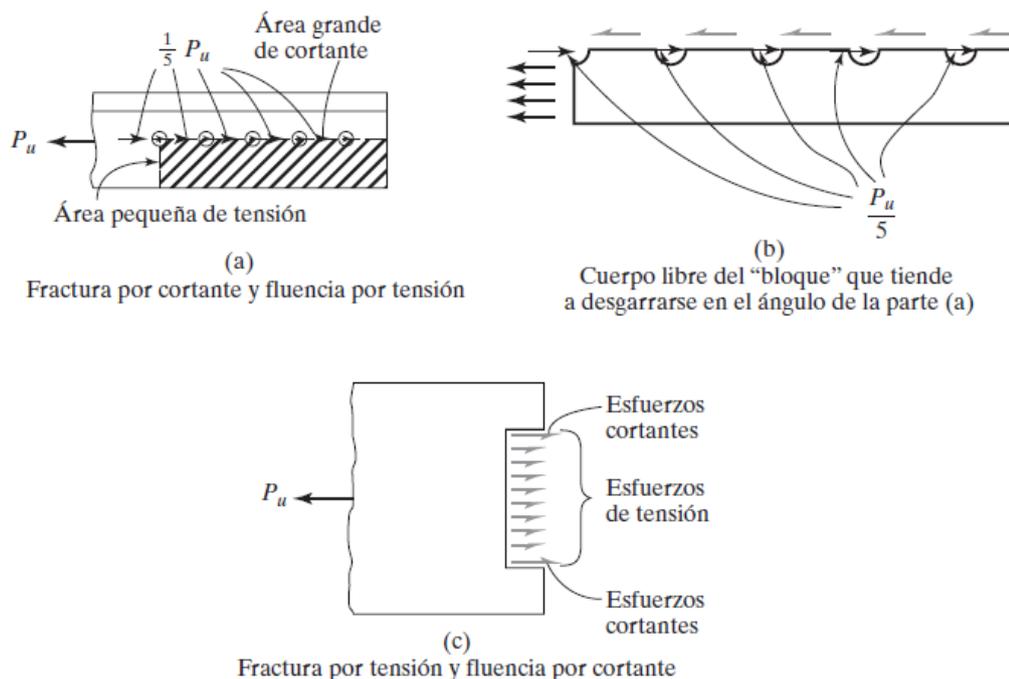


Figura 3. Fallas posibles en bloque cortante (Fuente: McCormac, 2004). En la figura (a), el miembro mostrado tiene un área grande de cortante y un área pequeña a tensión; entonces, la resistencia principal a una falla del bloque de cortante es el cortante y no la tensión. La parte (b), se muestra un diagrama de cuerpo libre del bloque que tiende a desgarrarse del ángulo en la parte (a). En la parte (c) se muestra un miembro que en lo que respecta al bloque de cortante, tiene una gran área de tensión y una pequeña área de cortante.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

A continuación, se hace una breve descripción de algunos términos técnicos, los cuales fueron extraídos de la NTE E.090 (Estructuras metálicas) del Reglamento Nacional de Edificaciones y otras bibliografías.

- **Acero Estructural:** Se refiere a aquellos elementos de acero de sistemas estructurales de pórticos y reticulados que sean parte esencial para soportar las cargas de diseño. Se entiende como este tipo de elementos a: vigas, columnas, puntales, bridas, montantes y otros que intervienen en el sistema estructural de los edificios de acero (NTE E.090, 2004).

- **Esfuerzo:** Se define como fuerza por unidad de área o la intensidad de las fuerzas actuantes sobre una sección dada. La unidad de esfuerzo es fuerza entre unidad de área, en el sistema internacional es el pascal N/m (Espinosa, 2005).
- **Elasticidad:** Es una propiedad general de los cuerpos, en virtud de la cual recobran su extensión o figura después de que cesa la acción de una fuerza. Se basa en la ley de Hooke (Espinosa, 2005).
- **Ductilidad:** Es la capacidad que tiene un material para soportar grandes deformaciones sin fallar bajo altos esfuerzos de tensión. Se define como la deformación última entre la deformación asociada al límite elástico (Espinosa, 2005).
- **Materiales Frágiles:** Son aquellos materiales que al ser llevados a la falla colapsa sin obtener grandes deformaciones (Espinosa, 2005).
- **Factor de resistencia:** Son valores que representan las incertidumbres que se tienen en la resistencia de los materiales, en las dimensiones y en la mano de obra (Espinosa, 2005).
- **Estado límite de resistencia:** este término describe la condición en la que una estructura o parte de ella sobrepasa su capacidad de carga e incluyen las resistencias plásticas, de pandeo, de fractura, de fatiga y volteo (Espinosa, 2005).
- **Estado límite de servicio:** este término se refiere al comportamiento de las estructuras bajo cargas normales de servicio y está asociada al uso y ocupación (Espinosa, 2005).

Capítulo 3:

MARCO METODOLÓGICO

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

- Por el tipo de investigación es descriptivo y explicativo.
- Por el diseño de la investigación es diseño de campo y de laboratorio.

3.2 POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO

Población: La población está conformada por los perfiles tipo Angulo de la empresa Aceros Arequipa.

Muestra: Está conformada por 30 perfiles tipo ángulo A36 fabricados por la empresa "Aceros Arequipa", estos estarán conectados a través de pernos, estarán en estado límite de bloque de corte, los perfiles ángulo a ensayar son los siguientes:

- L1 ½" × 1 ½" × 1/8"
- L1 ½" × 1 ½" × 3/16"
- L2" × 2" × 3/16"
- L2" × 2" × 1/4"
- L2 ½" × 2 ½" × 3/16"
- L2 ½" × 2 ½" × 1/4"

Se realizará 5 ensayos por cada perfil ángulo mencionado, haciendo un total de 30 ensayos.



Figura 4. Ángulos estructurales Acero Arequipa. Se observa la denominación, presentación y usos de los ángulos estructurales. (Fuente: recuperado de <http://www.acerosarequipa.com/informacion-corporativa/productos/barras-lisas-y-perfiles/detalle/articulo/angulos-estructurales/chash/bb0ef919d6b64419e1cabec06b90dc1a.html>, 2017).

Las características técnicas de los perfiles en estudio son:

Denominación: L A36

Descripción: Producto de acero laminado en caliente cuya sección transversal está formada por dos alas de igual longitud, en ángulo recto.

Usos: En la fabricación de estructuras de acero para plantas industriales, almacenes, techados de grandes luces, industrial naval, carrocerías, torres de transmisión. También se utiliza en la fabricación de puertas, ventanas, rejas, etc.

Normas técnicas:

Sistema Inglés, propiedades mecánicas ASTM A36/A36M

Tolerancias Dimensionales ASTM A6/A6M

Sistema métrico, propiedades mecánicas ASTM A36/A36M

Tolerancias dimensionales ISO 657/V

Presentación: Se produce en longitudes de 6 metros. Se suministra en paquetones de 2 TM, los cuales están formados por paquetes de 1 TM c/u.

Propiedades mecánicas:

Límite de Fluencia mínimo = 2,530 kg/cm²

Resistencia a la tracción = 4080 - 5620 Kg/cm²

Alargamiento en 200 mm

2,0 mm, 2.5 mm, 3.0 mm, 1/8", 3/32",

4,5 mm y 3/16" =15,0% mínimo.

6,0 mm =17,0% mínimo

1/4 " =17,5% mínimo

5/16", 3/8" y 1/2" =20,0% mínimo

(*) Para los espesores de 2,0 mm a 2,5 mm, la resistencia a la tracción mínima es de 3,500 kg/cm²

Soldabilidad = Buena

Dimensiones y pesos nominales:

En la tabla 1 y 2, se muestra las dimensiones y pesos nominales de los perfiles de acero de la empresa Acero Arequipa. Así por ejemplo el perfil 1 1/2x 1 1/2x 1/4, tiene un peso nominal de 3.48Kg/m.

Tabla 1

Dimensiones y pesos nominales, sistema inglés.

| DIMENSIONES (pulg) | PESO NOMINAL | | |
|-----------------------|--------------|--------|---------|
| | Lb/pie | Kg/m | Kg/6m |
| 1 1/2 x 1 1/2 x 3/32 | 0.929 | 1.382 | 8.292 |
| 1 1/2 x 1 1/2 x 1/8 | 1.230 | 1.830 | 10.983 |
| 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 | 1.800 | 2.679 | 16.072 |
| 1 1/2 x 1 1/2 x 1/4 | 2.340 | 3.482 | 20.894 |
| 2 x 2 x 1/8 | 1.650 | 2.455 | 14.733 |
| 2 x 2 x 3/16 | 2.440 | 3.631 | 21.787 |
| 2 x 2 x 1/4 | 3.190 | 4.747 | 28.483 |
| 2 x 2 x 5/16 | 3.920 | 5.834 | 35.002 |
| 2 x 2 x 3/8 | 4.700 | 6.994 | 41.966 |
| 2 1/2 x 2 1/2 x 3/16 | 3.070 | 4.569 | 27.412 |
| 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 | 4.100 | 6.101 | 36.609 |
| 2 1/2 x 2 1/2 x 5/16 | 5.000 | 7.441 | 44.645 |
| 2 1/2 x 2 1/2 x 3/8 | 5.900 | 8.780 | 52.681 |
| 3 x 3 x 1/4 | 4.900 | 7.292 | 43.752 |
| 3 x 3 x 5/16 | 6.100 | 9.078 | 54.467 |
| 3 x 3 x 3/8 | 7.200 | 10.715 | 64.289 |
| 3 x 3 x 1/2 | 9.400 | 13.989 | 83.932 |
| 4 x 4 x 1/4 | 6.600 | 9.822 | 58.932 |
| 4 x 4 x 5/16 | 8.200 | 12.203 | 73.218 |
| 4 x 4 x 3/8 | 9.800 | 14.584 | 87.504 |
| 4 x 4 x 1/2 | 12.80 | 19.048 | 114.288 |

Fuente: Hoja Técnica, Aceros Arequipa, 2017.

Tabla 2

Dimensiones y pesos nominales, sistema métrico.

| DIMENSIONES (mm) | PESO ESTIMADO | |
|---------------------|---------------|--------|
| | Kg/m | Kg/6m |
| 20 x 20 x 2.0 | 0.597 | 3.582 |
| 20 x 20 x 2.5 | 0.736 | 4.416 |
| 20 x 20 x 3.0 | 0.871 | 5.226 |
| 25 x 25 x 2.0 | 0.754 | 4.524 |
| 25 x 25 x 2.5 | 0.932 | 5.592 |
| 25 x 25 x 3.0 | 1.107 | 6.642 |
| 25 x 25 x 4.5 | 1.607 | 9.642 |
| 25 x 25 x 5.0 | 1.766 | 10.596 |
| 25 x 25 x 6.0 | 2.072 | 12.432 |
| 30 x 30 x 2.0 | 0.911 | 5.466 |
| 30 x 30 x 2.5 | 1.128 | 6.768 |
| 30 x 30 x 3.0 | 1.342 | 8.052 |
| 30 x 30 x 4.5 | 1.961 | 11.766 |
| 30 x 30 x 5.5 | 2.353 | 14.118 |
| 30 x 30 x 6.0 | 2.543 | 15.258 |
| 38 x 38 x 2.0 | 1.162 | 6.972 |

Fuente: Hoja Técnica, Aceros Arequipa, 2017

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La operacionalización de las variables, consisten en descomponer deductivamente las variables que compone la investigación.

Para la ejecución de la presente tesis, se ha identificado 2 variables que pueden ser medidas.

A. VARIABLE DEPENDIENTE (VD)

Bloque de Corte

- DEFINICIÓN OPERACIONAL

Bloque de corte: Es un estado límite en el que la resistencia se determina por la suma de la resistencia al corte en una línea de falla y la resistencia a la tracción en un segmento perpendicular.

- DIMENSIÓN

Resistencia a la rotura por bloque de corte

- INDICADORES

Los indicadores de la variable dependiente son los siguientes:

- Área total sometida a corte
- Área total sometida a tracción
- Área neta sometida a corte
- Área neta sometida a tracción

- MÉTODO

El método utilizado fue descriptivo y Explicativo.

B. VARIABLE INDEPENDIENTE (VI)

Perfiles de acero tipo ángulo

- DEFINICIÓN OPERACIONAL

Perfiles L: Son perfiles en forma angular, los cuales pueden tener los lados iguales o no. Son utilizados para reforzar vigas y columnas y para tensores. Estos perfiles están tabulados de acuerdo con su espesor y largo de sus alas. Su descripción está dada según la siguiente nomenclatura: L dxbxt (Espinoza, 2005)

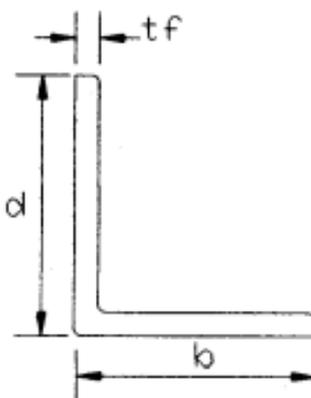


Figura 5. Perfil tipo L (Fuente: Espinoza, 2005). Por ejemplo, Perfil tipo L4x4x1/4; sección tipo L con un peralte de 4 pulg. (10,16cm), ancho b de 4 pulg. (10,16cm) y espesor de 0,25 pulg o 0,64cm.

- DIMENSIÓN

Especificaciones Técnicas del fabricante

- **INDICADORES**

Límite de Fluencia mínimo

Resistencia a la tracción

Relación de esbeltez

- **MÉTODO**

El método utilizado fue descriptivo y Explicativo.

A continuación mostramos la tabla de matriz de operacionalización de variables.

Tabla 3

Matriz de Operacionalización de Variables.

| VARIABLE | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIÓN | INDICADOR | MÉTODO |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| Variable dependiente: Bloque de corte | Es un estado límite en el que la resistencia se determina por la suma de la resistencia al corte en una línea de falla y la resistencia a la tracción en un segmento perpendicular. | Resistencia a la rotura por bloque de corte | - Área total sometida a corte. | Descriptivo |
| | | | - Área total sometida a tracción. | |
| | | | - Área neta sometida a corte. | Explicativo |
| | | | - Área neta sometida a corte. | |
| Variable independiente: perfiles de | Son perfiles en forma angular, los cuales pueden tener los lados | Numero de perfiles | - Límite de Fluencia mínimo | Descriptivo |

| | | | | |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| acero tipo ángulo | iguales o no. Son utilizados para reforzar vigas y columnas y para tensores. Estos perfiles están tabulados de acuerdo con su espesor y largo de sus alas. Su descripción está dada según la siguiente nomenclatura: L dxbxt | | <ul style="list-style-type: none"> - Resistencia a la tracción - Relación de esbeltez | Explicativo |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|

Fuente: Elaboración propia.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Las principales técnicas que se utilizaron para la recolección de datos fueron:

- Investigación bibliográfica
- Adaptación de una máquina para ensayos de bloque de corte
- Ensayos en 30 muestras
- Verificación de los resultados

Como instrumentos se utilizaron fichas de registros de los ensayos.

3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Para el procesamiento y análisis de datos se tuvo que adaptar la máquina de ensayo de tracción y posteriormente realizar el ensayo en los perfiles de acero antes mencionados.

A. ENSAYOS DE LABORATORIO: ADAPTACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS DE TRACCIÓN

En la actualidad no existe un equipo para la realización de ensayos de bloque de corte en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna (UPT). Es por ello, que con la asesoría del Mag. José acero y con un grupo de estudiantes del curso de Diseño en Acero y Madera, ha sido necesario fabricar

una máquina de ensayos a tracción para diferentes perfiles de acero. Como parte de nuestra actividad se ha acondicionado dicho equipo e instalado en el laboratorio de Mecánica de suelos, concretos y pavimentos de la UPT. En la figura 04 se muestra una vista en 3D del equipo a utilizar.

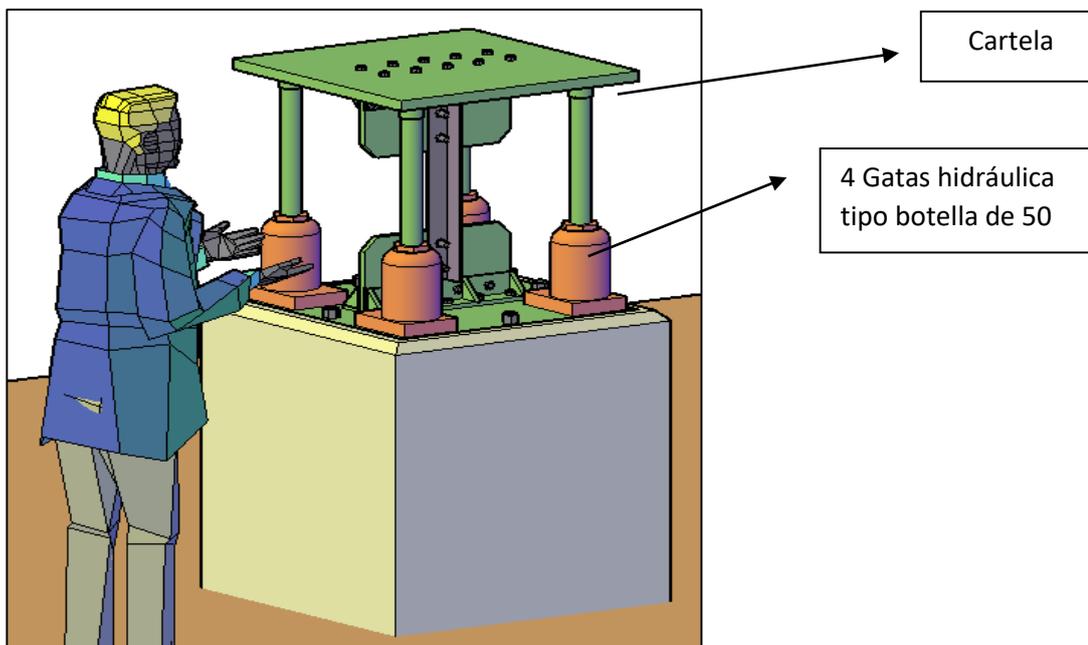


Figura 6. Vista en 3D de la máquina de ensayos (Fuente: Elaboración propia). En la figura se muestran la ubicación de la cartela y las gatas hidráulicas.

Este equipo cuenta con las siguientes Componentes:

- **GATOS HIDRÁULICOS DE 50TN C/U**

MARCA: TRUPER

PROCEDENCIA: MÉXICO

CAPACIDAD: 50 TONELADAS.

CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

Cilindro fabricado en acero.

Base fabricado en hierro fundido.

Aceite hidráulico.

Sólida base de hierro para una máxima estabilidad.

Cabezal maquinado que reduce el deslizamiento de la carga

Mango de tres piezas

Uso en talleres mecánicos, vulcanizadoras, prensa hidráulica, etc.



Figura 7. Vista en 3D de la gata hidráulica de 50 tn, marca truper (Fuente: Elaboración propia).

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Sobrecarga máxima: 70 TON.

Sostenimiento de carga máxima: 60 TON

Carga para descanso: 50KG

Altura Max: 47.9 cm

Altura Min: 30 cm

INSTRUCCIÓN

- Verifique que la superficie en la que va a trabajar sea sólida y segura
- Acople las partes del maneral. Su diseño permite un ajuste perfecto
- Cierre la válvula girándola hacia su derecha (en el sentido de las manecillas del reloj)

- Coloque el gato lo más cercano de la carga a levantar, si es necesario utilice el tornillo de extensión para facilitar el trabajo
- Accione el maneral para aumentar la altura del gato cuidando que esté bien colocado
- Abra la válvula lentamente en sentido contrario a las manecillas del reloj para bajar el gato
- Use aceite SAE-30
- Las gatas hidráulicas tipo botella también se pueden utilizar para empujar elementos en forma horizontal cuidando que la bomba quede hacia abajo.

• MANÓMETRO DIFERENCIAL

Los manómetros diferenciales se encuentran en numerosos sistemas de procesos industriales para el control de dos presiones distintas de la presión atmosférica. De hecho, este tipo de instrumento puede proporcionar múltiples soluciones para la práctica en el control de procesos.

Se define la presión diferencial (DP o Δp) como la diferencia entre dos presiones aplicadas. Por ejemplo, la presión en el punto "A" es igual a 10 bar y la presión en el punto "B" es igual a 6 bar. Por lo tanto la presión diferencial es 4 bar (10 – 6 bar).

Un manómetro de presión diferencial es un indicador, diseñado para medir y mostrar la diferencia de presión entre dos puntos de presión en un proceso. Por lo general tienen dos entradas y cada una se conecta a los puntos de presión que se están monitorizando. El manómetro de presión diferencial realiza el cálculo a través de sistemas mecánicos internos para dar la lectura.

Los campos de aplicación se encuentran en refinerías, plantas petroquímicas y químicas, sobre todo para la monitorización de filtros, la medición de nivel y la medición de caudal.

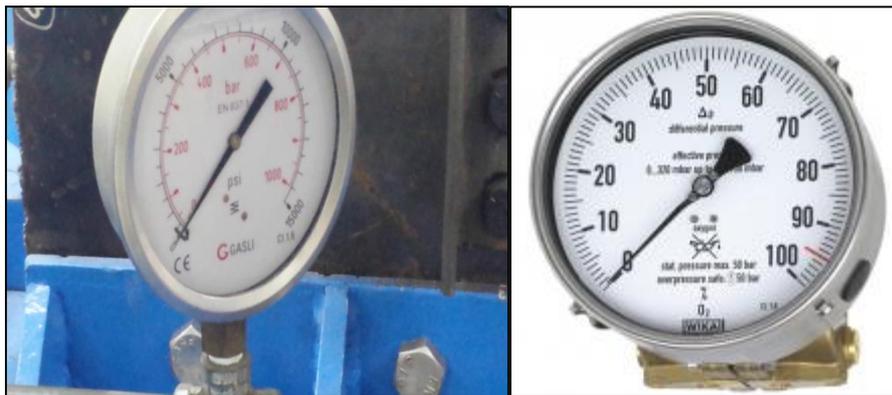


Figura 8. Vista de manómetro (Fuente: Elaboración propia).

PREVIO A LOS ENSAYOS



Foto 1. Se observa la colocación de la canasta metálica para posteriormente encofrar y vaciar la parte superior



Foto 2. En esta figura se observa la colocación de la plancha superior, con la ayuda de una grúa tecele manual

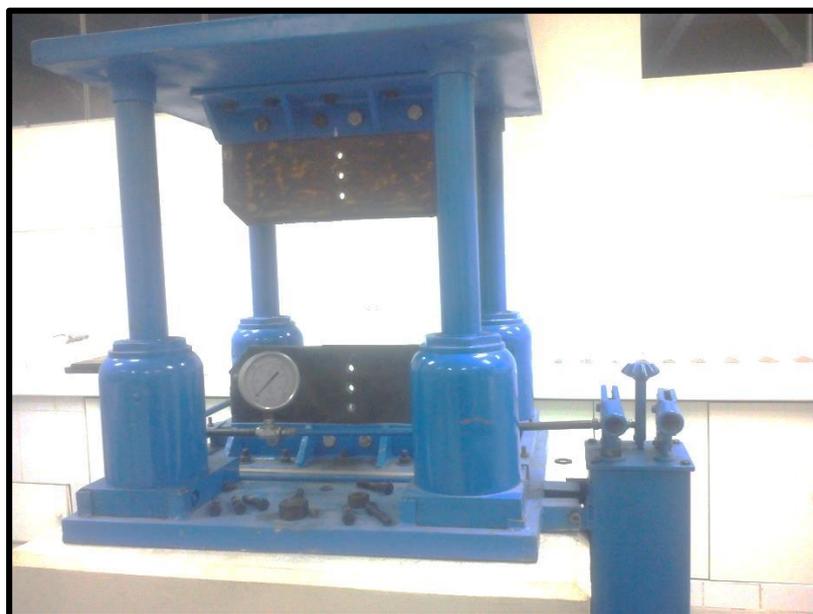


Foto 3. En esta figura se observa la máquina de ensayos a tracción. Los perfiles son colocados en las cartelas y empernados en los orificios de la cartela.

En el anexo 02, mostramos el procedimiento de ensayo y planos del equipo adaptado.

B. PROBETAS DE ENSAYO

La cantidad de perfiles de acero que se ensayaron fueron 30, distribuidos en 5 ensayos para 6 tipos de perfiles a los que se les ha denominado:

Tabla 4

Denominación de los perfiles de acero

| Denominación | Perfiles Ángulo Ensayados |
|---------------------|--------------------------------------|
| Probeta 01 | 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8" |
| Probeta 02 | 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16" |
| Probeta 03 | 2" x 2" x 3/16" |
| Probeta 04 | 2" x 2" x 1/4" |
| Probeta 05 | 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16" |
| Probeta 06 | 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4" |

Fuente: Elaboración propia

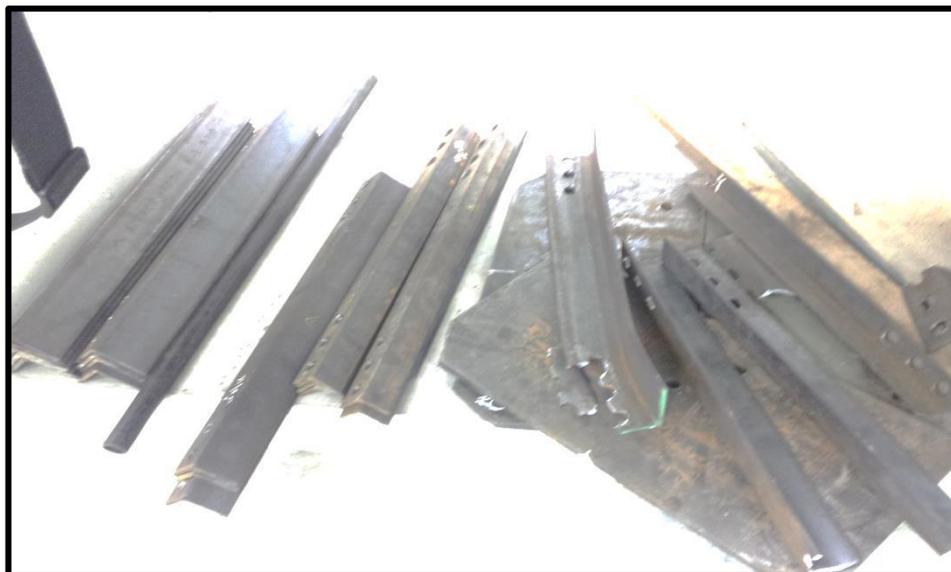


Foto 4. Vista de perfiles de acero.

Los cálculos realizados fueron:

DISTANCIA MÍNIMA ENTRE EL CENTRO DEL PERNO Y EL BORDE DEL PERFIL

La distancia mínima es de 1.5 veces el valor del diámetro del perno a utilizar, en nuestro caso usaremos pernos de ½" de diámetro, con estos datos procedemos a calcular:

$$D_b = 1.5 \times 1/2 \times 2.54 = 1.905 \text{ cm}$$

SEPARACIÓN MÍNIMA ENTRE CENTROS DE PERNOS

La separación mínima entre centro de pernos será 3 veces el valor del diámetro del perno a utilizar, en nuestro caso usaremos pernos de ½ ".

$$D_p = 3 \times 1/2 \times 2.54 = 3.81 \text{ cm}$$

GRAMILES EN ÁNGULOS

Los gramiles utilizados son:

$$1 \frac{1}{2}'' \times 1 \frac{1}{2}'' \times 1/8''$$

$$g = 7/8'' = 2.2225 \text{ cm}$$

| | |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| $1\frac{1}{2}'' \times 1\frac{1}{2}'' \times \frac{3}{16}''$ | $g = \frac{7}{8}'' = 2.2225\text{ cm}$ |
| $2'' \times 2'' \times \frac{3}{16}''$ | $g = 1\frac{1}{8}'' = 2.8575\text{ cm}$ |
| $2'' \times 2'' \times \frac{1}{4}''$ | $g = 1\frac{1}{8}'' = 2.8575\text{ cm}$ |
| $2\frac{1}{2}'' \times 2\frac{1}{2}'' \times \frac{3}{16}''$ | $g = 1\frac{3}{8}'' = 3.4925\text{ cm}$ |
| $2\frac{1}{2}'' \times 2\frac{1}{2}'' \times \frac{1}{4}''$ | $g = 1\frac{3}{8}'' = 3.4925\text{ cm}$ |

DIMENSIONES DE LOS PERFILES

A continuación se muestra gráficamente los perfiles a ensayar.

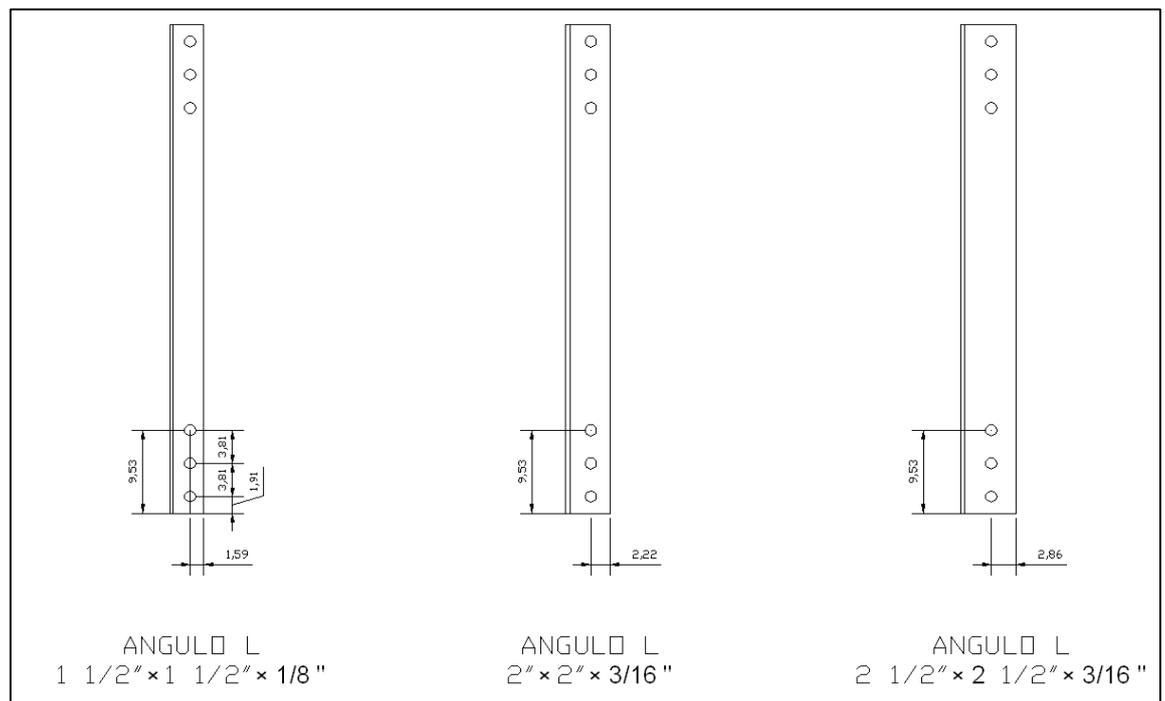


Figura 9. Esquema de Probetas a ser ensayadas (Fuente: Elaboración propia).

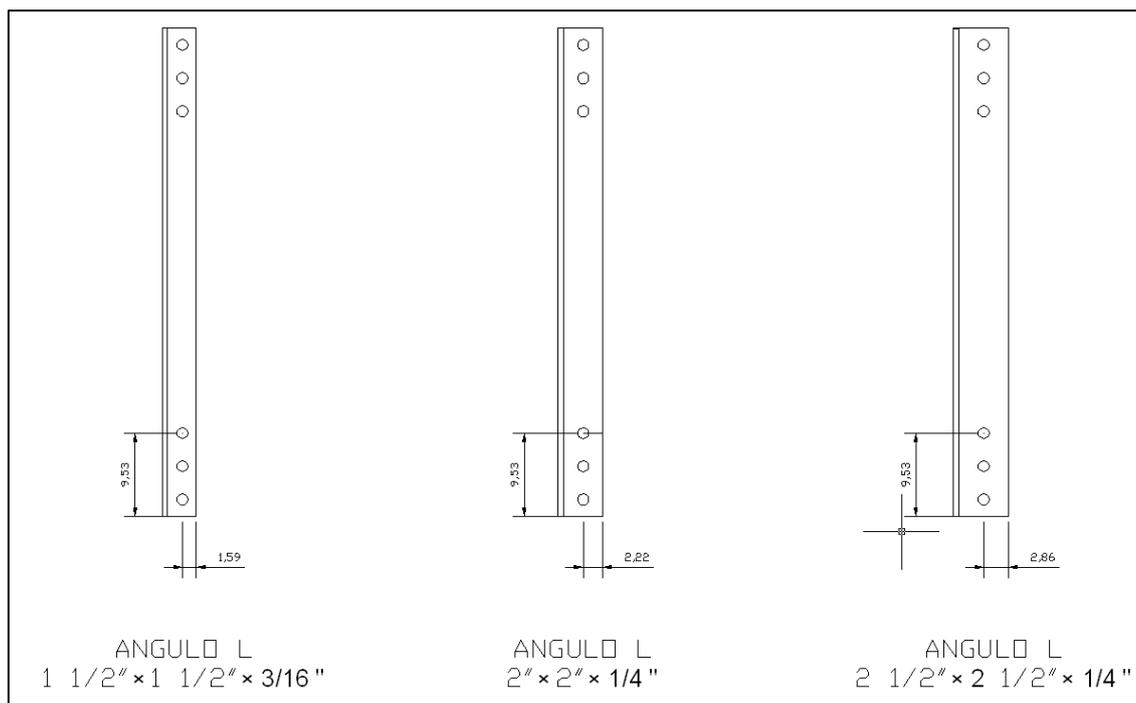


Figura 10. Esquema de Probetas a ser ensayadas (Fuente: Elaboración propia).

Capítulo 4: RESULTADOS

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

5.1 RESULTADOS TEÓRICOS

Con la finalidad de realizar una comparación de los resultados del laboratorio con la resistencia teórica, se realizó los siguientes cálculos de bloque de corte:

A) Cálculo de bloque de corte para un ángulo de 1 ½" x 1 ½" x 1/8"

Datos:

| | | | | |
|-------------|------------|------|---|--------------|
| # Pernos = | 3 | und. | | |
| ∅ Pernos = | 0.5 | plg. | → | 2.5 |
| h = | 0.125 | plg. | → | 1.27 |
| t = | 0.125 | plg. | → | 0.3175 |
| \bar{x} = | 0.572 | plg. | → | 0.3175 |
| L = | 3 | plg. | → | 1.45288 |
| U = | 0.80933333 | ≤ | → | 7.62 |
| | | | | cm |
| | | | | 0.9 |
| | | | | !!!CUMPLE!!! |

LÍMITE DE ESBELTEZ

| | | | |
|-----|------|---|----|
| K = | 1 | | |
| L = | 0.56 | m | → |
| | | | 56 |
| | | | cm |

| | | | | | |
|-----|-------|-----|---|---------|----|
| r = | 0.539 | plg | → | 1.36906 | cm |
|-----|-------|-----|---|---------|----|

$$K.L/r \leq 300$$

$$40.9039779 \leq 300 \quad \text{¡¡¡CUMPLE!!!}$$

ESTADO LÍMITE DE BLOQUE DE CORTE

| | | |
|--------------|------------|--------------------|
| fy = | 2530 | kg/cm ² |
| fu = | 4080 | kg/cm ² |
| ∅ = | 0.75 | Adim. |
| Lv = | 9.53 | cm |
| Lt = | 1.59 | cm |
| Agv = | 3.025775 | cm ² |
| Agt = | 0.504825 | cm ² |
| Anv = | 1.76569688 | cm |
| Ant = | 0.25280938 | cm |
| fu Ant = | 1031.46225 | kg |
| 0.6 fu Anv = | 4322.42595 | kg |

HAY FLUENCIA POR TRACCIÓN Y ROTURA POR CORTANTE

| | | |
|-------------------|---|--------|
| ∅ Rn = 4199.72 kg | → | 4.2 tn |
|-------------------|---|--------|

B) Cálculo de bloque de corte para un ángulo de 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16"

Datos:

| | | | | |
|-------------|------------|------|-----|---------------------|
| # Pernos = | 3 | und. | | |
| ∅ Pernos = | 0.5 | plg. | → | 1.27 cm |
| h = | 0.125 | plg. | → | 0.3175 cm |
| t = | 0.1875 | plg. | → | 0.47625 cm |
| \bar{x} = | 0.593 | plg. | → | 1.50622 cm |
| L = | 3 | plg. | → | 7.62 cm |
| U = | 0.80233333 | ≤ | 0.9 | !!!CUMPLE!!! |

LÍMITE DE ESBELTEZ

| | | | |
|-----|-------|-----|--------------|
| K = | 1 | | |
| L = | 0.56 | m | → 56 cm |
| r = | 0.516 | plg | → 1.31064 cm |

$$K.L/r \leq 300$$

$$42.7272172 \leq 300 \quad \text{!!!CUMPLE!!!}$$

ESTADO LÍMITE DE BLOQUE DE CORTE

| | | |
|--------------------|------------|--------------------|
| $f_y =$ | 2530 | kg/cm ² |
| $f_u =$ | 4080 | kg/cm ² |
| $\phi =$ | 0.75 | Adim. |
| $L_v =$ | 9.53 | cm |
| $L_t =$ | 1.59 | cm |
| $A_{gv} =$ | 4.5386625 | cm ² |
| $A_{gt} =$ | 0.7572375 | cm ² |
| $A_{nv} =$ | 2.64854531 | cm |
| $A_{nt} =$ | 0.37921406 | cm |
| $f_u A_{nt} =$ | 1547.19338 | kg |
| $0.6 f_u A_{nv} =$ | 6483.63893 | kg |

HAY FLUENCIA POR TRACCIÓN Y ROTURA POR CORTANTE

| | | | | | |
|--------------|---------|----|---|-----|----|
| $\phi R_n =$ | 6299.59 | kg | → | 6.3 | tn |
|--------------|---------|----|---|-----|----|

C) Cálculo de bloque de corte para un ángulo de 2" x 2 " x 3/16"

| | | | | |
|-------------|------------|------|-----|---------------------|
| # Pernos = | 3 | und. | | 2.5 |
| ∅ Pernos = | 0.5 | plg. | → | 1.27 cm |
| h = | 0.125 | plg. | → | 0.3175 cm |
| t = | 0.1875 | plg. | → | 0.47625 cm |
| \bar{x} = | 0.569 | plg. | → | 1.44526 cm |
| L = | 3 | plg. | → | 7.62 cm |
| U = | 0.81033333 | ≤ | 0.9 | !!!CUMPLE!!! |

LÍMITE DE ESBELTEZ

| | | | |
|-----|-------|-----|--------------|
| K = | 1 | | |
| L = | 0.56 | m | → 56 cm |
| r = | 0.617 | plg | → 1.56718 cm |

$$K.L/r \leq 300$$

$$35.7329726 \leq 300 \quad \text{!!!CUMPLE!!!}$$

ESTADO LÍMITE DE BLOQUE DE CORTE

| | | |
|-------------|------------|--------------------|
| fy = | 2530 | kg/cm ² |
| fu = | 4080 | kg/cm ² |
| ∅ = | 0.75 | Adim. |
| Lv= | 9.53 | cm |
| Lt= | 2.22 | cm |
| Agv = | 4.5386625 | cm ² |
| Agt = | 1.057275 | cm ² |
| Anv = | 2.64854531 | cm |
| Ant = | 0.67925156 | cm |
| fu Ant = | 2771.34638 | kg |
| 0.6 fu Anv= | 6483.63893 | kg |

HAY FLUENCIA POR TRACCIÓN Y ROTURA POR CORTANTE

| | | |
|---------------|----------------|-----------|
| ∅ Rn = | 6868.91 | kg |
|---------------|----------------|-----------|

→

| | |
|------------|-----------|
| 6.9 | tn |
|------------|-----------|

D) Cálculo de bloque de corte para un ángulo de 2" x 2 " x 1/4"

Datos:

| | | | | |
|-------------|------------|------|-----|---------------------|
| # Pernos = | 3 | und. | | |
| ∅ Pernos = | 0.5 | plg. | → | 2.5 1.27 cm |
| h = | 0.125 | plg. | → | 0.3175 cm |
| t = | 0.25 | plg. | → | 0.635 cm |
| \bar{x} = | 0.592 | plg. | → | 1.50368 cm |
| L = | 3 | plg. | → | 7.62 cm |
| U = | 0.80266667 | ≤ | 0.9 | ¡¡¡CUMPLE!!! |

LÍMITE DE ESBELTEZ

| | | | |
|-----|-------|-----|------------|
| K = | 1 | | |
| L = | 0.56 | m | → |
| r = | 0.609 | plg | → |
| | | | 56 cm |
| | | | 1.54686 cm |

$$K.L/r \leq 300$$

$$36.2023713 \leq 300 \quad \text{¡¡¡CUMPLE!!!}$$

ESTADO LÍMITE DE BLOQUE DE CORTE

| | | |
|--------------------|------------|--------------------|
| $f_y =$ | 2530 | kg/cm ² |
| $f_u =$ | 4080 | kg/cm ² |
| $\emptyset =$ | 0.75 | Adim. |
| $L_v =$ | 9.53 | cm |
| $L_t =$ | 2.22 | cm |
| $A_{gv} =$ | 6.05155 | cm ² |
| $A_{gt} =$ | 1.4097 | cm ² |
| $A_{nv} =$ | 3.53139375 | cm |
| $A_{nt} =$ | 0.90566875 | cm |
| $f_u A_{nt} =$ | 3695.1285 | kg |
| $0.6 f_u A_{nv} =$ | 8644.8519 | kg |

HAY FLUENCIA POR TRACCIÓN Y ROTURA POR CORTANTE

| | | |
|-------------------|----------------|-----------|
| $\emptyset R_n =$ | 9158.54 | kg |
|-------------------|----------------|-----------|

→

| | |
|------------|-----------|
| 9.2 | tn |
|------------|-----------|

E) Cálculo de bloque de corte para un ángulo de 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"

Datos:

| | | |
|-------------|--------|------|
| # Pernos = | 3 | und. |
| ∅ Pernos = | 0.5 | plg. |
| h = | 0.125 | plg. |
| t = | 0.1875 | plg. |
| \bar{x} = | 0.514 | plg. |
| L = | 3 | plg. |

$$U = 0.82866667 \leq 0.9$$

2.5

| | | |
|---|---------|----|
| → | 1.27 | cm |
| → | 0.3175 | cm |
| → | 0.47625 | cm |
| → | 1.30556 | cm |
| → | 7.62 | cm |

!!!CUMPLE!!!

LÍMITE DE ESBELTEZ

| | | |
|-----|-------|------|
| K = | 1 | |
| L = | 0.56 | m |
| r = | 0.778 | plg. |

| | | |
|---|---------|----|
| → | 56 | cm |
| → | 1.97612 | cm |

$$K.L/r \leq 300$$

$$28.33836 \leq 300 \quad \text{!!!CUMPLE!!!}$$

ESTADO LÍMITE DE BLOQUE DE CORTE

| | | |
|--------------------|------------|--------------------|
| $f_y =$ | 2530 | kg/cm ² |
| $f_u =$ | 4080 | kg/cm ² |
| $\emptyset =$ | 0.75 | Adim. |
| $L_v =$ | 9.53 | cm |
| $L_t =$ | 2.86 | cm |
| $A_{gv} =$ | 4.5386625 | cm ² |
| $A_{gt} =$ | 1.362075 | cm ² |
| $A_{nv} =$ | 2.64854531 | cm |
| $A_{nt} =$ | 0.98405156 | cm |
| $f_u A_{nt} =$ | 4014.93038 | kg |
| $0.6 f_u A_{nv} =$ | 6483.63893 | kg |

HAY FLUENCIA POR TRACCIÓN Y ROTURA POR CORTANTE

| | | | | | |
|-------------------|----------------|-----------|---------------|------------|-----------|
| $\emptyset R_n =$ | 7447.27 | kg | \rightarrow | 7.4 | tn |
|-------------------|----------------|-----------|---------------|------------|-----------|

F) Cálculo de bloque de corte para un ángulo de 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"

Datos:

| | | | | |
|-------------|-------|------|-----|--------------|
| # Pernos | 3 | und. | | |
| = | | | | 2.5 |
| ∅ Pernos | 0.5 | plg. | → | 1.27 cm |
| = | | | | |
| h = | 0.125 | plg. | → | 0.3175 cm |
| = | | | | |
| t = | 0.25 | plg. | → | 0.635 cm |
| = | | | | |
| \bar{x} = | 0.537 | plg. | → | 1.36398 cm |
| = | | | | |
| L = | | plg. | → | 7.62 cm |
| = | | | | |
| U = | 0.821 | ≤ | 0.9 | !!!CUMPLE!!! |

LÍMITE DE ESBELTEZ

| | | | | |
|-----|-------|-----|---|------------|
| K = | 1 | | | |
| L = | 0.56 | m | → | 56 cm |
| r = | 0.769 | plg | → | 1.95326 cm |

$$K.L/r \leq 300$$

$$28.6700183 \leq 300 \quad \text{!!!CUMPLE!!!}$$

ESTADO LÍMITE DE BLOQUE DE CORTE

| | | |
|--------------------|------------|--------------------|
| $f_y =$ | 2530 | kg/cm ² |
| $f_u =$ | 4080 | kg/cm ² |
| $\emptyset =$ | 0.75 | Adim. |
| $L_v =$ | 9.53 | cm |
| $L_t =$ | 2.86 | cm |
| $A_{gv} =$ | 6.05155 | cm ² |
| $A_{gt} =$ | 1.8161 | cm ² |
| $A_{nv} =$ | 3.53139375 | cm |
| $A_{nt} =$ | 1.31206875 | cm |
| $f_u A_{nt} =$ | 5353.2405 | kg |
| $0.6 f_u A_{nv} =$ | 8644.8519 | kg |

HAY FLUENCIA POR TRACCIÓN Y ROTURA POR CORTANTE

| | | | | | |
|-------------------|----------------|-----------|---------------|------------|-----------|
| $\emptyset R_n =$ | 9929.69 | kg | \rightarrow | 9.9 | tn |
|-------------------|----------------|-----------|---------------|------------|-----------|

Tabla 5*Resistencia de tornillos sometidos a esfuerzos de Tracción y Corte*

| DIAMETRO TORNILLO ½" | ÁREA (cm ²) | TRACCIÓN | CORTE |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------|----------------|
| | | kgf | kgf |
| PERNOS A307. | 1.27 | 4004.41 | 2131.38 |
| PERNOS A325 cuando HAY ROSCAS en los planos de corte. | 1.27 | 8008.81 | 4262.76 |
| PERNOS A325 cuando NO HAY ROSCAS en los planos de corte. | 1.27 | 8008.81 | 5360.74 |
| PERNOS NTC 4028 (ASTM A490) , cuando HAY ROSCAS en los planos de corte. | 1.27 | 10075.61 | 5360.74 |
| PERNOS NTC 4028 (ASTM A490) , cuando NO HAY ROSCAS en los planos de corte. | 1.27 | 10075.61 | 6717.07 |

Fuente: Elaboración propia

Se usarán 3 pernos de ½" de alta resistencia NTC 4028 en cada extremo de perfil ángulo. 3 pernos de ½ " en corte (no se presentan roscas en el plano de corte)

$$R = 3 \times (6717.07 \text{ kg}) = 20151.21 \text{ kg} = 20.2 \text{ tn}$$

5.2 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

A continuación se muestran algunas vistas del procedimiento de ensayo



Foto 5. Después de colocar el perfil, y transmitir hidrolina a las gatas hidráulicas, las cartelas van separando más su distancia, a su vez el perfil empieza a estirarse



Foto 6. Vista de falla en perfil de acero. La dirección en la que falla por bloque de corte, generalmente se dio en la parte superior, en algunos casos se da en lado inferior, ello se debe a que en esa área el acero empieza a ceder.



Foto 7. Luego de observar al perfil pasar por el límite plástico y finalmente llegar al punto de ruptura, es necesario mantener la vista en el manómetro, donde nos indicará que valor se obtuvo en cada ensayo



Foto 8. Vista de perfil ensayado, se puede apreciar que el perfil falla por bloque de corte. Cada ensayo que se realiza merma la capacidad de la unión simple (NTC 4028 A490), llegando a fallar antes el perno que el perfil, para ello se recomienda cambiar el perno en cada 3 ensayos.

Según los ensayos realizados en la máquina de tracción del laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos de la Universidad Privada de Tacna, los valores de carga última resistidos por cada probeta son los que se muestran en la tabla 6.

Tabla 6*Resultados de los ensayos*

| Denominación | Perfiles Ángulo Ensayados | Psi | Resistencia obtenida en laboratorio (tn) |
|---------------------|--------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------|
| Probeta 01 | 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8" | 390 | 7,0 |
| Probeta 02 | 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16" | 700 | 12,5 |
| Probeta 03 | 2" x 2" x 3/16" | 700 | 12,5 |
| Probeta 04 | 2" x 2" x 1/4" | 1200 | 21,5 |
| Probeta 05 | 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16" | 1100 | 19,7 |
| Probeta 06 | 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4" | 1400 | 25,0 |

Fuente: Elaboración propia

5.3 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS

Si realizamos una comparación de los resultados obtenidos teóricamente y mediante ensayos, podemos mencionar que los valores de carga última de los perfiles ensayados superan la resistencia a la rotura por bloque de corte en más del 50%.

Tabla 7

Comparación de resultados teóricos y de laboratorio

| Perfiles Ángulo Ensayados | (psi) | Resistencia obtenida en los cálculos (tn) | Resistencia obtenida en laboratorio (tn) |
|--------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8" | 390 | 4,2 | 7,0 |
| 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16" | 700 | 6,3 | 12,5 |
| 2" x 2" x 3/16" | 700 | 6,9 | 12,5 |
| 2" x 2" x 1/4" | 1200 | 9,2 | 21,5 |
| 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16" | 1100 | 7,4 | 19,7 |
| 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4" | 1400 | 9,9 | 25,0 |

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 5: DISCUSIÓN

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

Como hipótesis específicas 1, se han considerado la siguiente:

“Es factible acondicionar una máquina de ensayos a tracción en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos de la Universidad Privada de Tacna para el estudio del acero estructural”

Al respecto debemos mencionar lo siguiente:

- Con la finalidad de determinar el verdadero comportamiento del acero estructural es necesario realizar ensayos de control de calidad. Es por ello que en la actualidad existen una serie de ensayos en los materiales de construcción que nos permiten determinar sus diferentes resistencias.
- Existen diversos materiales de construcción que se emplean en la ciudad de Tacna, sin embargo el control de calidad que se realiza en la obras está enfocado más en obtener la resistencia a la compresión del concreto y muy rara vez en la mampostería.
- Durante nuestra investigación hemos podido determinar que en la ciudad de Tacna no existen estudios de control de calidad ni ensayos de laboratorio referentes a las estructuras metálicas ya que no es un material muy tradicional como es el concreto y la mampostería.
- En general todos los estudios existentes referentes a las estructuras metálicas son teóricos, por lo que consideramos que este trabajo de investigación es de gran aporte en beneficio de nuestros compañeros que estudian la carrera de ingeniería civil en la Universidad Privada de Tacna (UPT), ya que se ha instalado la primera máquina de ensayos a tracción en el laboratorio mecánica de suelos concreto y pavimentos de la UPT.
- Sin embargo, es necesario realizar mejoras al equipo, como es la instalación de medidores de carga-deformación que permita observar las lecturas obtenidas al aplicar las cargas de manera controlada hasta que el perfil falle y de esta manera podamos obtener curvas de capacidad o de comportamiento y

de esta manera determinar las principales propiedades de los perfiles de acero que se ofrecen en el mercado Tacneño.

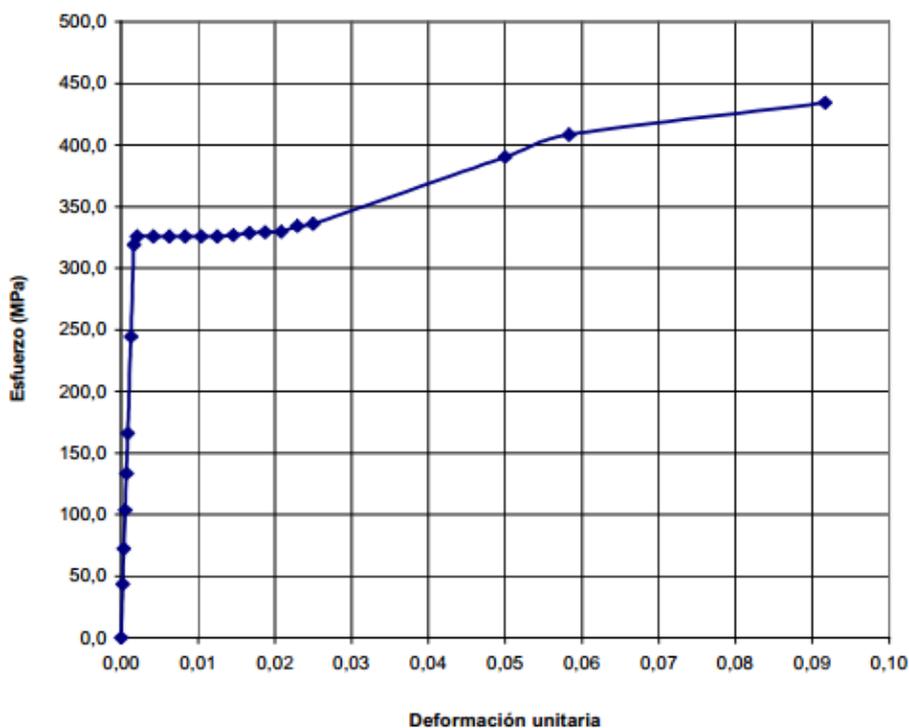


Figura 11. Ejemplo de curva-deformación de un perfil de acero sometido a tracción (Bermúdez, 2005)



Foto 9. Se observa que para realizar el ensayo en la máquina de tracción, es necesario palanquear con un tubo galvanizado en el orificio.

Como hipótesis específicas 2, se han considerado lo siguiente:

“Mediante ensayos de laboratorio, si se puede verificar que los perfiles de acero estructural A36 tipo L que comercializa la empresa Aceros Arequipa cumple con sus especificaciones técnicas mínimas”.

Al respecto debemos mencionar lo siguiente:

- En la ciudad de Tacna los perfiles de acero más utilizados son de la empresa Aceros Arequipa, quienes desde el año 1966 con la puesta en funcionamiento de su primera Planta de Laminación de productos de acero, vienen fabricando ángulos, platinas y perfiles para atender los mercados de Lima y el sur del Perú.
- Para realizar este trabajo de investigación se realizaron ensayos en 30 perfiles de acero tipo ángulo de diferentes dimensiones y espesores; y se verificó el tipo de falla que se presentó en el bloque de corte.
- Posteriormente se hizo un análisis comparativo de los resultados de teóricos versus los del laboratorio, llegándose a la conclusión que los valores de carga última de los perfiles ensayados superan la resistencia a la rotura por bloque de corte en más del 50%. En ese sentido, los perfiles de acero ensayados cumple con sus especificaciones técnicas en lo que se refiere a su resistencia.

Finalmente, como hipótesis general se ha definido lo siguiente:

“La resistencia a la rotura mediante ensayos experimentales de bloque de corte de los perfiles de acero tipo L que comercializa la empresa Aceros Arequipa en la ciudad de Tacna, son mayores a su resistencia de diseño, debido a los factores de seguridad establecidos en nuestras normas vigentes”.

Al respecto debemos mencionar lo siguiente:

- Como se observa en la tabla 7, de la comparación de resultados teóricos y de laboratorio se ha podido determinar que en todos los casos los ensayos de laboratorio sobrepasan los cálculos teóricos.

- El ensayo consistió en someter diversos perfiles de acero a cargas de tracción, hasta que se genere la falla por bloque de corte.
- Las fallas presentadas, en su totalidad eran como se esperaba en el diseño, es decir se produce una fractura en la sección neta efectiva de los elementos conectados.



Foto 10. Falla típica producida en los perfiles de acero

CONCLUSIONES

Las conclusiones en base a los objetivos generales y específicos son:

PRIMERA CONCLUSIÓN

Se ha determinado la resistencia a la rotura por bloque de corte mediante ensayos experimentales en 30 perfiles de acero tipo L que comercializa la empresa Aceros Arequipa en la ciudad de Tacna. Como se observa en la tabla 8, de la comparación de resultados teóricos y de laboratorio se ha podido determinar que en todos los casos los ensayos de laboratorio sobrepasan los cálculos teóricos.

Tabla 8

Comparación de resultados teóricos y de laboratorio

| Perfiles Ángulo Ensayados | Resistencia (psi) | Resistencia obtenida en los cálculos (tn) | Resistencia obtenida en laboratorio (tn) |
|--------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8" | 390 | 4,2 | 7,0 |
| 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16" | 700 | 6,3 | 12,5 |
| 2" x 2" x 3/16" | 700 | 6,9 | 12,5 |
| 2" x 2" x 1/4" | 1200 | 9,2 | 21,5 |
| 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16" | 1100 | 7,4 | 19,7 |
| 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4" | 1400 | 9,9 | 25,0 |

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, las fallas presentadas en los perfiles de acero eran como se esperaba en el diseño, es decir se produce una fractura en la sección neta efectiva de los elementos conectados.

SEGUNDA CONCLUSIÓN

Para cumplir con nuestro objetivos fue necesario el acondicionamiento de una máquina de ensayos a Tracción en el laboratorio de mecánica de suelos, concretos y Pavimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna, de esta manera pretendemos incentivar entre los estudiantes y docentes de la carrera de ingeniería civil la ejecución de futuros estudios para realizar ensayos en perfiles de acero y varillas de aceros comerciales, contribuyendo de esta manera con información técnica de los materiales de construcción que se emplean en la ciudad de Tacna.

TERCERA CONCLUSIÓN

De los ensayos en 30 perfiles de acero estructural A6 tipo L que comercializa la empresa Aceros Arequipa, se ha podido verificar que en todos los casos los perfiles cumplen con sus especificaciones técnicas, ya que su resistencia a la rotura sobrepasa la resistencia de diseño.

RECOMENDACIONES

PRIMERA RECOMENDACIÓN

Se recomienda a los gobiernos locales, constructores y supervisores de obra a realizar ensayos de control de calidad en los diferentes perfiles que se ofrecen en el mercado de la ciudad de Tacna, ya que estos se centran más en el concreto armado y la albañilería, pero no en el acero estructural.

SEGUNDA RECOMENDACIÓN

Se recomienda a la Universidad Privada de Tacna capacitar a los estudiantes y docentes para el correcto uso de la máquina de ensayo a tracción. Asimismo, es necesario implementar con diversos accesorios de tal manera que la máquina de tracción sea más sofisticada.

TERCERA RECOMENDACIÓN

Se recomienda a la Universidad Privada de Tacna, promover el estudio del comportamiento a tracción de diferentes perfiles de acero y varillas de construcción, ya que este es el primer trabajo de investigación relacionada al área de las estructuras metálicas; y la cantidad de materiales que se ofrece en nuestro mercado es muy numerosa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AISC (2005)**, "*Steel Construction Manual; American Institute of Steel Construction*", Chicago; 13ª Edición
- Aguirre Ahumada C, (2010)**, "*Especificación ANSI/AISC 360-10 para construcciones de Acero*". Asociación latinoamericana del Acero, Chile.
- Akbar R. Tamboli, (2003)**, "*Handbook of Structural Steel Connection Design and Details*", USA.
- Bermúdez Mejía C, (2005)**, "*Curso Básico de estructuras metálicas*". Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- García Cobas S, (2013)**, "*Confrontación de la estructura de falla de conexiones metálicas atornilladas y soldadas contra los resultados en ensayo de laboratorio*". Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Mc Cormac, Jack C., (2012)**, "*Diseño de Estructuras de Acero, Método LRFD*";5ta Edición, Alfaomega, México.
- Quiroz Villon E, (2011)**, "*Comportamiento de conexiones empernadas sometidas a cargas cíclicas y periódicas*". Universidad Nacional de ingeniería, Peru.
- SENCICO, (2004)**, "*Norma Peruana de Estructuras de Acero NTE E.090*", Perú.

ANEXO 01
MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

| PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA | HIPOTESIS | OBJETIVO | VARIABLE | INDICADOR | MÉTODO | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ¿Cuál es la resistencia a la rotura mediante ensayos experimentales de bloque de corte de los perfiles de acero tipo L que comercializa la empresa Aceros Arequipa en la ciudad de Tacna? | La resistencia a la rotura mediante ensayos experimentales de bloque de corte de los perfiles de acero tipo L que comercializa la empresa Aceros Arequipa en la ciudad de Tacna, son mayores a su resistencia de diseño, debido a los factores de seguridad establecidos en nuestras normas vigentes. | Determinar la resistencia a la rotura mediante ensayos experimentales de los perfiles de acero tipo L que comercializa la empresa Aceros Arequipa en la ciudad de Tacna. | Variable dependiente: Bloque de corte | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Área total sometida a corte. ➤ Área total sometida a tracción. ➤ Área neta sometida a corte. ➤ Área neta sometida a tracción. | Descriptivo Explicativo | |
| ¿Se puede acondicionar una máquina de ensayos a tracción en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos de la Universidad Privada de Tacna para el estudio del acero estructural? | Es factible acondicionar una máquina de ensayos a tracción en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos de la Universidad Privada de Tacna para el estudio del acero estructural. | Acondicionar una máquina de ensayos a tracción en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos de la Universidad Privada de Tacna para el estudio del acero estructural | | Variable independiente : perfiles de acero tipo ángulo | | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Límite de Fluencia mínimo ✓ Resistencia a la tracción ✓ Relación de esbeltez |
| ¿De los ensayos de laboratorio, se puede verificar que los perfiles de acero estructural A36 tipo L que comercializa la empresa Aceros Arequipa cumple con sus especificaciones técnicas mínimas? | Mediante ensayos de laboratorio, si se puede verificar que los perfiles de acero estructural A36 tipo L que comercializa la empresa Aceros Arequipa cumple con sus especificaciones técnicas mínimas. | Realizar ensayos de laboratorio y verificar que los perfiles de acero estructural A36 tipo L que comercializa la empresa Aceros Arequipa cumple con sus especificaciones técnicas mínimas | | | | |

ANEXO 02
MÁQUINA DE ENSAYOS DE TRACCIÓN

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

1) una vez que se verificó en gabinete los resultados de los cálculos se procede a colocar el perfil deseado entre las 2 cartelas como se muestra la imagen



Se coloca el perfil y los pernos respectivos en los vuelvos. Los pernos trabajarán conjuntamente al perfil. Debe colocarse un perno de 6 líneas para mejores resultados. Ya que después de varios ensayos este empieza a fallar.

Foto 1A. Vista de perfil en máquina de tracción

2) una vez anclado el perfil, se procede a transmitir presión a las gatas hidráulicas, estas empiezan a elevar los tubos de acero



La base del funcionamiento de la máquina consiste en palanquear con un tubo galvanizado en el orificio.

Foto 2A. Vista de aplicación de carga



Foto 3A. Vista de aplicación de Carga

3) tras alcanzar el límite plástico el perfil llega a un punto donde ya no puede regresar a su estado normal, llegando así al punto de ruptura



Foto 4A. Vista de falla a la rotura

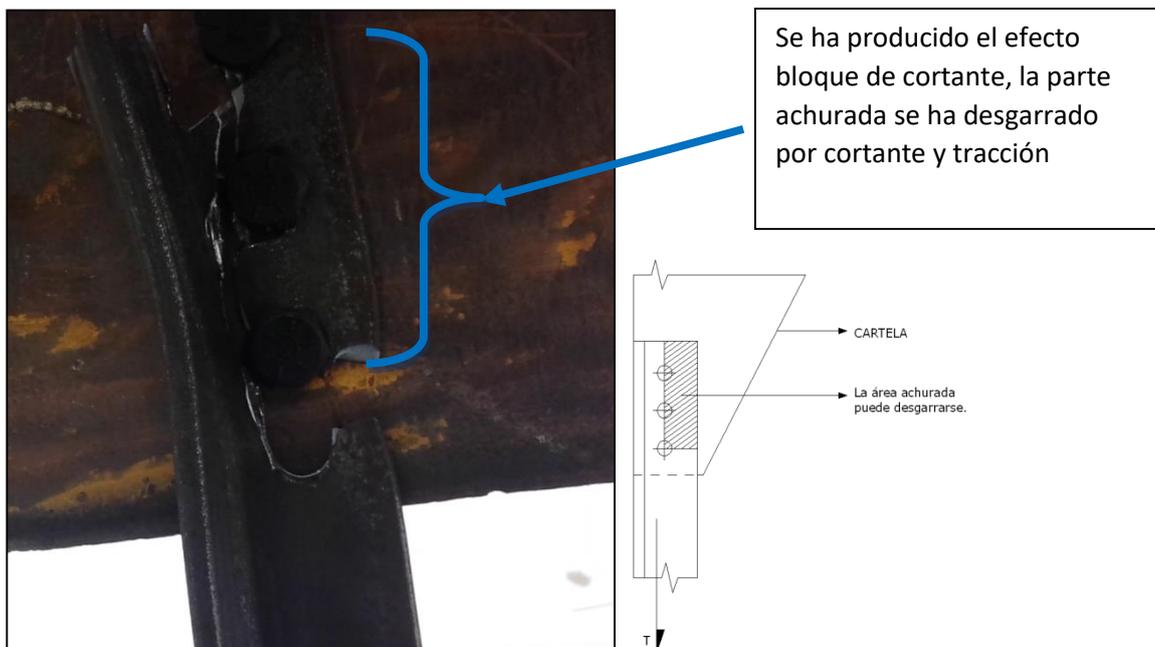
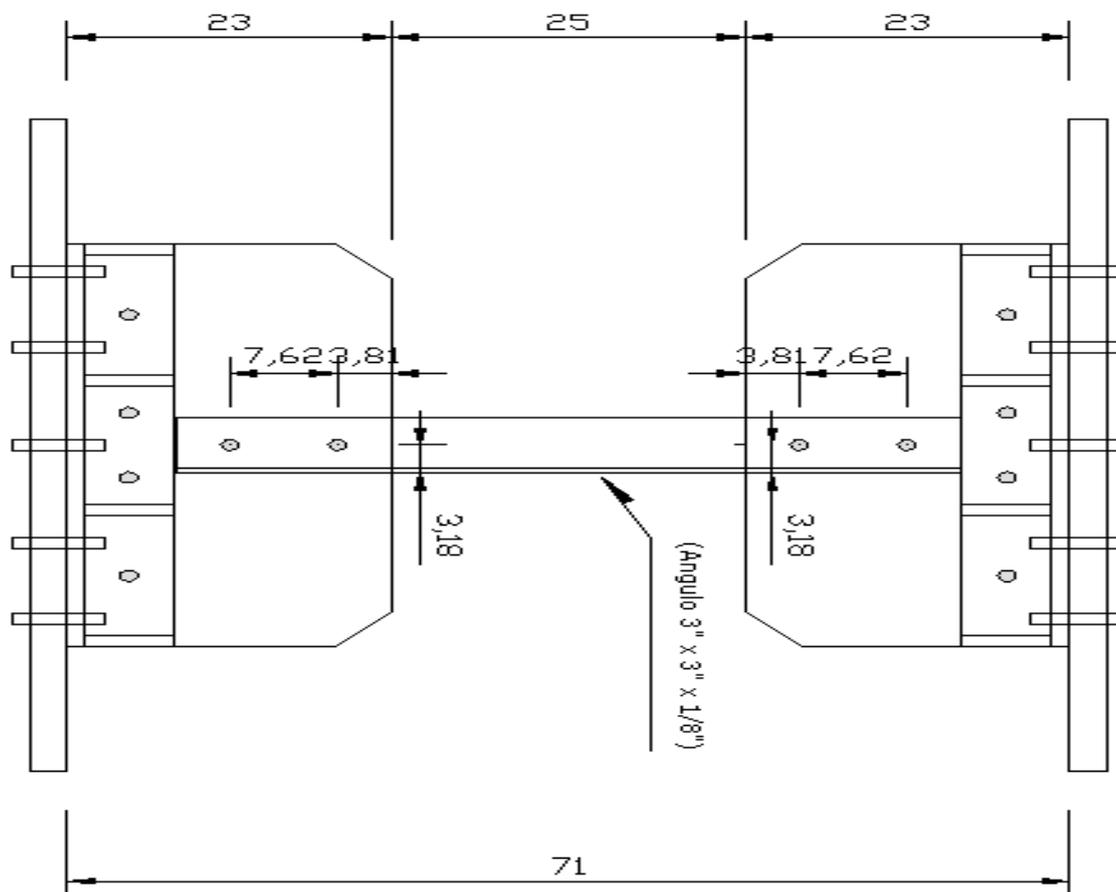
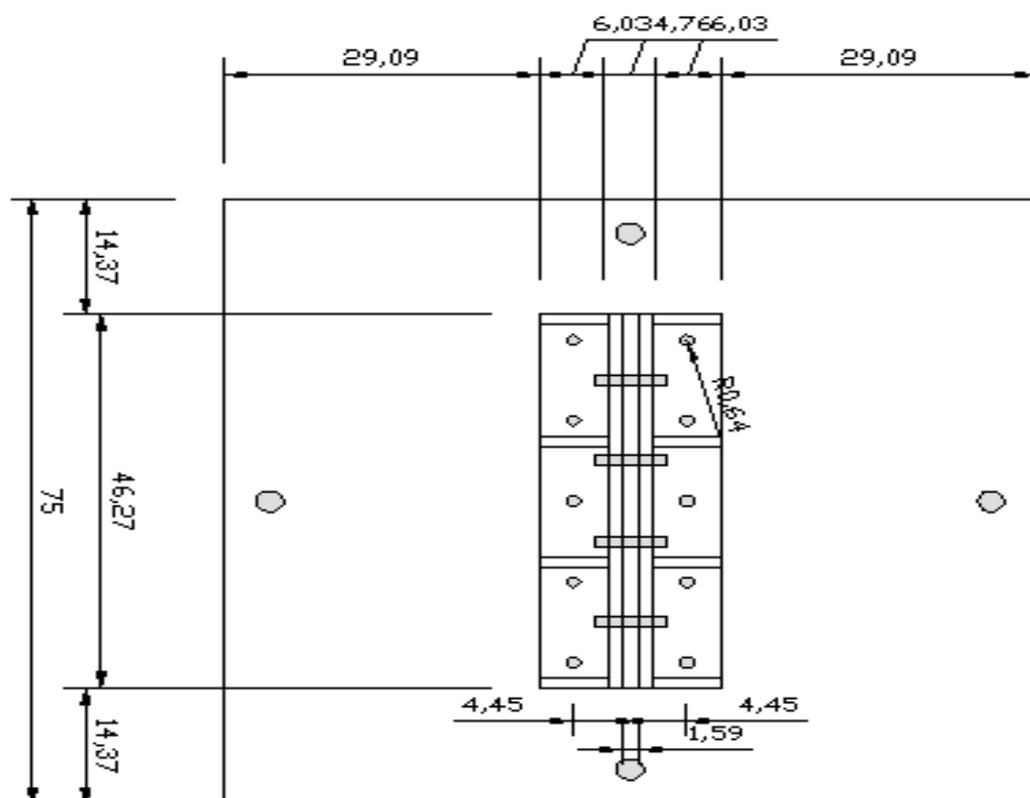
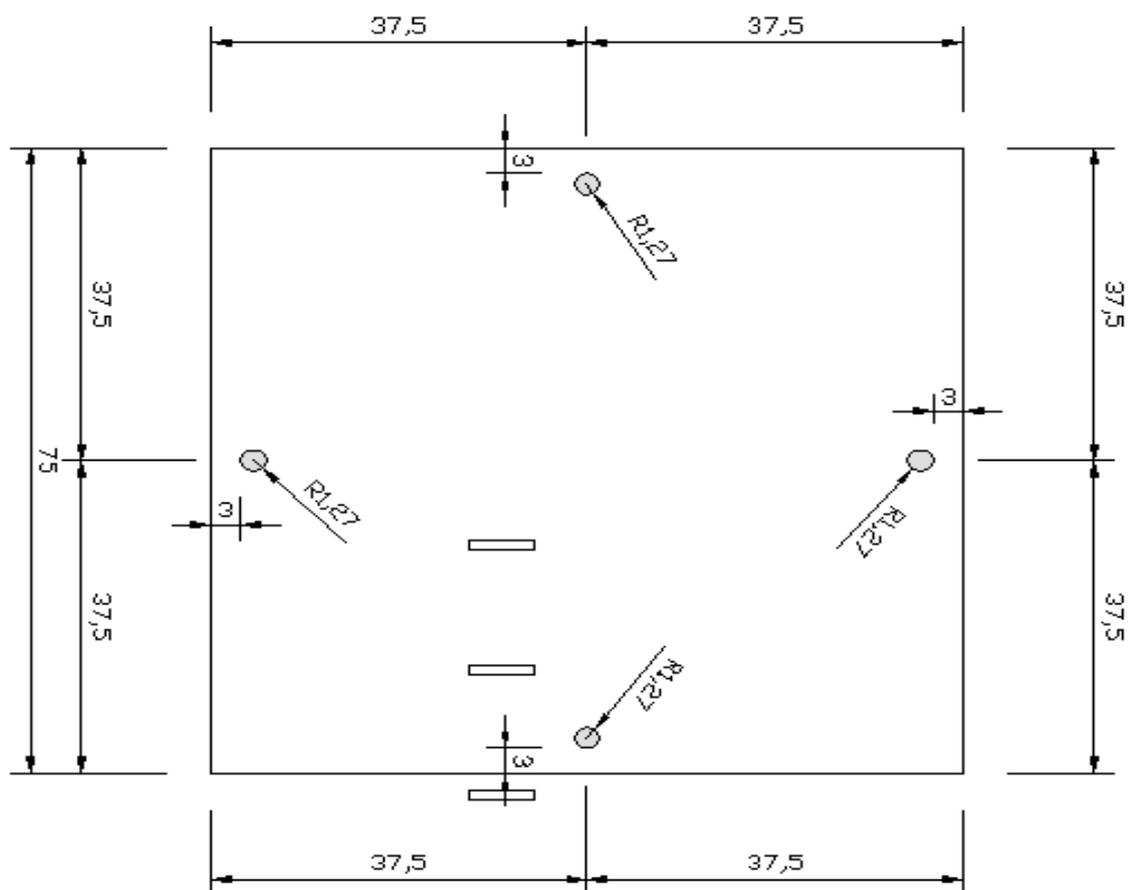


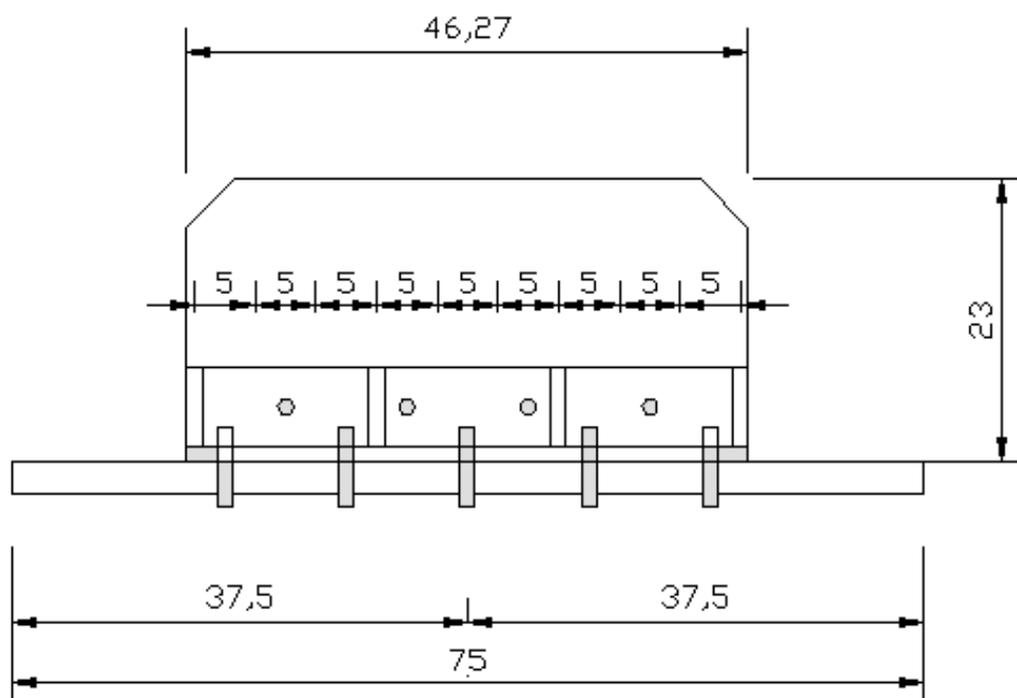
Foto 5A. Vista de falla a la rotura del bloque de corte

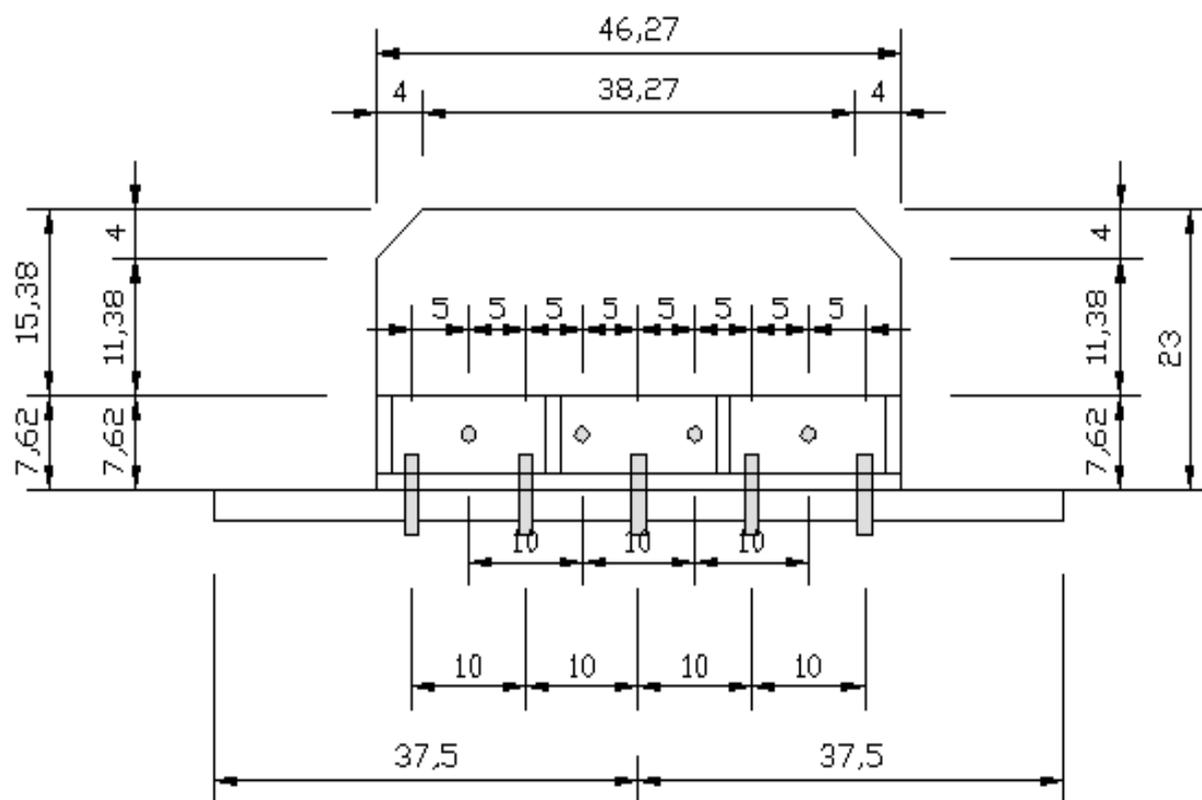
PLANOS: MÁQUINA DE ENSAYO A TRACCIÓN

VISTA FRONTAL

VISTA DE PLANTA

PLANCHA VISTA INFERIOR

VISTA DE DETALLE CARTELA INFERIOR/ SUPERIOR

VISTA FRONTAL DE DETALLE CARTELA INFERIOR

VISTA PERFIL DE CARTELA INFERIOR