



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TEMA:

“ANÁLISIS TÉRMICO EN EL CABEZAL DE LA MÁQUINA DE EXTRUSIÓN DE PVC RÍGIDO Y SU EFECTO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE PROBETAS NORMALIZADAS DE TUBERÍA DE DESAGÜE 110 mm SEGÚN NORMA NTE 1374 EN LA EMPRESA TUMILSA S.A.”

AUTOR: Diego Fabián López Paucar

TUTOR: Ing. Luis Escobar

AMBATO-ECUADOR

2013

CERTIFICACIÓN

Yo Ing. Luis Escobar en mi calidad de tutor del proyecto de grado “ANÁLISIS TÉRMICO EN EL CABEZAL DE LA MÁQUINA DE EXTRUSIÓN DE PVC RÍGIDO Y SU EFECTO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE PROBETAS NORMALIZADAS DE TUBERÍA DE DESAGÜE 110 mm SEGÚN NORMA NTE 1374 EN LA EMPRESA TUMILSA S.A.”, Trabajo elaborado por el Sr. Diego Fabián López Paucar certifico que:

-Ha sido revisado en cada uno de sus capítulos.

-Está concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ing. Luis Escobar.....

AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

Yo, Diego Fabián López Paucar con C.I. 180415717-8 tengo a bien indicar que los criterios emitidos en el Trabajo de Graduación: “Análisis térmico en el cabezal de la máquina de extrusión de PVC rígido y su efecto en las propiedades mecánicas de probetas normalizadas de tubería de desagüe 110 mm según norma NTE 1374 en la empresa TUMILSA S.A.”, como también los contenidos presentados, ideas, análisis y síntesis son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este Trabajo de Graduación.

Ambato, Julio de 2013

AUTOR

DIEGO FABIÁN LÓPEZ PAUCAR

DEDICATORIA

*Dedicado con admiración a Dios por
bendecirme con una gran familia,
primeramente a mi Madre Yolanda Paucar
porque siempre con su amor, apoyo
y sacrificio supo guiarme en todo momento.
A mis hermanos Mauricio, Silvana, Patricia
y a mi Padre Guillermo López,
que siempre me apoyan y respalda,
A mis Abuelitos Adan y Cleotilde que
con su ejemplo de dedicación
y responsabilidad supieron
inculcarme buenos principios;
a mi Esposa Kathy, Tíos y Primos
quienes siempre me apoyaron
y estuvieron conmigo en todo momento.*

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida y los dones de sabiduría recibidos para continuar en el camino verdadero.

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional durante toda mi vida universitaria y mi diario vivir.

A la empresa TUMILSA S.A. A su Gerente General B.A.Victoria Navas, Al Señor Victor Hugo Navas propietario de la empresa.

A los Ingenieros Julio Castillo y Edwin Guerrero por la apertura y el apoyo brindado en el desarrollo de mi trabajo de grado previo a la obtención del título profesional.

De manera especial a mi Tutor Ing. Luis Escobar por el asesoramiento y disposición quien con su conocimiento me orientó en la realización del presente trabajo.

A mi Esposa Kathy Muso porque ella me incentivó a superarme y alcanzar todos mis objetivos planteados.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PÁGINAS PRELIMINALES

Página de título o portada	i
Página de aprobación por el Tutor	ii
Página de autoría del trabajo de graduación	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Índice general de contenidos	vi-xii
Índice de tablas	xii-xiii
Índice de figuras	xiv
Resumen ejecutivo	xv

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO	3
1.2.3 PROGNOSIS	3
1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.2.5 INTERROGANTES	4
1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
1.2.6.1 DE CONTENIDO	4

1.2.6.2 ESPACIAL	5
1.2.6.3 TEMPORAL	5
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 OBJETIVOS	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	8
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA	8
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL	8
2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	9
2.4.1 EXTRUSIÓN	9
2.4.1.1 TIPOS DE EXTRUSORAS	10
2.4.1.2 LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE UNA EXTRUSORA	10
2.4.1.3 EL CABEZAL Y BOQUILLA	11
2.4.2 EL PVC	12
2.4.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL PVC	14
2.4.2.2 TIPOS DE TUBERÍA DE PVC	16
2.4.3 ENSAYOS DESTRUCTIVOS	18
2.4.4 ANÁLISIS TÉRMICO	19
2.4.4.1 ¿QUÉ ES EL ANÁLISIS TÉRMICO?	19

2.4.4.2 IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS TÉRMICO	20
2.4.5 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	21
2.6 HIPÓTESIS	21
2.7 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES	21
2.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	21
2.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE	21
2.7.3 TÉRMINO DE RELACIÓN	21

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE	22
3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN	22
3.2.1 BIBLIOGRÁFICA	22
3.2.2 CAMPO	22
3.3 TIPOS DE INVESTIGACIÓN	23
3.3.1 DESCRIPTIVO	23
3.3.2 EXPLICATIVO	23
3.3.3 CORRELACIONAL	23
3.3.4 APLICADA	23
3.3.5 ASOCIACIÓN DE VARIABLES	23
3.3.6 POBLACIÓN Y MUESTRA	23
3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	25
3.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	25

3.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE	26
3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	27
3.5.1 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	27
3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	27
3.6.1 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	27

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	28
4.1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DEL CABEZAL DE EXTRUSIÓN	28
4.1.1.1 TIPOS DE TERMOCUPLAS MÁS UTILIZADAS	29
4.1.1.2 TERMOPLÁSTICOS	30
4.1.2 PARÁMETROS IMPORTANTES DE NORMAS INTERNACIONALES DE LAS CUALES SE AYUDAN LAS NORMAS INEN ECUATORIANAS PARA DEFINIR LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS	32
4.1.3 PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS DESTRUCTIVOS	34
4.1.3.1 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO (NORMA INEN 504)	34
4.1.3.2 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERIOR SOSTENIDA (NORMA INEN 503)	36
4.1.3.3 DETERMINACIÓN DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL (NORMA INEN 1368)	38
4.1.3.4 DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE ABLANDAMIENTO (NORMA INEN 1367)	40

4.1.3.5 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE EXTRUSIÓN POR INMERSIÓN EN ACETONA (NORMA INEN 507)	42
4.1.4 CÁLCULOS APLICADOS	43
4.1.5 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y DE LAS TEMPERATURAS DE LAS ZONAS DEL CABEZAL DE CADA LOTE.	44
4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	48
4.2.1 COMPARACIÓN DE LA TEMPERATURAS DE LAS ZONAS DEL CABEZAL CON LOS ENSAYOS DESTRUCTIVOS DE CADA LOTE	48
4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	51

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES	52
5.2 RECOMENDACIONES	53

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS	54
6.1.1 TEMA	54
6.1.2 INSTITUCIÓN EJECUTORA	54
6.1.3 BENEFICIARIOS	54
6.1.4 UBICACIÓN	54
6.1.5 TIEMPO ESTIMADO PARA LA EJECUCIÓN	55
6.1.6 EQUIPO TÉCNICO RESPONSABLE	55

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	55
6.3 JUSTIFICACIÓN	56
6.4 OBJETIVOS	56
6.4.1 GENERAL	56
6.4.2 ESPECÍFICOS	56
6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	57
6.6 FUNDAMENTACIÓN	57
6.6.1 ACEROS PRETEMPLADOS	57
6.6.2 RADIO HIDRÁULICO PARA SECCIONES TRANSVERSALES NO UNIFORMES	59
6.6.3 NÚMERO DE REYNOLDS	60
6.6.4 FLUIDOS NO NEWTONIANOS	61
6.6.5 FLUJO VISCOSO Y NO VISCOSO	62
6.6.6 PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR FRICCIÓN EN EL FLUJO LAMINAR	64
6.6.7 PÉRDIDA DE ENERGÍA DEBIDO A LA FRICCIÓN EN CONTRACCIÓN GRADUAL	65
6.6.8 ESFUERZOS EN CILINDROS DE PARED GRUESA	66
6.7 METODOLOGÍA. MODELO OPERATIVO	68
6.7.1 DISEÑO Y SUS CONSIDERACIONES	68
6.7.1.1 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PROMEDIO	68
6.7.1.2 CÁLCULO DEL RADIO HIDRÁULICO	69
6.7.1.3 NÚMERO DE REYNOLDS	70
6.7.1.4 PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR FRICCIÓN EN EL FLUJO LAMINAR	70

6.7.1.5 PÉRDIDAS DE ENERGÍA DEBIDO A LA FRICCIÓN EN CONTRACCIÓN GRADUAL	71
6.7.1.6 CÁLCULO APROXIMADO DE LA PUNTA DEL CONO NUEVO	72
6.7.1.7 SELECCIÓN DEL MATERIAL DEBIDO A LOS ESFUERZOS QUE DEBE SOPORTAR	73
6.7.1.8 FACTORES EN LA SELECCIÓN DEL MATERIAL A UTILIZAR	75
6.7.1.9 SIMULACIÓN DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR	76
6.8 ADMINISTRACIÓN	79
6.8.1 ANÁLISIS DE COSTOS	79
6.8.2 COSTOS DIRECTOS	79
6.8.3 COSTOS INDIRECTOS	79
6.8. COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN	80
6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Propiedades térmicas del pvc	14
Tabla 2.2 Propiedades físicas del pvc	14
Tabla 2.3 Técnicas de análisis térmicos más comunes	20
Tabla 4.1 Termocuplas según norma IEC 584-1	30
Tabla 4.2 Temperaturas de Fusión (T_f) y temperatura de transición Vítrea (T_V) de algunos termoplástico	32
Tabla 4.3 Propiedades específicas para las diferentes clasificaciones, según las normas NTC 369 y ASTM D1784	33
Tabla 4.4 Altura de caída de la bala para Prueba de Impacto	34

Tabla 4.5 Parámetros para el Ensayo de presión hidrostática interior sostenida	36
Tabla 4.6 Tiempo de ensayo de acuerdo al espesor de pared	39
Tabla 4.7 Resultado de los ensayos destructivos lote 1	44
Tabla 4.8 Temperaturas del cabezal lote 1	45
Tabla 4.9 Resultado de los ensayos destructivos lote 2	46
Tabla 4.10 Temperaturas del cabezal lote 2	46
Tabla 4.11 Resultado de los ensayos destructivos lote 3	47
Tabla 4.12 Temperaturas del cabezal lote 3	48
Tabla 4.13 Temperaturas del cabezal de los tres lotes	49
Tabla 4.14 Resultado de los ensayos destructivos lote 4	50
Tabla 4.15 Temperaturas de todos los lotes analizados	51
Tabla 4.16 Comparación de la reversión longitudinal para cada lote	51
Tabla 6.1 Aceros Pretemplados	58
Tabla 6.2 Valores aproximados de viscosidad para algunos materiales	62
Tabla 6.3 Unidades de viscosidad dinámica	63
Tabla 6.4 Unidades de viscosidad cinemática	63
Tabla 6.5 Cálculos realizados a matrices existentes para tubería de 110mm para obtener un diámetro aproximado del cono deseado	72
Tabla 6.6 Costo del material Acero M238 pretemplado	79
Tabla 6.7 Costo mano de obra	79
Tabla 6.8 Costo de equipos y materiales	80
Tabla 6.9 Costo diversos	80
Tabla 6.10 Costo total de la inversión	80
Tabla 6.11 Resultados de los ensayos destructivos utilizando el cono nuevo	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Partes del cabezal de extrusión	12
Figura 2.2 Red química de monómero y polímero	13
Figura 2.3 Red de categorías fundamentales	21
Figura 4.1 Zonas del cabezal	28
Figura 4.2 Equipo para realizar el ensayo destructivo de impacto	35
Figura 4.3 Tanque para Ensayo de presión hidrostática interior sostenida	37
Figura 4.4 Horno universal	38
Figura 4.5 Equipo vicat	41
Figura 4.6 Recipiente contenedor de acetona	43
Figura 4.7 Temperaturas vs zonas del cabezal lote 1	45
Figura 4.8 Temperaturas vs zonas del cabezal lote 2	46
Figura 4.9 Temperaturas vs zonas del cabezal lote 3	48
Figura 6.1 Cono para elaborar tubería de desagüe 110 mm	55
Figura 6.2 Dependencia de viscosidad de distintos polímeros con la temperatura	63
Figura 6.3 Contracción gradual	65
Figura 6.4 Coeficiente de resistencia por contracción gradual	66
Figura 6.5 Cilindro sometido a presión interna y externa	67
Figura 6.6 Esquema del cono e hilera	68
Figura 6.7 Condiciones de extremos del cabezal	77
Figura 6.8 Mallado del cabezal	78
Figura 6.9 Resultado térmico del cabezal	78

RESUMEN EJECUTIVO

La empresa TUMILSA S.A. perteneciente al GRUPO MIL nace por el compromiso de Víctor Hugo Navas, preocupado por el desarrollo de la región, vinculado al medio económico e industrial de la provincia de Tungurahua, y sin dejar de lado el cuidado por el medio ambiente.

En la Empresa TUMILSA S.A. de la ciudad de Ambato, siendo una empresa nueva que cuenta con maquinaria y tecnología de punta, basados en el compromiso de aportar con la protección del medio ambiente, produce para el país tuberías de pvc de ventilación, presión y desagüe con sellos de calidad INEN.

Teniendo en cuenta el proceso de extrusión y el desgaste al cual están sometidos los componentes de la extrusora la Empresa ha visto la necesidad de implementar planes de mantenimiento y estudios en cada área del proceso de producción de tubería; por lo que se realizó el análisis térmico en el cabezal de la máquina de extrusión de PVC rígido y su efecto en las propiedades mecánicas de probetas normalizadas de tubería de desagüe 110 mm según norma NTE 1374.

El desarrollo del análisis nos proporcionó un enfoque directo sobre cuáles son las temperaturas más adecuadas para la fabricación de la tubería de desagüe 110 mm, para obtener excelentes propiedades mecánicas.

La propuesta se basó en diseñar y construir un cono (pin) para la fabricación de tubería de PVC de 110 mm con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas de la tubería en la empresa TUMILSA S.A.

Utilizando las temperaturas encontradas en el análisis realizado y usando el cono nuevo se obtuvo los resultados de los ensayos destructivos los cuales nos indican que existe una mejora considerable; Siendo el más sobresaliente el ensayo de reversión longitudinal obteniendo como resultado **2.03 %** con respecto al **2.6%** que se obtuvo al inicio de la propuesta, siendo uno de los objetivos disminuir el porcentaje promedio de este ensayo.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA

Análisis térmico en el cabezal de la máquina de extrusión de PVC rígido y su efecto en las propiedades mecánicas de probetas normalizadas de tubería de desagüe 110 mm según norma NTE 1374 en la empresa TUMILSA S.A.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

El PVC es el plástico de elección para incontables aplicaciones que contribuyen a mejorar la calidad de vida. Constituido en un 57% por cloro, obtenido a partir de la sal común, y en un 43% por etileno, derivado del petróleo o gas, el PVC es el polímero más versátil y uno de los más utilizados en el mundo. Su particular habilidad para mezclarse con aditivos le permite adaptarse a los requerimientos de una gran variedad de productos. El PVC les confiere así a sus distintas aplicaciones las propiedades distintivas que se traducen en su mejor desempeño funcional, ambiental y económico.

El desarrollo en tecnología y aplicaciones no ha tenido pausa llegándose en nuestros días a una producción de 25 millones de toneladas. Estudios realizados por el Centro

de Ecología y Toxicología de la Industria Química Europea (ECETOC), señalan que la producción de PVC se realiza sin riesgos para el medio ambiente.

En el Ecuador empresas como Plastigama, Rival, Tigre, Tuberías del Pacífico, entre otras se encuentran produciendo para el país tuberías que cumplen con las normas de calidad INEN entregando al mercado ecuatoriano tubos de PVC de presión, ventilación, desagüe, ductos eléctricos y telefónicos, entre otros. Estas empresas para cumplir con los requerimientos que exige el INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) al momento de sacar al mercado tubería con sellos de calidad se ven en la necesidad de incorporar a sus plantas de producción laboratorios que cuenten con equipos especializados para realizar los distintos ensayos destructivos para verificar las propiedades mecánicas requeridas por la normas en la aplicación de los diferentes tipos de tuberías.

Los ensayos a los cuales están sometidos la tubería con sello de calidad INEN para la determinación de las propiedades mecánicas son: Reversión longitudinal, Presión hidrostática interior sostenida, Temperatura de ablandamiento Vicat, Impacto, Inmersión en acetona e Inflamabilidad. Los que son aplicados con diversos parámetros dependiendo del tipo de tubería a producir.

En la Provincia de Tungurahua se determina la existencia de dos empresas que producen tuberías de PVC TUMILSA y Holviplas, estas empresas producen al mercado tubería de presión ventilación y desagüe. Los ensayos destructivos que se aplican a cada tipo de tubería son los mismos lo único que varían son los parámetros según lo que indique cada norma.

En la Empresa TUMILSA S.A. ubicada el Panamericana Norte Km 10, sector Samanga entrada a puerto Arturo en la ciudad de Ambato, siendo una empresa nueva que cuenta con maquinaria y tecnología de punta, basados en el compromiso de aportar con la protección del medio ambiente, produce para el país tuberías de PVC de ventilación, presión y desagüe con sellos de calidad INEN.

Dentro de un mundo competitivo en el cual nos encontramos los sectores productivos y de negocios no pueden quedar al margen de la competencia, la actualización de nuevas tecnologías y productos se vuelven indispensables por lo cual la Empresa TUMILSA S.A. ha visto la necesidad de implementar un plan de mejora continua en todo el proceso analizando las propiedades mecánicas de la tubería.

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

Se hace necesario analizar las zonas de la extrusora en donde el PVC se plastifica y da las propiedades mecánicas para que la tubería normalizada de desagüe pueda aprobar sin ningún problema las pruebas establecidas por cada norma en especial el ensayo destructivo de reversión longitudinal que es el que nos da una pauta para saber si la matricería utilizada en la fabricación de la tubería es la correcta. Al no realizar el análisis del cabezal de extrusión la tubería normalizada de desagüe a medida que pase el tiempo podrían disminuir las propiedades mecánicas y no cumplir con los apartados establecidos por las normas aplicadas por tanto esto sería motivo de una no conformidad y posible pérdida del sello de calidad, de esta manera se estará en desventaja con respecto a las empresas que si cuentan con los sellos de calidad para éste tipo de tubería, los clientes buscarán alternativas en el mercado encontrando empresas que si les puedan ofrecer diversos tipos de tubería de PVC, disminuyendo las utilidades de la empresa por el abandono de los clientes.

1.2.3 PROGNOSIS

En la empresa TUMILSA S.A. al no analizar en cabezal de la extrusora en donde el PVC se plastifica y da las propiedades a la tubería, podrán aparecer problemas internos de la extrusora sin que puedan ser identificados con facilidad y solo podrán ser visibles demasiado tarde cuando el problema ya sea muy grande y a su vez produciría una para inesperada y la tubería no podría salir al mercado por lo que se puede encontrar en desventaja con respecto a las industrias de la competencia, ocasionando que las ventas de los demás productos decaigan ya que el cliente siempre

exige que los productos sean variados y cuenten con documentación que certifique la calidad de la tubería, con ello se provocará una inestabilidad económica que afectará gravemente a la posición que ha logrado conseguir en el poco tiempo que la empresa está en el mercado.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué tipo de análisis debe realizarse en el cabezal de la máquina de extrusión de PVC rígido para que las probetas normalizadas de tubería de desagüe de 110 mm no pierdan las propiedades mecánicas y cumplan con la norma NTE 1374 en la empresa TUNILSA S.A.?

1.2.5 INTERROGANTES

¿Qué propiedades mecánicas son las más relevantes en la tubería de desagüe?

¿Qué parámetros son necesarios analizar en el ensayo destructivo de reversión longitudinal?

¿Qué beneficios se logrará con el análisis de las diferentes zonas del cabezal?

¿Por qué es indispensable analizar las zonas del cabezal?

1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.6.1 DE CONTENIDO

Las asignaturas de las cuales nos ayudaremos para la realización del proyecto son: Sistemas Térmicos, Transferencia de calor, Gestión de Calidad, Técnicas de Investigación.

1.2.6.2 ESPACIAL

El desarrollo del proyecto se realizará dentro de las instalaciones de la empresa TUMILSA S.A.

1.2.6.3 TEMPORAL

El desarrollo de este estudio está comprendido entre los meses de Septiembre del 2012 y Junio del 2013.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En el Ecuador como en muchos países, el desarrollo de los diversos tipos de tuberías de PVC, ha ocasionado que las empresas inviertan en maquinaria de alta tecnología, como es el caso de la empresa TUMILSA S.A. de la ciudad de Ambato. Con ello se ha conseguido mejorar la calidad del producto y entregar a los clientes una gran variedad de tubería de acuerdo a las necesidades de cada uno.

Al momento la empresa realiza tubería de PVC de presión, ventilación y desagüe y cada vez va creciendo la cantidad de clientes por lo que la empresa se ve en la necesidad de producir tubería de alta calidad sobre todo en la tubería más solicitada por el mercado llamada de alta rotación, para lo cual es necesario analizar los resultados de los ensayos destructivos realizados a la tuberías de desagüe de 110 mm, en meses anteriores con el fin de encontrar alguna variación en las propiedades mecánicas.

TUMILSA S.A. al ser una empresa con gran proyección industrial, por poseer maquinaria nueva con una mínima contaminación y gracias a su avanzado sistema de recirculación de agua constituye un aporte importante con la protección del medio ambiente, no puede dejar de lado la Calidad de la tubería producida y basados estrictamente en los incisos de las Normas establecidas por el INEN se puede

garantizar la Calidad de los distintos tipos de tubería que ya se encuentran en el mercado.

Teniendo en cuenta que la competencia de las empresas que se dedican a la producción de tubería de PVC es tan grande, debemos buscar alternativas para satisfacer las necesidades de nuestros clientes más exigentes, siendo uno de ellos entregar al mercado un producto que garantice la calidad en las diferentes aplicaciones a las cuales son sometidas las tuberías de PVC.

El análisis a realizarse en el cabezal de la extrusora con el fin de mejorar las propiedades mecánicas constituye un aporte significativo ya que estaríamos en condiciones de producir tuberías con calidad superior a las existentes en el mercado. El logro de éstas expectativas tendrá impacto en el crecimiento industrial y económico de la empresa abriendo un campo al conocimiento y desarrollo que permitirá estar a la vanguardia de los nuevos productos preparándose continuamente para responder a un mercado que día a día exige renovación y cambios.

Debido a que la empresa TUMILSA S.A. se encuentra innovando, día tras día las labores profesionales en las diferentes áreas se van incrementando por lo que es necesaria la implementación de nuevos equipos que brinden la oportunidad de desarrollar proyectos que cumplan con las necesidades de actualización continua que es implementada por la dirección de la empresa.

Finalmente el tema planteado permite aplicar los conocimientos teóricos prácticos adquiridos dentro del proceso académico de formación profesional.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Estudiar térmicamente las zonas del cabezal de la máquina de extrusión de PVC rígido y su efecto en las propiedades mecánicas de probetas normalizadas de tubería de desagüe de 110 mm según norma NTE 1374.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar que propiedades mecánicas son afectadas con el exceso de temperatura.
- Analizar los parámetros necesarios en los ensayos destructivos aplicados en la tubería de desagüe de 110 mm.
- Determinar los parámetros para el análisis de las diferentes zonas del cabezal
- Evaluar muestras terminadas de tubería de desagüe de 110 mm con diferentes temperaturas para la calibración de la máquina.
- Plantear una propuesta de solución al problema existente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Para el análisis del presente tema se ha encontrado una investigación relacionada, la cual fue realizada en la Escuela Superior Politécnica del Litoral en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la producción presentada por el Sr. Juan Luis Ferret Campoverde con el tema Rehabilitación, Operación y Mantenimiento de una Extrusora de Compuestos de Polímeros en el año 2008.

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

Con la presente investigación se pretende analizar las diferentes zonas del cabezal seleccionando las formas más idóneas y recomendadas para mejorar la calidad de los productos producidos y a su vez combinará el aprendizaje teórico, con la experiencia práctica obtenida en la Empresa TUMILSA S.A. en el desarrollo de los ensayos destructivos de tubería de PVC, ya que debido al crecimiento tecnológico y empresarial las industrias buscan nuevos productos de gran rotación en el mercado y que cuenten con sello de calidad. Con el desarrollo del presente tema se beneficiará tanto a los productores como los clientes.

2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Para el presente estudio se toma como referencias las siguientes Normas Técnicas:

ISO 4435; ISO 9969 Para tubos en alcantarillado.

INCONTEC 382	Especificaciones que deben poseer los materiales.
ASTM D2241	Especificaciones que deben poseer los materiales.
NTC 369	Propiedades físicas.
ASTM D1784	Propiedades físicas.
NTE INEN 503	Prueba de presión hidrostática interior.
NTE INEN 504	Resistencia al impacto.
NTE INEN 507	Ensayo de calidad de extrusión por inmersión en solvente.
NTE INEN 1333	Tubería de poli cloruro de vinilo Terminología.
NTE INEN 1367	Determinación de la temperatura de ablandamiento Vicat.
NTE INEN 1368	Determinación de la reversión longitudinal en tubos.
NTE INEN 1374	Tubería de PVC rígido para uso sanitario en sistemas de gravedad.

2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

2.4.1 EXTRUSIÓN

El proceso de extrusión consiste en que el polímero tratado llegue a su punto de fusión para que una vez en fase líquida, pueda pasar a través de un cabezal donde se ha practicado canalizaciones que darán al polímero la forma deseada.

Así pues, para el soplado de films, láminas para termoformar, fibras sintéticas, revestimiento de hilos, tuberías y perfiles o en líneas de reciclado o repeletización se requiere extrusora que transformen el material a su estado fundido.

2.4.1.1 TIPOS DE EXTRUSORAS

En función del tipo de producto que se quiera obtener será necesario que se seleccione la extrusora que mejor pueda realizar el proceso. El fabricante ya indica para qué tipo de procesos se adapta mejor la máquina. Aquí indicamos los distintos tipos de extrusoras que hay en el mercado.

Extrusora en proceso continuo:

a. Un solo husillo: producen un flujo homogéneo y uniforme. Adecuadas para procesos de coextrusión.

b. Doble husillo: producen una mezcla entre granza y aditivos muy buena debido a que aumentan tanto las fuerzas de cizalla contra las paredes del cilindro como entre husillos.

b.1. Co-rotacionales: ofrecen buen resultado en compounding o peletización de plásticos.

b.2. Contra-rotacionales: elimina el proceso de peletización, reduce costes de formulación y mejora la calidad del producto.

b.2.1. Husillos paralelos: adecuado para alta producción.

b.2.2. Husillos cónicos: adecuado para baja producción.

2.4.1.2 LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE UNA EXTRUSORA

- Producción máxima (kg/hora).
- Potencia de la extrusora y presión máxima admisible de salida.
- Facilidad de limpieza (cilindro autolimpiable, ...).
- Facilidad de manejo y de control.

- Variedad de accesorios.
- Material a tratar: termoplástico o elastómero.

Datos técnicos a tener en cuenta:

- Producción (kg/hora, variable según la densidad del polímero).
- Relación L/D (a partir de 20 para grandes producciones).
- Husillo: número, diseño, material.
- Velocidad de giro (r.p.m.).
- Par motor: torque (define la presión de cabeza).
- Zonas de calefacción.
- Material del cilindro.
- Diseño del cilindro: una sola chimenea de desgasificación o más.
- Obertura de alimentación (estándar, rectangular u ovalada: compatibilidad con dosificadores).
- Consumo de agua (l/h).
- Consumo eléctrico (kW/h).
- Dimensiones de la máquina.

2.4.1.3 EL CABEZAL Y BOQUILLA

El cabezal es la pieza situada al final del cilindro, que se encuentra sujetando la boquilla y por lo general manteniendo el plato rompedor.

Generalmente va atornillado al cilindro. El perfil interno del cabezal debe facilitar lo más posible el flujo de material hacia la boquilla. La figura 2.1 muestra un sistema de

cabezal-boquilla de forma anular. En la figura el material fluye del cilindro a la boquilla a través del torpedo, situado en el cabezal. La sección transversal de los soportes del torpedo se diseña para proporcionar el flujo de material y velocidad constante.

La función de la boquilla es la de moldear el plástico. Las boquillas se pueden clasificar por la forma del producto, teniendo así boquillas anulares como la mostrada en la figura

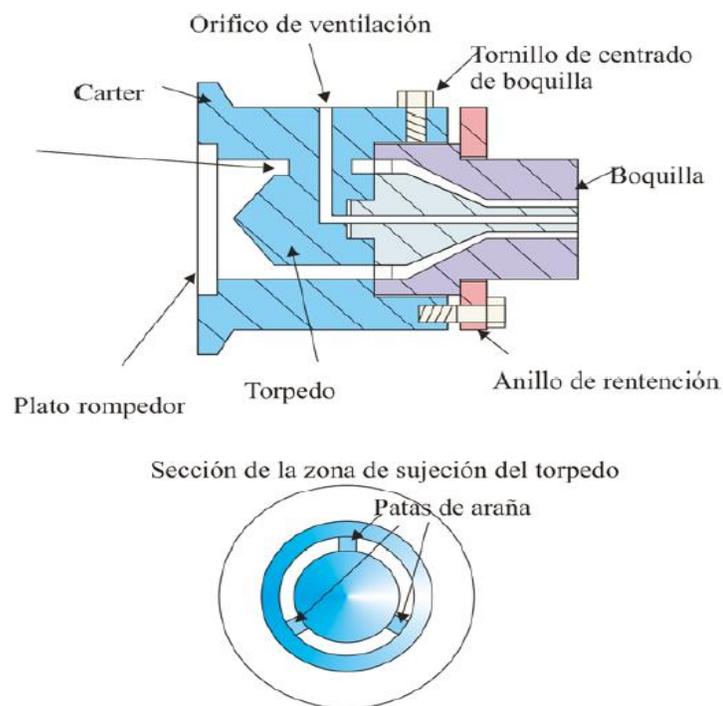


Figura 2.1 Partes del cabezal de extrusión

Fuente: <http://www.textoscientificos.com/cabezal/pvc>

2.4.2 EL PVC

El Policloruro de Vinilo (PVC) es un moderno, importante y conocido miembro de la familia de los termoplásticos. Es un polímero obtenido de dos materias primas

naturales cloruro de sodio o sal común (ClNa) (57%) y petróleo o gas natural (43%), siendo por lo tanto menos dependiente de recursos no renovables que otros plásticos.

Es uno de los polímeros más estudiados y utilizados por el hombre para su desarrollo y confort, dado que por su amplia versatilidad es utilizado en áreas tan diversas como la construcción, energía, salud, preservación de alimentos y artículos de uso diario, entre otros.

El desarrollo en tecnología y aplicaciones no ha tenido pausa llegándose en nuestros días a una producción de 25 millones de ton. Estudios realizados por el Centro de Ecología y Toxicología de la Industria Química Europea (ECETOC), señalan que la producción de PVC se realiza sin riesgos para el medio ambiente.

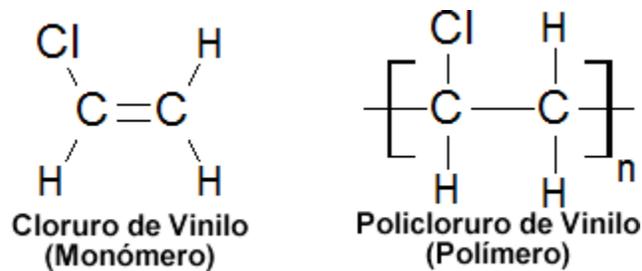


Figura 2.2 Red química de monómero y polímero

Fuente: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/pvc>

El PVC se presenta en su forma original como un polvo blanco, amorfo y opaco.

- Es inodoro, insípido e inócua, además de ser resistente a la mayoría de los agentes químicos.
- Es ligero y no inflamable por lo que es clasificado como material no propagador de la llama.
- No se degrada, ni se disuelve en agua y además es totalmente reciclable.

Es uno de los polímeros más estudiados y utilizados por el hombre para su desarrollo y confort, dado que por su amplia versatilidad es utilizado en áreas tan diversas como

la construcción, energía, salud, preservación de alimentos y artículos de uso diario, entre otros.

El desarrollo en tecnología y aplicaciones no ha tenido pausa llegándose en nuestros días a una producción de 25 millones de toneladas.

Tabla 2.1 Propiedades térmicas del PVC

Propiedades Térmicas	
Calor Específico (J K ⁻¹ kg ⁻¹)	1000-1500
Coefficiente de Expansión Térmica (x10 ⁻⁶ K ⁻¹)	75-100
Conductividad Térmica a 23C (W m ⁻¹ K ⁻¹)	0,12-0,25
Temperatura Máxima de Utilización (C)	50-75
Temperatura Mínima de Utilización (C)	-30
Temperatura de Deflación en Caliente - 0.45MPa (C)	70
Temperatura de Deflación en Caliente - 1.8MPa (C)	67

Fuente: <http://www.plasticbages.com/pvcplastico/html>

Tabla 2.2 Propiedades físicas del PVC

Densidad	1,37 a 1,42 Kg/dm. ³
Coefficiente de dilatación lineal	0,000.060 a 0.000.080 m/°C/m.
Temperatura de ablandamiento	> 80 °C.
Módulo de elasticidad a 20° C	> 28.000 Kg./cm. ²
Tensión de rotura a tracción	> 500 Kg./cm. ²

Fuente: <http://www.plasticbages.com/pvcplastico/html>

2.4.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL PVC

a) Resistente y liviano

Su fortaleza ante la abrasión, bajo peso (1,4 g/cm³), resistencia mecánica y al impacto, son las ventajas técnicas claves para su elección en la edificación y construcción.

b) Versatilidad

Gracias a la utilización de aditivos tales como estabilizantes, plastificantes y otros, el PVC puede transformarse en un material rígido o flexible, teniendo así gran variedad de aplicaciones.

c) Longevidad

Es un material excepcionalmente resistente. Los productos de PVC pueden durar hasta más de sesenta años como se comprueba en aplicaciones tales como tuberías para conducción de agua potable y sanitarios; de acuerdo al estado de las instalaciones se espera una prolongada duración de las mismas.

d) Seguridad

Debido al cloro que forma parte del polímero PVC, no se quema con facilidad ni arde por si solo y cesa de arder una vez que la fuente de calor se ha retirado. Se emplea eficazmente para aislar y proteger cables eléctricos en el hogar, oficinas y en las industrias. Los perfiles de PVC empleados en la construcción para recubrimientos, cielorrasos, puertas y ventanas, tienen también esta propiedad de ignición.

e) Reciclable.

Esta característica facilita la reconversión del PVC en artículos útiles y minimiza las posibilidades de que objetos fabricados con este material sean arrojados en rellenos sanitarios. Pero aún si esta situación ocurriese, dado que el PVC es inerte no hay evidencias de que contribuya a la formación de gases o a la toxicidad de los lixiviados.

f) Rentable

Bajo costo de instalación y prácticamente costo nulo de mantenimiento en su vida útil.

g) Aislante eléctrico

No conduce la electricidad, es un excelente material como aislante para cables.

2.4.2.2 TIPOS DE TUBERÍA DE PVC

A.- Tubería de PVC para Uso Sanitario

Se utiliza en sistemas de alcantarillado y pluvial, así como aplicaciones donde no exista presión alguna, su acople es mediante unión por cementado solvente espigo campana, E/C.

Ventajas que ofrece la tubería de PVC de Uso Sanitario:

- Utilizadas en sistemas de ventilación bajo norma INEN 2474.
- Sistemas de desagüe, evacuación de aguas residuales, aguas lluvias y/o negras bajo norma INEN 1374.
- Alta resistencia al impacto.
- Fácil de instalar.
- Resistente al maltrato en obra.
- Resistente al ataque de ácidos.
- Es impermeable en sus uniones.
- Superficie interior lisa.
- Mayor beneficio precio/calidad.

B.- Tubería de PVC para ducto eléctrico y telefónico

Denominada también como tubería Conduit, su aplicación es la protección de conductores eléctricos. Por el tipo de instalaciones se han dividido en dos tipos liviano y pesado. Se usa en edificios, Centros comerciales y lugares de alta contaminación. También se encuentran los de uso subterráneo, para zonas industriales, cableado telefónico, alumbrado público etc.

Ventajas que ofrece la Tubería de PVC Conduit:

- Resistente al maltrato en obra.
- Es impermeable en sus uniones.
- Alta resistencia al impacto.
- Superficie interior y exterior lisa.
- Fácil de instalar.
- Autoextinguible.

C.- Tubería de PVC Hidráulica

Utilizada en instalaciones de fluidos a presión, especialmente en la conducción de agua potable; los tipos de unión más comunes para estas tuberías son, unión con sello elastomérico y la unión cementada.

Ventajas que ofrece la tubería de PVC hidráulica:

- Producción según norma INEN 2497.
- Fácil de roscar.
- Resistente a elevadas presiones.

- Resistente al maltrato en obra.
- No permite incrustaciones.
- No afecta la salud.
- Es impermeable en sus uniones.

2.4.3 ENSAYOS DESTRUCTIVOS

Para el análisis de los resultados debemos de tener muy claro las tablas y las fórmulas que vamos a utilizar para lo cual se presenta a continuación un resumen:

- **Determinación de la resistencia a la presión hidrostática interior sostenida (NORMA INEN 503)**

RESUMEN: El método consiste en someter a las probetas a una presión interna determinada y constante, durante un lapso prolongado, bajo condiciones de ensayo prefijados.

- **Determinación de la resistencia al impacto (NORMA INEN 504)**

RESUMEN: El método consiste en dejar caer libremente, sobre zonas marcadas alrededor de la superficie de la probeta y desde una altura conocida, una masa determinada provista de un percutor en forma establecida, bajo condiciones de ensayo especificadas.

- **Determinación de la calidad de extrusión por inmersión en acetona (NORMA INEN 507)**

RESUMEN: El método consiste en sumergir la probeta en acetona anhidra bajo condiciones determinadas de ensayo; luego de un lapso prefijado, retirarla de la solución y observar los cambios en su apariencia.

- **Determinación de la temperatura de ablandamiento Vicat (NORMA INEN 1367)**

RESUMEN: Determinación de la temperatura a la que un penetrador normalizado, bajo una carga de 49.05N, penetra 1 mm en la superficie del espécimen de ensayo retirado de la pared del tubo plástico. Durante el tiempo de ensayo la temperatura se incrementa linealmente en función del tiempo. La temperatura a la que se produce la penetración de 1 mm es indicada como la temperatura de ablandamiento Vicat (VST).

- **Determinación de la reversión longitudinal (NORMA INEN 1368)**

RESUMEN: El método consiste en determinar el cambio en longitud de la probeta sometida a tratamiento térmico, fuego en un tiempo determinado.

$$T = \frac{Q * M}{\text{Output} * K} \quad \text{(Ecuación 2.1)}$$

Q = Cantidad de tubos.
 M = Masa [M]
 Output = Cantidad de masa en función del tiempo [M/T]
 K = Factor de seguridad del Output (0.8)
 T = Tiempo de fabricación de la tubería [T]

Los ensayos se realizan con un lapso aproximado de 1.5 horas.

$$\text{Cantidad de ensayos} = \frac{T}{1.5 \text{ horas}} \quad \text{(Ecuación 2.2)}$$

En cada ensayo se utiliza 9 probetas.

$$\text{Cantidad de probetas} = \text{Cantidad de ensayos} * 9 \quad \text{(Ecuación 2.3)}$$

2.4.4 ANÁLISIS TÉRMICO

2.4.4.1 ¿QUÉ ES EL ANÁLISIS TÉRMICO?

Todos aquellos métodos de medida basados en el cambio, con la temperatura (o en función del tiempo a temperatura constante), de una propiedad física o mecánica de un material, mientras se le somete a un programa de temperaturas controlado.

2.4.4.2 IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS TÉRMICO

a) en procesos de control de fabricación (control de calidad).

b) en investigación.

{
Cerámicos
Metales
Polímeros

Las propiedades finales de un material dependen de i) las condiciones de fabricación de un producto y ii) su historia y tratamientos térmicos.

Tabla 2.3 Técnicas de análisis térmicos más comunes

<u><i>Técnica</i></u>	<u><i>Propiedad medida</i></u>
Termogravimetría	Masa
Análisis Térmico diferencial	Temperatura
Calorimetría diferencial de barrido	Entalpía
Análisis Termomecánico	Módulo
Análisis Termomecánico Dinámico	Módulo
Relajación Dieléctrica	Constante dieléctrica
Termooptometría	Propiedad óptica
Análisis Electrotérmico	Conductividad Eléctrica
Termomagnetometría	Propiedad Magnética

Fuente: <http://www.analistermico.com/tecnicaspropiedades/html>

2.4.5 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

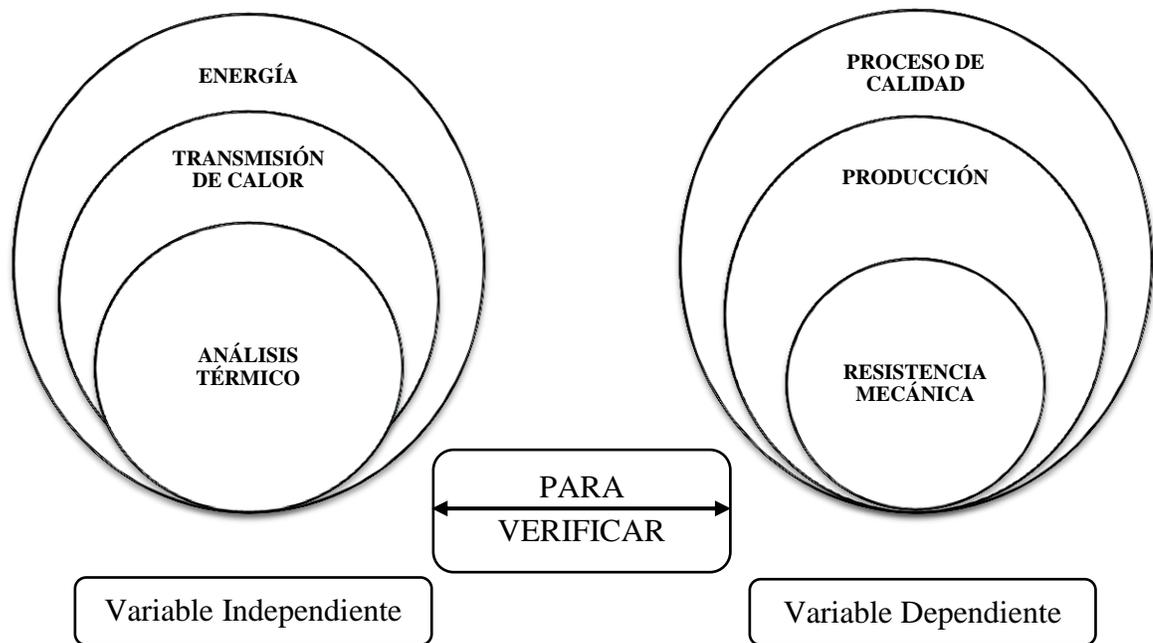


Figura 2.3 Red de categorías fundamentales

Fuente: Diego López

2.6 HIPÓTESIS

El desconocimiento de las temperaturas más adecuadas podría alterar las propiedades mecánicas de las probetas normalizadas de desagüe de 110 mm.

2.7 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES

2.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE: Análisis térmico en el cabezal de la máquina de extrusión de PVC rígido.

2.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE: Propiedades mecánicas de probetas normalizadas de tubería de desagüe 110 mm según norma NTE 1374 en la empresa TUMILSA S.A.

2.7.3 TÉRMINO DE RELACIÓN: Y su efecto.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

La presente investigación se realizó en base al enfoque cualitativo, orienta la investigación en base de técnicas de recolección numérica hacia la comprensión del problema que va a ser objeto del estudio. La información basó de las fuentes primarias y secundarias, luego realizó el análisis de la información recopilada. Las fuentes primarias nos proporcionaron información de los libros, internet, etc. Las secundarias son los listados de referencia que están vigentes en determinadas áreas de estudio.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó según las siguientes modalidades:

3.2.1 BIBLIOGRÁFICA

Debido a que el proyecto a desarrollar está relacionado ampliamente a estudios técnicos se contará con una fuente bibliográfica tanto de libros, folletos, internet, etc.

3.2.2 CAMPO

De campo porque en la mayor parte de la investigación se realizará dentro de las instalaciones de la empresa ya que se necesitará llevar a cabo la recolección adecuada de datos.

3.3 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Para la investigación se utilizarán los siguientes tipos:

3.3.1 DESCRIPTIVO

Se van a describir los temas que serán útiles para el desarrollo del estudio, la investigación y el análisis de las diferentes zonas del cabezal.

3.3.2 EXPLICATIVO

Se explicará y detallará los datos de resultados obtenidos, así como las conclusiones y recomendaciones del estudio.

3.3.3 CORRELACIONAL

Con este tipo de investigación se verificará si los resultados obtenidos son los esperados.

3.3.4 APLICADA

La investigación será aplicada debido a que con el estudio realizado ayudará a determinar que variaciones se debe realizar a las diferentes temperaturas para de esta manera obtener beneficios que contribuyan con el adelanto de la empresa.

3.3.5 ASOCIACIÓN DE VARIABLES

Es importante para el desarrollo de este tema asociar las variables, ya que de esta manera se podrá definir si con el análisis térmico del cabezal se mejorarán las propiedades mecánicas en las probetas normalizadas de tubería de desagüe de 110 mm según norma NTE 1374.

3.3.6 POBLACIÓN Y MUESTRA

Debido a que el presente proyecto de investigación está dirigido especialmente a la industria de tubería de PVC con certificación de calidad INEN la población será tomada de los datos de lotes producidos ya que por ser una empresa nueva la población no es muy grande, la cantidad aproximada de tubos de desagüe de 110 mm producidos es de 1000.

Datos:

Nivel de confiabilidad con la que se trabaja 95% ($Z = 1.96$).

Error de muestreo 5% (e, E).

Población 1000 tubos (N).

Tamaño de muestra (n).

Probabilidad de ocurrencia 0.5 (P).

Probabilidad de no ocurrencia 0.5 (Q).

$P + Q = 1$

$$n = \frac{Z^2 P Q N}{Z^2 P Q + N e^2} \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5)(0.5)(1000)}{(1.96)^2 (0.5)(0.5) + (1000)(0.05)^2}$$

$$n = 277.54$$

Para el desarrollo del proyecto son necesarias aproximadamente 277 probetas.

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

- Análisis térmico en el cabezal de extrusión de PVC rígido.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Análisis Térmico.- Todos aquellos métodos de medida basados en el cambio, con la temperatura (o en función del tiempo a temperatura constante), de una propiedad física o mecánica de un material	Métodos de análisis térmico	¿Cuál es la propiedad del análisis térmico?	Temperatura	Observación directa.- Hojas de formatos similares a los utilizados en la empresa

3.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE

- Propiedades mecánicas de probetas normalizadas de tubería de desagüe 110 mm según norma NTE 1374 en la empresa TUMILSA S.A.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Propiedades Mecánicas.- describen la forma en que un material soporta fuerzas internas o externas aplicadas y también altas temperaturas.	Conjunto de propiedades	¿Qué propiedades mecánicas son las más relevantes en las tuberías de PVC?	Elasticidad Plasticidad Fragilidad Dureza	Observación directa.- formatos establecidos por el investigador. Inv. De campo

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.5.1 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la recolección de la información se procedió a realizarla en hojas de formatos parecidos a los utilizados en el laboratorio para los ensayos destructivos, a las cuales se les adecuaron cuadros para registrar las variaciones de temperaturas del cabezal.

De cada lote de producción se registraron los resultados de los ensayos destructivos realizados en el laboratorio seguido de las temperaturas de las zonas del cabezal que son copiadas directamente del panel de control de la extrusora.

3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.6.1 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se realizará una revisión crítica de la información recogida.

Tabulación de datos según los ensayos destructivos realizados a cada lote de tubería de desagüe de 110 mm en las cuales también constarán las zonas del cabezal.

Representar los resultados mediante gráficos estadísticos.

Estudio estadístico de datos para la presentación de resultados.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DEL CABEZAL DE EXTRUSIÓN

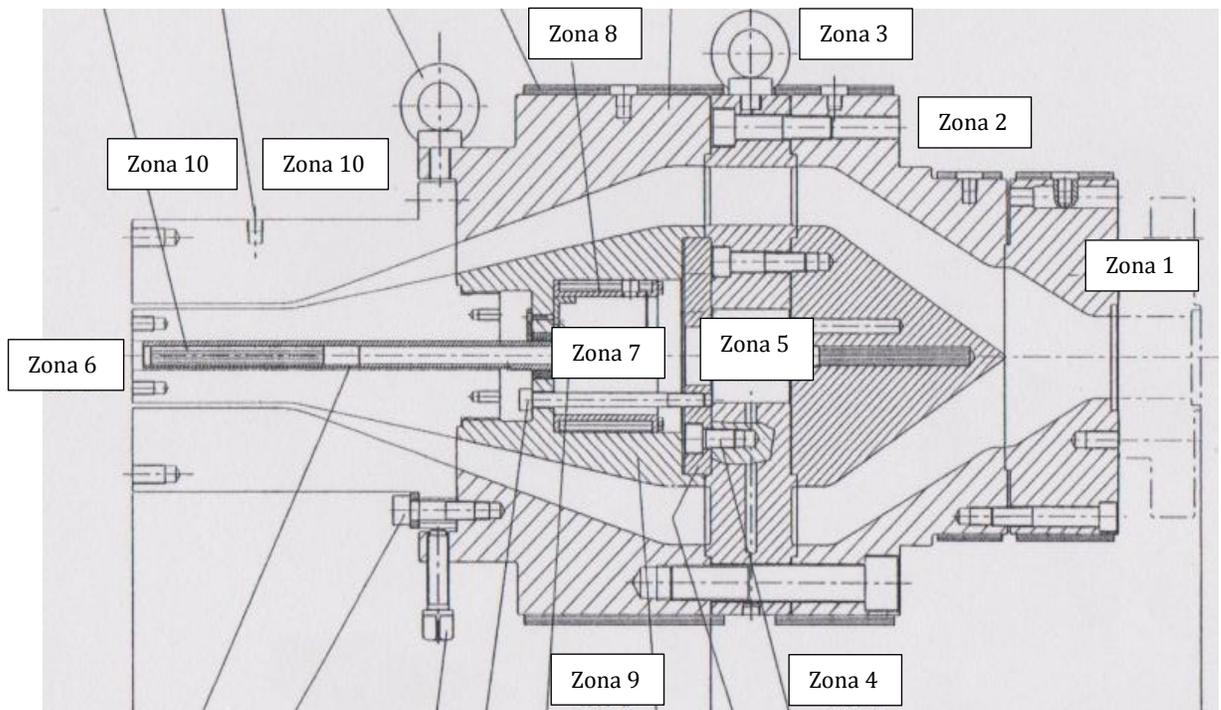


Figura 4.1 Zonas del cabezal.

Fuente: Archivo TUMILSA S.A.

ZONA 1.- Da un acabado interno de la tubería. Con una excesiva temperatura el acabado interno del tubo se torna como piel de naranja.

ZONA 2.- Sirve para tener un control visual de esa zona y como ayuda de estabilización de las zonas subsiguientes.

ZONAS 3, 4, 8, 9.- Da la capacidad de hinchamiento (mayor o menor diámetro y espesor) a la salida del cabezal.

ZONAS 5, 6, 7.- Sirven como apoyo fundamental para estabilizar térmicamente en el momento del arranque de máquina extrusora.

ZONAS 6, 10.- Da el acabado interno y externo del tubo.

4.1.1.1 TIPOS DE TERMOCUPLAS MÁS UTILIZADAS

Tipo S (PtRh 10 % - Pt)

La termocupla tipo S está compuesta por platino-rodio y es usada para la medición de temperatura entre -40°C y 1600°C . Estas permiten un uso continuo en atmósferas oxidantes o inertes hasta 1480°C .

Tipo J (Fe - CuNi)

Es la segunda más utilizada a nivel industrial y está compuesta por hierro y constantán, conocida como la termocupla hierro - constantán. Estas son aptas para el uso en atmósferas oxidantes, reductoras e inertes y en vacío hasta 750°C . El hierro es usado como conductor positivo, mientras que el constantán se usa como conductor negativo, se utiliza una aleación de 45% de Níquel y 55% de Cobre (Constantán).

Tipo K (NiCr Ni)

Esta termocupla está formada por Chromel-Alumel. El Chromel es una aleación de 90% de níquel y 10% de cromo, el Alumel es una aleación de 95% de níquel, más aluminio, silicio y manganeso.

La termocupla K es la más utilizada en la industria, por su alta resistencia a las temperaturas, estas pueden ser utilizadas en forma continua en atmósferas oxidantes e inertes hasta 1200°C y constituyen el tipo más satisfactorio de termocupla para uso en atmósferas reductoras o sulfurosas o en vacío.

Tipo T (Cu - CuNi)

Este tipo de termocupla se conoce como la de cobre constantán. Es muy buena para el uso continuo en vacío y en atmósferas oxidantes, reductoras e inertes. Su desventaja reside en el hecho de que su límite máximo de temperatura es de tan sólo 350°C.

Tabla 4.1 Termocuplas según norma IEC 584-1

Termocupla	Rango de uso	Conductor Positivo	Conductor Negativo
Tipo J , (Fe - CuNi)	- 40 a + 750°C	Negro	Blanco
Tipo T , (Cu - CuNi)	- 40 a + 350°C	Marrón	Blanco
Tipo K , (NiCr - Ni)	- 40 a + 1.200°C	Verde	Blanco
Tipo E , (NiCr - CuNi)	- 40 a + 900°C	Violeta	Blanco
Tipo N , (NiCrSi - NiSi)	- 40 a + 1.200°C	Púrpura	Blanco
Tipo S , (Pt 10% Rh - Pt)	- 40 a + 1.600°C	Naranja	Blanco
Tipo R , (Pt 13% Rh - Pt)	0 a + 1.600°C	Naranja	Blanco
Tipo B , (Pt 30% Rh - Pt 6% Rh)	+600 a 1700°C	---	---

Fuente: <http://www.metring.com/notes/Hi-10-10-MT2009.pdf>

4.1.1.2 TERMOPLÁSTICOS

Un termoplástico es un plástico que, a temperatura ambiente, es plástico o deformable, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado vítreo cuando se enfría lo suficiente. La mayor parte de los termoplásticos son polímeros de alto peso molecular, los cuales poseen cadenas asociadas por medio de débiles fuerzas Van der Waals (polietileno); fuertes interacciones dipolo-dipolo y enlace de hidrógeno, o incluso anillos aromáticos apilados (poliestireno). Los polímeros termoplásticos difieren de los polímeros termoestables en que después de calentarse y moldearse pueden recalentarse y formar otros objetos, mientras que en el caso de los

termoestables o termoduros, después de enfriarse la forma no cambia y arden. Sus propiedades físicas cambian gradualmente si se funden y se moldean varias veces (historial térmico), generalmente disminuyen estas propiedades. Los más usados son: el polietileno (PE), el polipropileno (PP), el poliestireno (PS), el metacrilato (PMMA), el policloruro de vinilo (PVC), el politereftalato de etileno (PET), el teflón (o politetrafluoretileno, PTFE) y el nylon (un tipo de poliamida). Se diferencian de los termoestables (baquelita, goma vulcanizada) en que éstos últimos no se funden al elevarlos a altas temperaturas, sino que se queman, siendo imposible volver a moldearlos. Muchos de los termoplásticos conocidos pueden ser resultado de la suma de varios polímeros, como es el caso del vinilo, que es una mezcla de polietileno y polipropileno.

El polietileno de alta densidad (PEHD ó HDPE), está formado por cadenas de moléculas rectas, sin bifurcaciones, por lo que la fuerza de atracción entre moléculas es alta, dando como resultado un plástico duro y resistente y estable, con él se fabrican, cajas para botellas de cerveza, leche y refrescos, algunos envases de productos lácteos y detergentes líquidos. El polietileno de baja densidad (PELD ó LDPE) por el contrario está formado por cadenas con bifurcaciones, por lo tanto es un material menos resistente y más flexible, se ablanda con el calor; con él se fabrican juguetes, bolsas de plástico, etc.

Tabla 4.2 Temperaturas de Fusión (T_f) y temperatura de transición Vítrea (T_v) de algunos termoplástico

Polímero	T_f (°C)	T_v (°C)
Polietileno de baja densidad (BD)	115	-120
Polietileno de alta densidad (AD)	137	-120
Cloruro de polivinilo	175-212	87
Polipropileno	168-176	-16
Poliestireno	240	85-125
Poliacrilonitrilo	320	107
Teflón	327	
Policlorotrifluoroetileno	220	
Polimetilmetacrilato (acrílico)		90-105
ABS		88-125

Tabla 4.2 (cont.)

Polímeros por condensación		
Acetal	181	-85
6.6-nylon	265	50
Acetato de celulosa	230	
Policarbonato	230	145
Poliéster	255	75
Elastómeros		
Silicón		-123
Polibutadieno	120	-90
Policloropreno	80	-50
Poliisopreno	30	-73

Fuente: Rosato D.V. Extruding Plastics

4.1.2 PARÁMETROS IMPORTANTES DE NORMAS INTERNACIONALES DE LAS CUALES SE AYUDAN LAS NORMAS INEN ECUATORIANAS PARA DEFINIR LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS

Según la norma ISO 4435 e ISO 9969 para tubos en alcantarillado. Indica que las propiedades mecánicas más relevantes deben estar en los siguientes rangos:

Tensión de diseño	100 kgf/cm ² .
Resistencia a la compresión	610-650 kgf/cm ² .
Módulo de elasticidad	30000 kgf/cm ² .
La rigidez nominal	SN2 = 2kN/m ² , SN4 = 4kN/m ² , SN8 = 8kN/m ² .

Los tubos de PVC cumplirán las especificaciones indicadas a continuación sobre condiciones que deben poseer los materiales contribuyentes en especial la norma INCONTEC 382 y ASTM D2241.

Los componentes del policloruro de vinilo (PVC) se clasifican de acuerdo con sus propiedades físicas según las normas NTC 369 y ASTM D1784 en la tabla 4.3 se establecen las cinco propiedades específicas para las diferentes clasificaciones.

Tabla 4.3 Propiedades específicas para las diferentes clasificaciones, según las normas NTC 369 y ASTM D1784

No.Designación	Propiedades y unidades	Límites de las celdas								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Resina de base	No especificada	Policloruro de vinilo homopolímero	Polímero clorado (cloruro de vinilo)	Etil vinilo copolímero de cloruro	Propileno copolímero cloruro de vinilo	Acetato de vinilo copolímero cloruro de vinilo	Alcivinilo copolímero Etercloruro de vinilo		
2	Resistencia mínima al impacto: (IZOD) (J/m)	No especificada	< 34.7	34.7	80.1	266.9	53.8	800.7		
3	Resistencia mínima a la tensión (MPa)	No especificada	< 34.5	34.5	41.4	48.3	55.2			
4	Módulo de elasticidad mínimo en tensión (MPa)	No especificada	< 1930	1930	2206	2482	2758	3034		
5	Mínima temperatura de deflexión bajo carga. Min.1.82 (MPa)	No especificada	< 55	55	60	70	80	90	100	110

Nota:

- El valor mínimo de cada propiedad determina el número de celda aunque el valor esperado máximo puede caer en una celda superior

Fuente: <httpwww.scribd.comdoc141685342Norma-ISO-4435ntc369>

En el Ecuador el INEN se encarga de establecer las características para la fabricación de tubería de desagüe, por lo que a continuación se describen los ensayos requeridos.

4.1.3 PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS DESTRUCTIVOS SEGÚN EL INEN

4.1.3.1 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO (NORMA INEN 504)

“RESUMEN: El método consiste en dejar caer libremente, sobre zonas marcadas alrededor de la superficie de la probeta y desde una altura conocida, una masa determinada provista de un percutor en forma establecida, bajo condiciones de ensayo especificadas.”¹

PRUEBA DE IMPACTO

- a) Trazar en las probetas marcas paralelas y equidistantes de acuerdo a la tabla 4.4, cada marca significa un impacto.
- b) Colocar la probeta en la base del equipo de impacto como se indica en la figura 4.2 de manera que la bala de 6 kg caiga perpendicular a la marca trazada.
- c) Subir la bala hasta alcanzar la altura de caída que es de 0.92 metros para el tubo de 110 mm de diámetro como se indica en la tabla 4.4.
- d) Dejar caer libremente la bala hasta que todas las marcas hayan recibido un impacto.

Tabla 4.4 Altura de caída de la bala para Prueba de Impacto

DIÁMETRO DEL TUBO (mm)	ALTURA DE CAÍDA (m)	NÚMERO DE IMPACTOS (n)
110	0.92	6

Fuente: Diego López

¹Ver Anexo 1, NORMA INEN 504

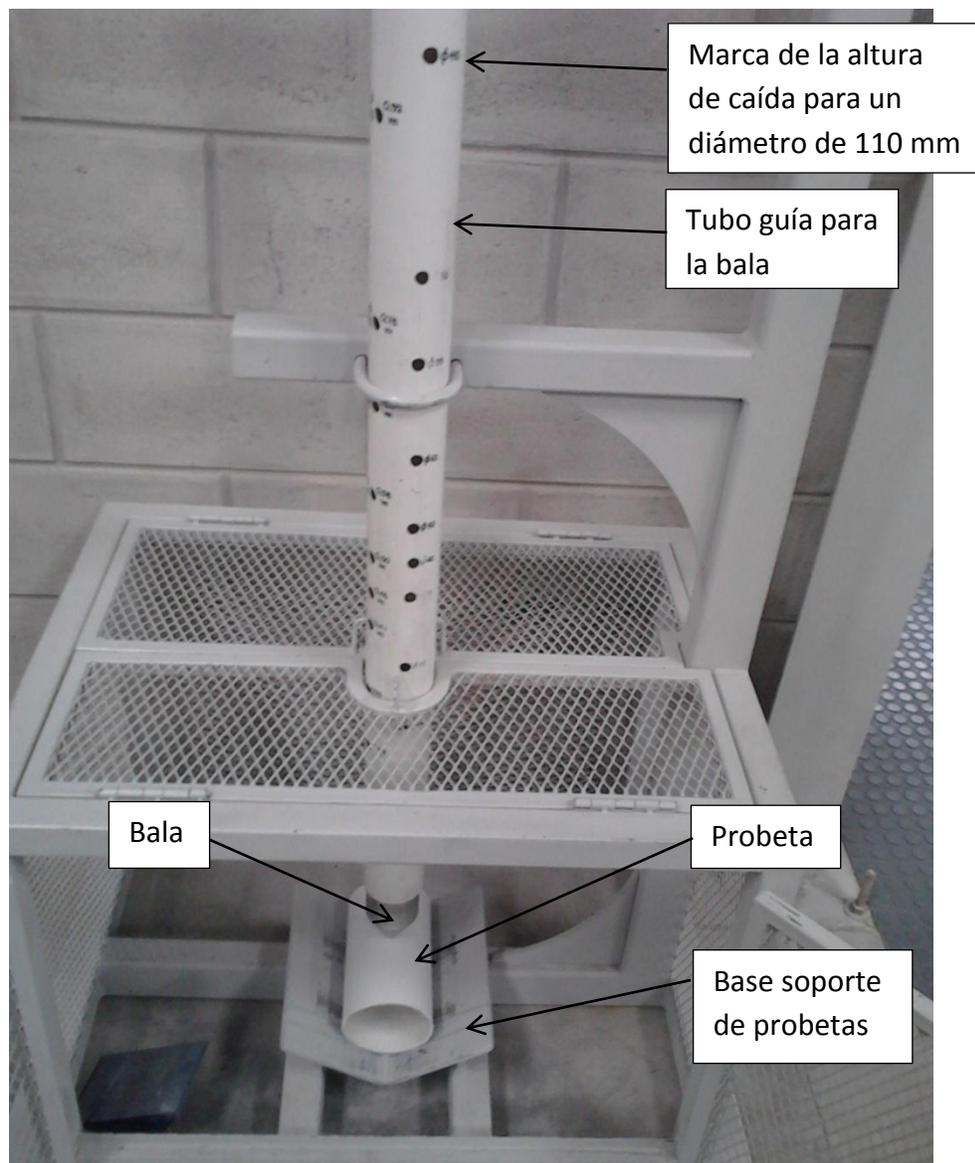


Figura 4.2 Equipo para realizar el ensayo destructivo de impacto.

Fuente: Diego López

CRITERIO DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

- Para aceptar el lote o la producción parcial se debe cumplir la siguiente desigualdad: $\text{No. de probetas falladas (NPF)} / \text{No. total de impactos (NTI)} \leq 0,1$
- Si el resultado es mayor que 0,1 se rechazará el lote o la parte del lote que no cumple con el requisito y será declarado como producto no conforme.

4.1.3.2 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERIOR SOSTENIDA (NORMA INEN 503)

“RESUMEN: El método consiste en someter a las probetas a una presión interna determinada y constante, durante un lapso prolongado, bajo condiciones de ensayo prefijados.”²

ENSAYO DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERIOR SOSTENIDA

- a) Verificar que el tanque tenga por lo menos las $\frac{3}{4}$ partes de su capacidad con agua, para que ésta sirva como colchón en caso de rotura de la probeta.
- b) Biselar y lubricar los bordes de las probetas a ensayar.
- c) Colocar en los extremos de la probeta las tapas terminales SCITEQ.
- d) Llenar completamente con agua el interior de la probeta.
- e) Conectar la manguera a una de las estaciones del equipo SCITEQ.
- f) Sumergir la probeta en el tanque utilizando el teclé a cadena.
- g) Pulsar el número de la estación con la que se conectó a la probeta.
- h) Configurar la presión y el tiempo de ensayo de acuerdo a la tabla 4.5.
- i) Pulsar la función START, el código para el inicio de los ensayos es 1234.
- j) Dejar a la presión de ensayo el tiempo establecido en la tabla 4.5, el equipo SCITEQ despresuriza la probeta luego de cumplido el tiempo de ensayo.
- k) Verificar el estado de la probeta.

Tabla 4.5 Parámetros para el Ensayo de presión hidrostática interior sostenida

TIPO TUBO	PRESIÓN DE ENSAYO	TIEMPO DE ENSAYO
TUBERÍAS DE DESAGÜE	0.5 MPa (72.5 psi)	90 segundos

Fuente: Diego López

² Ver Anexo 2, NORMA INEN 503

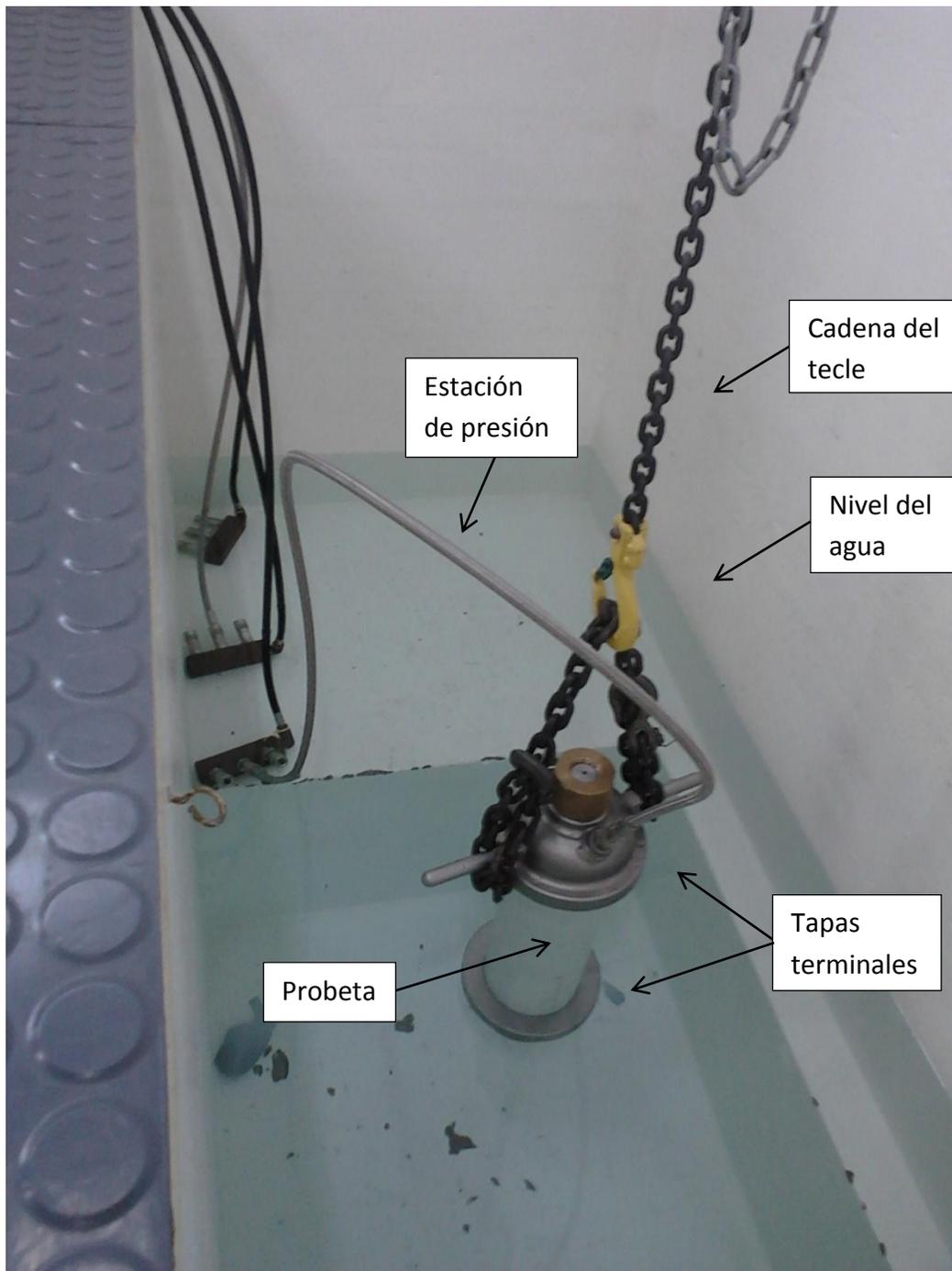


Figura 4.3 Tanque para realizar el Ensayo de presión hidrostática interior sostenida

Fuente: Diego López

CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

- Si la probeta no se revienta o no se fisura durante el tiempo de ensayo, la prueba se considera satisfactoria.
- Si en el arranque de la producción la probeta se revienta o fisura antes del tiempo indicado se debe rechazar los tubos producidos y declararlos como producto no conforme.

4.1.3.3 DETERMINACIÓN DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL (NORMA INEN 1368)

“RESUMEN: El método consiste en determinar el cambio en longitud de la probeta sometida a tratamiento térmico, fuego en un tiempo determinado.”³

ENSAYO DE REVERSIÓN LONGITUDINAL

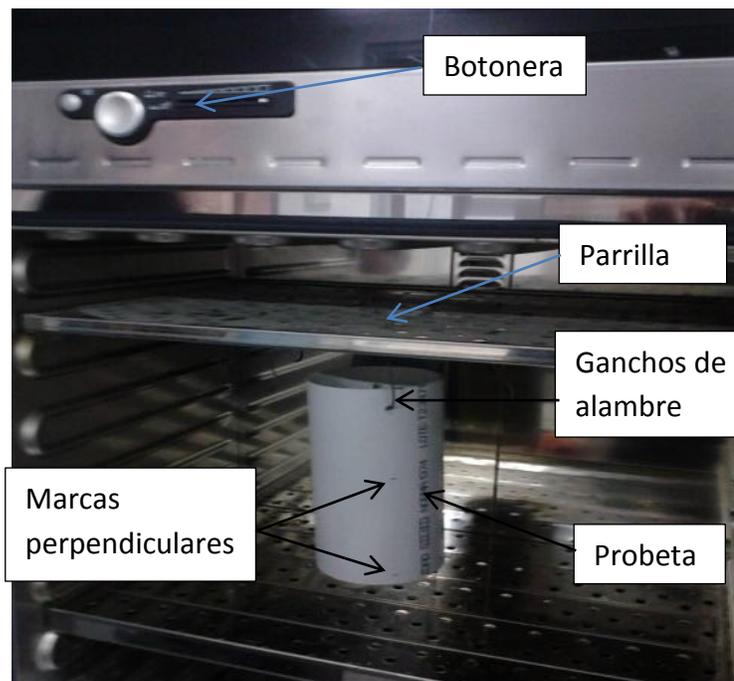


Figura 4.4 Horno Universal

Fuente: Diego López

³ Ver Anexo 3, NORMA INEN 1368

- a) Encender el horno Memmert pulsando la botonera ON mostrado en la figura 4.4.
- b) Fijar a 150°C manteniendo pulsado el botón SET y girando la botonera de encendido.
- c) Limpiar las probetas de forma que estén libres de rebabas y polvo.
- d) Con la regla metálica trazar en la probeta dos marcas alrededor de dos secciones perpendiculares a su eje longitudinal, distantes entre sí 10 cm. Una de las marcas estará 1 cm distante de un extremo.
- e) A temperatura ambiente verificar la distancia entre marcas.
- f) Colocar las probetas en la parrilla sujetando con los ganchos de alambre. El punto de sujeción debe ser el más lejano con relación a las marcas como se muestra en la figura 4.4.
- g) Cuando la temperatura del horno se estabilice en 150°C se debe colocar la parrilla en el horno.
- h) Mantener las probetas en el horno durante 1 hora como se indica en la tabla 4.6 para espesores de pared menor o igual a 8 mm.

Tabla 4.6 Tiempo de ensayo de acuerdo al espesor de pared

TIEMPO DE ENSAYO	ESPESOR DE PARED
1 hora	menor o igual a 8 mm
2 horas	mayor a 8 mm

Fuente: Diego López

- i) Retirar la parrilla y dejar enfriar las probetas a temperatura ambiente durante 1 hora (o por lo menos 30 minutos).
- j) Finalmente medir la longitud final entre marcas para determinar el porcentaje de recogimiento o reversión longitudinal.

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

- En la probeta la reducción de la longitud entre marcas no debe exceder del 5%.
- Si la reducción en entre las marcas de la probeta es mayor del 5% los productos con falla serán declarados como productos no conformes.

4.1.3.4 DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE ABLANDAMIENTO VICAT (NORMA INEN 1367)

“RESUMEN: Determinación de la temperatura a la que un penetrador normalizado, bajo una carga de 49.05N, penetra 1 mm en la superficie del espécimen de ensayo retirado de la pared del tubo plástico. Durante el tiempo de ensayo la temperatura se incrementa linealmente en función del tiempo. La temperatura a la que se produce la penetración de 1 mm es indicada como la temperatura de ablandamiento Vicat.”⁴

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE ABLANDAMIENTO VICAT

- a) Llenar la tina Vicat hasta unos $\frac{3}{4}$ de su capacidad (ver figura 4.5).
- b) Verificar el espesor de las probetas.
- c) El espesor del tubo de desagüe de 110mm según norma INEN 1374 es mínimo de 2.2 mm⁵, La empresa trabaja con un espesor promedio de 2.45mm por lo que se utiliza solo una probeta en cada penetrador (ver figura 4.5).
- d) Pulsar la botonera ON para que se encienda el logo (controlador de temperatura) SIEMENS.
- e) En el controlador SIEMENS pulsar la botonera 1 para que la temperatura del baño se eleve hasta los 30°C.
- f) Cuando la temperatura del baño haya llegado a 30°C se deben colocar las probetas bajo cada penetrador (sin carga). El penetrador debe descansar en la superficie cóncava de la probeta.
- g) Pulsar la botonera 2 del controlador SIEMENS para que transcurran 5 minutos de estabilización térmica.
- h) Luego de que hayan transcurrido los 5 minutos se deben encender los medidores de carátula y agregar las masas de 5 kg a las placas porta-cargas.
- i) Encender el agitador neumático del líquido.

⁴ Ver Anexo 4, NORMA INEN 1367

⁵ Ver Anexo 5, NORMA INEN 1374

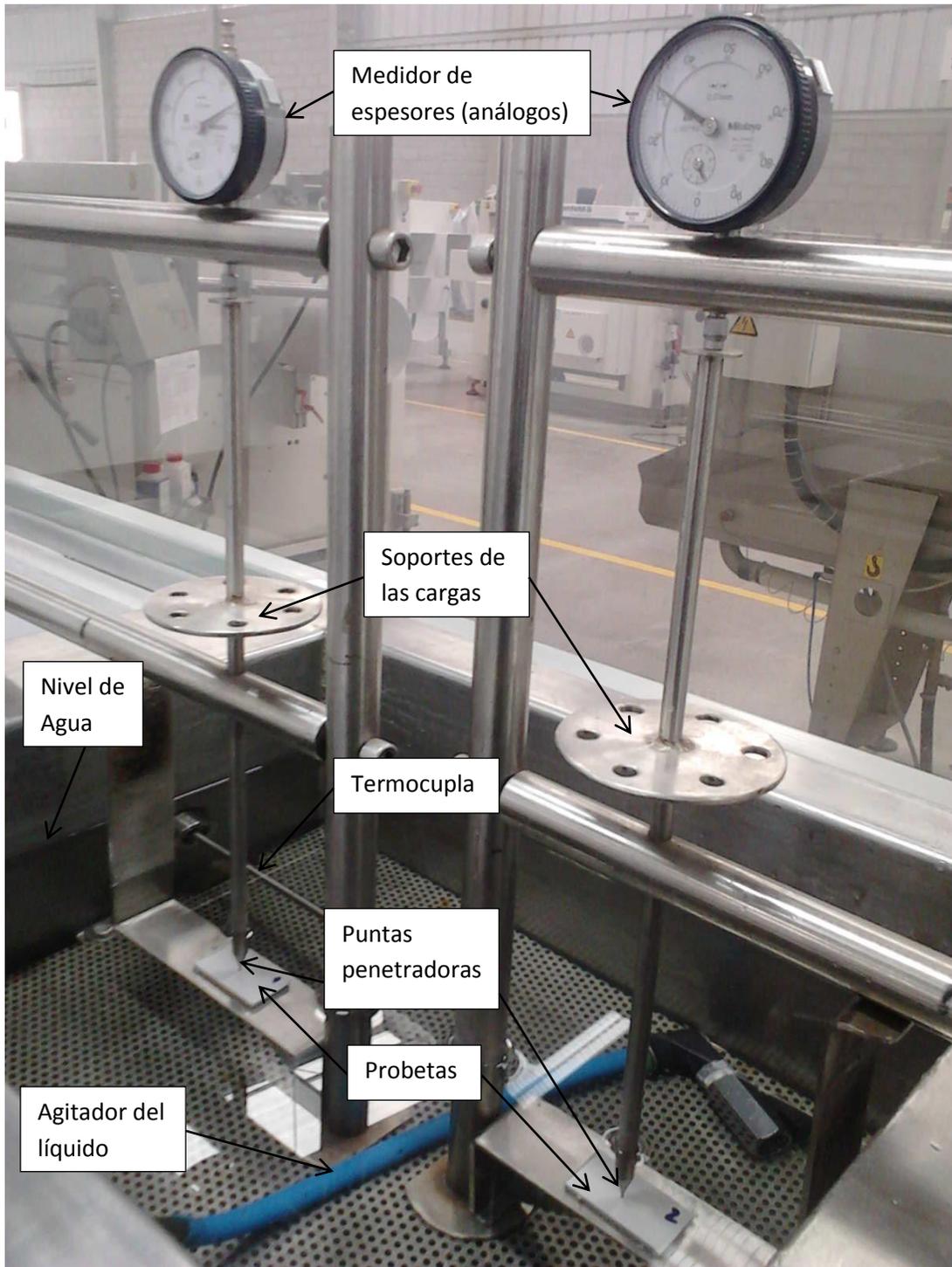


Figura 4.5 Equipo vicat

Fuente: Diego López

- j) El controlador SIEMENS incrementa con velocidad uniforme de 50°C/h (aprox. 1°C/min) la temperatura del baño.
- k) La temperatura de ablandamiento VICAT será la temperatura del baño a la que el penetrador se ha introducido 1 mm en la probeta.
- l) Si el resultado individual difiere en más de 2 °C debe repetirse el ensayo.

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

- Para tuberías de presión se aceptará el lote cuando la temperatura VICAT sea mayor o igual a 76 °C.
- Para tuberías de desagüe y ventilación se aceptará el lote cuando la temperatura VICAT sea mayor o igual a 79 °C.
- Si la temperatura VICAT no es la esperada en cualquiera de los casos, se debe realizar un nuevo ensayo y de persistir el fallo se realizará un muestreo para determinar los productos con falla los mismos que serán declarados como productos no conformes.

4.1.3.5 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE EXTRUSIÓN POR INMERSIÓN EN ACETONA (NORMA INEN 507)

“RESUMEN: El método consiste en sumergir la probeta en acetona anhidra bajo condiciones determinadas de ensayo; luego de un lapso prefijado, retirarla de la solución y observar los cambios en su apariencia.”⁶

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE EXTRUSIÓN POR INMERSIÓN EN ACETONA

- a) Cortar probetas de aproximadamente de 5cm de longitud y luego limpiarlas.
- b) Sumergirlas en el recipiente con acetona y tapar herméticamente el recipiente, dejarlas en reposo por un tiempo de 20 minutos. Utilizar un cronómetro para controlar el tiempo.
- c) Sacar las probetas del recipiente y examinar las superficies de las mismas.

⁶ Ver Anexo 6, NORMA INEN 507

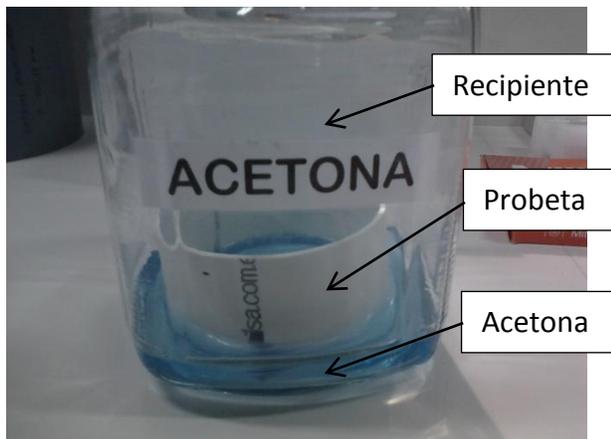


Figura 4.6 Recipiente contenedor de acetona

Fuente: Diego López

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

- Si luego del ensayo las probetas no presentan signos de exfoliaciones o desintegraciones en más de un 10% de sus superficies, el resultado es satisfactorio.
- Si no es así se debe realizar un nuevo ensayo y de persistir el problema se realizará un muestreo para determinar los productos con falla los mismos que serán declarados como productos no conformes.

El ablandamiento o hinchazón no deben considerarse como fallas.

Cuando los resultados de los ensayos estén fuera de especificaciones los directores de los procesos involucrados deben tomar inmediatamente los correctivos y de ser necesario suspender la producción hasta tomar las acciones debidas.

4.1.4 CÁLCULOS APLICADOS

Los cálculos aplicados utilizan las ecuaciones dadas a continuación.

(Ecuación 2.1)

(Ecuación 2.2)

(Ecuación 2.3)

4.1.5 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y DE LAS TEMPERATURAS DE LAS ZONAS DEL CABEZAL DE CADA LOTE

Lote 1 Se refiere a los tubos producidos en el mes de Abril del 2012, cantidad de tubos 818, con un peso promedio de 3.68 kg, a un flujo másico de 260 kg/h, K = 0.8.

$$T = \frac{818 * 3.68}{260 * 0.8}$$

$$T = 14.47 \text{ horas}$$

$$\text{Cantidad de ensayos} = \frac{T}{1.5 \text{ horas}} = \frac{14.47 \text{ horas}}{1.5 \text{ horas}} = 9.65$$

$$\text{Cantidad de ensayos} = 9$$

$$\text{Cantidad de probetas} = \text{Cantidad de ensayos} * 9 = 9 * 9 \text{ prob} = 81$$

$$\text{Cantidad de probetas} = 81$$

Tabla 4.7 Resultado de los ensayos destructivos lote 1

NÚMERO DE ENSAYO	RESISTENCIA AL IMPACTO						PRESIÓN		REVERSIÓN			VICAT		
	NPF/NTI ≤ 1						Presión ≥ 1Mpa	Tiempo ≥ 2min	Reversión Long. ≤ 5%			Temp. Ablandam. >79 °C		
	Prob1	Prob2	Prob3	NPF	NTI	NPF/NTI ≤ 1	Presión	Tiempo	Prob1	Prob2	Prob3	Prob1	Prob2	T.prom
#1	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3,5	3,5	4	80	79,8	79,9
#2	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3,5	4	3,5	79,9	79,3	79,6
#3	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3,5	4	3,5	79,1	80	79,6
#4	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3,5	3,5	4	79	79,8	79,4
#5	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3,5	4	3,5	79,3	80	79,7
#6	6	6	6	0	18	0	OK	OK	4	3,5	3,5	79,3	79,8	79,6
#7	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3,5	3,5	4	79,5	79,5	79,5
#8	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3	3	3,5	79,3	79,3	79,3
#9	6	6	6	0	18	0	OK	OK	4	3,5	3,5	79,8	80	79,9

Fuente: Diego López

Tabla 4.8 Temperaturas del cabezal lote 1

TEMPERATURAS DEL CABEZAL									
E1.1	E1.2	E1.3	E1.4	E1.5	E1.6	E1.7	E1.8	E1.9	E1.10
175(°C)	170(°C)	170(°C)	170(°C)	182(°C)	204(°C)	179(°C)	175(°C)	175(°C)	198(°C)

Fuente: Diego López

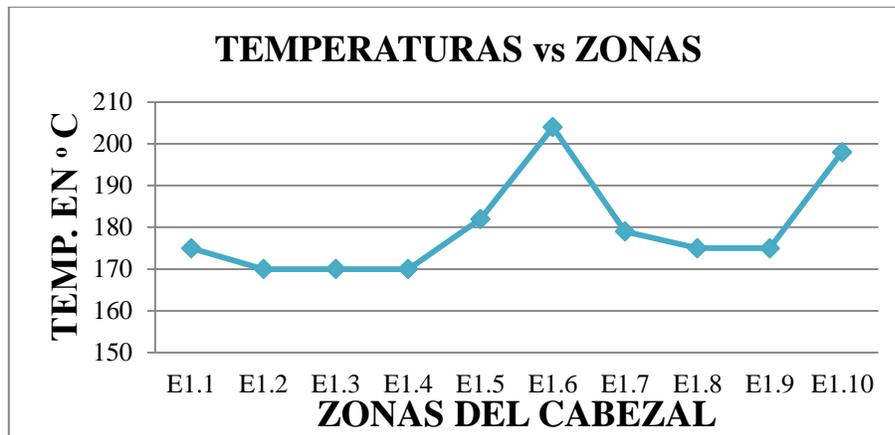


Figura 4.7 Temperaturas vs zonas del cabezal lote 1

Fuente: Diego López

Lote 2 Se refiere a los tubos producidos en el mes de Mayo del 2012, cantidad de tubos 595, con un peso promedio de 3.68 kg, a un flujo másico de 260 kg/h, $K = 0.8$

$$T = \frac{595 * 3.68}{260 * 0.8}$$

$$T = 10.53 \text{ horas}$$

$$\text{Cantidad de ensayos} = \frac{T}{1.5 \text{ horas}} = \frac{10.53 \text{ horas}}{1.5 \text{ horas}} = 7.02$$

$$\text{Cantidad de ensayos} = 7$$

$$\text{Cantidad de probetas} = \text{Cantidad de ensayos} * 9 = 7 * 9 \text{ prob.} = 63$$

$$\text{Cantidad de probetas} = 63$$

Tabla 4.9 Resultado de los ensayos destructivos lote 2

NÚMERO DE ENSAYO	RESISTENCIA AL IMPACTO						PRESIÓN		REVERSIÓN			VICAT		
	NPF/NTI ≤ 1						Presión ≥ 1Mpa	Tiempo ≥ 2min	Reversión Long. ≤ 5%			Temp. Ablandam. >79 °C		
	Prob1	Prob2	Prob3	NPF	NTI	NPF/NTI ≤ 1	Presión	Tiempo	Prob1	Prob2	Prob3	Prob1	Prob2	T.prom
#1	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3	2,5	3	79,3	79,8	79,6
#2	6	6	6	0	18	0	OK	OK	2,5	2	2,5	79,5	79,3	79,4
#3	6	6	6	0	18	0	OK	OK	2	3	3	79,1	79,5	79,3
#4	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3	2,5	3	79	79,3	79,2
#5	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3	2,5	3	79,3	79,3	79,3
#6	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3	2,5	3	79,3	79,8	79,6
#7	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3	2,5	2	79,5	79,1	79,3

Fuente: Diego López

Tabla 4.10 Temperaturas del cabezal lote 2

TEMPERATURAS DEL CABEZAL									
E1.1	E1.2	E1.3	E1.4	E1.5	E1.6	E1.7	E1.8	E1.9	E1.10
165(°C)	170(°C)	175(°C)	175(°C)	182(°C)	199(°C)	183(°C)	180(°C)	180(°C)	200(°C)

Fuente: Diego López

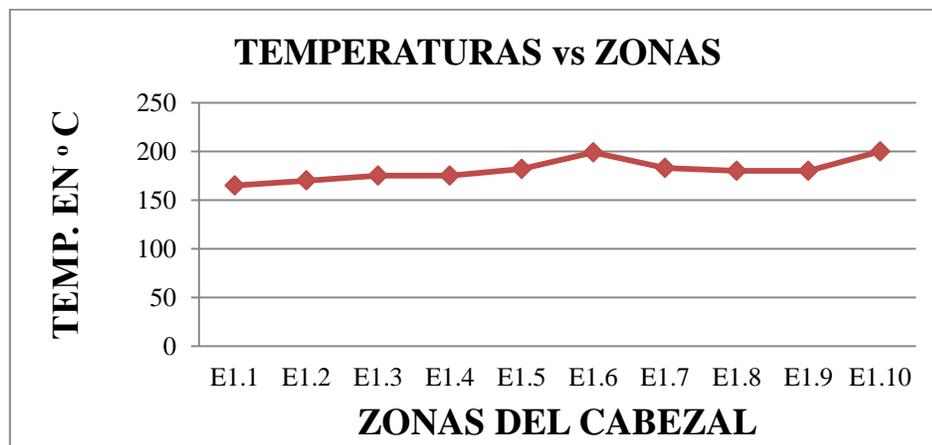


Figura 4.8 Temperaturas vs zonas del cabezal lote 2

Fuente: Diego López

Lote 3 Se refiere a los tubos producidos en el mes de Agosto del 2012, cantidad de tubos 1233, con un peso promedio de 3.68 kg, a un flujo másico de 260 kg/h, K = 0.8.

$$T = \frac{1233 * 3.68}{260 * 0.8}$$

$$T = 21.81 \text{ horas}$$

$$\text{Cantidad de ensayos} = \frac{T}{1.5 \text{ horas}} = \frac{21.81 \text{ horas}}{1.5 \text{ horas}} = 14.54$$

$$\text{Cantidad de ensayos} = 14$$

$$\text{Cantidad de probetas} = \text{Cantidad de ensayos} * 9 = 14 * 9 \text{ prob.} = 126$$

$$\text{Cantidad de probetas} = 126$$

Tabla 4.11 Resultado de los ensayos destructivos lote 3

NÚMERO DE ENSAYO	RESISTENCIA AL IMPACTO						PRESIÓN		REVERSIÓN			VICAT		
	NPF/NTI ≤ 1						Presión ≥ 1Mpa Tiempo ≥ 2min		Reversión Long. ≤ 5%			Temp. Ablandam. >79 °C		
	Prob1	Prob2	Prob3	NPF	NTI	NPF/NTI ≤ 1	Presión	Tiempo	Prob1	Prob2	Prob3	Prob1	Prob2	T.prom
#1	6	6	6	0	18	0	OK	OK	2,5	2,5	3	79,8	79,8	79,8
#2	6	6	6	0	18	0	OK	OK	2,5	2,5	2,5	79,5	79,3	79,4
#3	6	6	6	0	18	0	OK	OK	2,5	3	3	79,5	79,5	79,5
#4	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3	2,5	3	79	79,3	79,2
#5	6	6	6	0	18	0	OK	OK	2,5	2,5	3	79,3	79,3	79,3
#6	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3	2,5	3	79,3	79,3	79,3
#7	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3	2,5	2,5	79,5	79,8	79,7
#8	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3	2,5	3	79,3	79,8	79,6
#9	6	6	6	0	18	0	OK	OK	2,5	3	2,5	79,5	79,3	79,4
#10	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3	3	3	79,1	79,5	79,3
#11	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3	2,5	3	79,5	79,3	79,4
#12	6	6	6	0	18	0	OK	OK	2,5	2,5	3	79,8	79,3	79,6
#13	6	6	6	0	18	0	OK	OK	2,5	2,5	3	79,3	79,8	79,6
#14	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3	2,5	2,5	79,3	79,1	79,2

Fuente: Diego López

Tabla 4.12 Temperaturas del cabezal lote 3

TEMPERATURAS DEL CABEZAL									
E1.1	E1.2	E1.3	E1.4	E1.5	E1.6	E1.7	E1.8	E1.9	E1.10
160(°C)	160(°C)	160(°C)	160(°C)	180(°C)	190(°C)	178(°C)	170(°C)	170(°C)	190(°C)

Fuente: Diego López

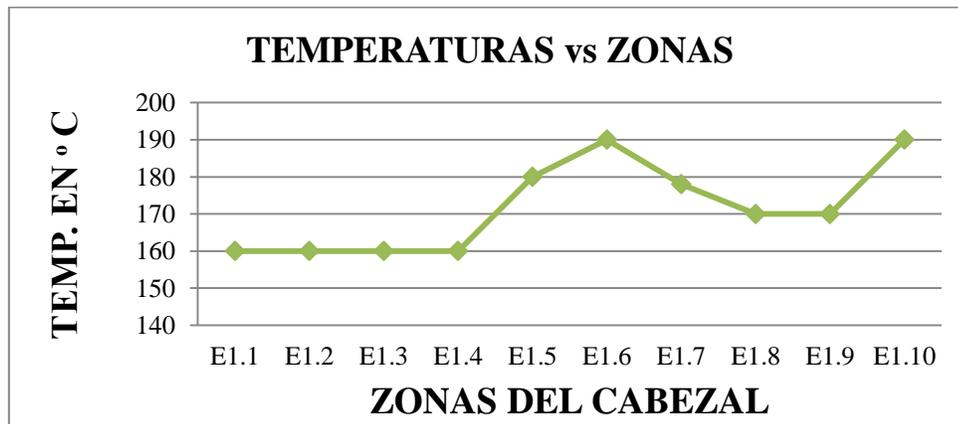


Figura 4.9 Temperaturas vs zonas del cabezal lote 3

Fuente: Diego López

4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1 COMPARACIÓN DE LA TEMPERATURAS DE LAS ZONAS DEL CABEZAL CON LOS ENSAYOS DESTRUCTIVOS DE CADA LOTE

Con las diferentes curvas de temperaturas (Tablas 4.8, 4.10 y 4.12) se muestran los resultados obtenidos en los ensayos destructivos en las tablas 4.7, 4.9 y 4.11, y se observa una variación significativa en el ensayo de reversión longitudinal.

Lote 1 Reversión longitudinal promedio = 3.611 %

Lote 2 Reversión longitudinal promedio = 2.69 %

Lote 3 Reversión longitudinal promedio = 2.738 %

Tabla 4.13 Temperaturas del cabezal de los tres lotes

ZONAS	TEMPERATURAS DEL CABEZAL (°C)									
	E1.1	E1.2	E1.3	E1.4	E1.5	E1.6	E1.7	E1.8	E1.9	E1.10
Temperaturas Lote 1	175	170	170	170	182	204	179	175	175	198
Temperaturas Lote 2	165	170	175	175	182	199	183	180	180	200
Temperaturas Lote 3	160	160	160	160	180	190	178	170	170	190

Fuente: Diego López

En la ZONA E1.1 de la tabla 4.13 la temperatura baja en cada lote debido a que de esta manera se va mejorando el acabado interno de la tubería.

La ZONA E1.2 de la tabla 4.13 sirve para control visual de la temperatura en esa zona y como las curvas de temperaturas de cada lote bajan esta zona también disminuye.

Las ZONAS E1.3, E1.4 de la tabla 4.13 tienen el mismo valor y disminuyen en cada lote de acuerdo a la curva de temperaturas utilizada. En estas zonas se da capacidad de hinchamiento (espesor de pared) a la salida del cabezal.

Las ZONAS E1.5, E1.6, E1.7 de la tabla 4.13 sirven como apoyo fundamental para estabilizar térmicamente en el momento del arranque por lo que se podría decir que en los 3 lotes permanecen constantes.

Las ZONAS E1.8, E1.9 de la tabla 4.13 tienen el mismo valor, en el lote 2 se aumenta la temperatura pero existe demasiado hinchamiento por lo que en el lote 3 se trabajó con valores mucho más bajos.

En las ZONAS E1.6, E1.10 de la tabla 4.13 las temperaturas permanecen altas en los tres lotes debido a que aquí se da el acabado interno y externo (brillo o rugosidad) del tubo.

Analizados los resultados de los ensayos destructivos y las temperaturas de cada uno de los tres lotes, se decide analizar un cuarto lote de producción, Para lo cual se

utilizará temperaturas promedio entre los lotes 2 y 3 mostrados en la tabla 4.13. Teniendo en cuenta que los mejores resultados se dieron con las temperaturas utilizadas en estos dos lotes.

Lote 4 Tubos producidos en el mes de Noviembre del 2012, cantidad de tubos 425, con un peso promedio de 3.68 kg, a un flujo másico de 260 kg/h, $K = 0.8$.

$$T = \frac{425 * 3.68}{260 * 0.8}$$

$$T = 7.52 \text{ horas}$$

$$\text{Cantidad de ensayos} = \frac{T}{1.5 \text{ horas}} = \frac{7.52 \text{ horas}}{1.5 \text{ horas}} = 5.01$$

$$\text{Cantidad de ensayos} = 5$$

$$\text{Cantidad de probetas} = \text{Cantidad de ensayos} * 9 = 5 * 9 \text{ prob.} = 45$$

$$\text{Cantidad de probetas} = 45$$

Tabla 4.14 Resultado de los ensayos destructivos lote 4

NÚMERO DE ENSAYO	RESISTENCIA AL IMPACTO						PRESIÓN		REVERSIÓN			VICAT		
	NPF/NTI ≤ 1						Presión $\geq 1\text{Mpa}$ Tiempo $\geq 2\text{min}$		Reversión Long. $\leq 5\%$			Temp. Ablandam. $>79\text{ }^\circ\text{C}$		
	Prob1	Prob2	Prob3	NPF	NTI	NPF/NTI ≤ 1	Presión	Tiempo	Prob1	Prob2	Prob3	Prob1	Prob2	T.prom
#1	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3	2,5	2	80	79,8	79,9
#2	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3	2	3	79,9	79,3	79,6
#3	6	6	6	0	18	0	OK	OK	2,5	2,5	3	79,3	79,8	79,6
#4	6	6	6	0	18	0	OK	OK	3	2,5	2	79,3	79,8	79,6
#5	6	6	6	0	18	0	OK	OK	2,5	2,5	3	79,9	80	80,0

Fuente: Diego López

Tabla 4.15 Temperaturas de todos los lotes analizados

ZONAS	TEMPERATURAS DEL CABEZAL (°C)									
	E1.1	E1.2	E1.3	E1.4	E1.5	E1.6	E1.7	E1.8	E1.9	E1.10
Temperaturas Lote 1	175	170	170	170	182	204	179	175	175	198
Temperaturas Lote 2	165	170	175	175	182	199	183	180	180	200
Temperaturas Lote 3	160	160	160	160	180	190	178	170	170	190
Temperaturas Lote 4	163	165	168	168	181	195	181	175	175	195

Fuente: Diego López

Los resultados obtenidos con las temperaturas utilizadas en el lote 4 de la tabla 4.15 mejoró significativamente el ensayo de reversión longitudinal teniendo un promedio de 2.6 % con respecto al lote 1 que se tuvo un promedio de 3.61%.

Con estos resultados se ha considerado que para nuevas producciones de tubería de desagüe de 110 mm se trabajará con las temperaturas indicadas en la tabla 4.15 del lote 4.

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Una vez concluido el estudio se puede afirmar que al modificar las temperaturas del cabezal de la extrusora si alteran las propiedades mecánicas de las probetas normalizadas de desagüe de 110 mm.

Se puede verificar que existe una mejora considerable en el ensayo destructivo de reversión longitudinal comparados el lote 1 que obtuvo un promedio de 3.61% al lote 4 que obtuvo como promedio 2.6% esto hace que el ensayo destructivo se aleje más del límite permitido por la norma de calidad (Reversión Longitudinal $\leq 5\%$).

Tabla 4.16 Comparación de la reversión longitudinal para cada lote

LOTES	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
REV. LONGITUDINAL	3,61%	2,69%	2,74%	2,60%

Fuente: Diego López

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- ✓ Los resultados de la tabla 4.14 que corresponde al Lote 4 nos indica que existe una mejora en el ensayo de reversión longitudinal teniendo un promedio de 2.6 %.
- ✓ Se define que para nuevas producciones de tubería de desagüe de 110 mm se trabajará con las temperaturas indicadas en la tabla 4.15 ya que fueron las que mejores resultados dieron en los Ensayos Destructivos.
- ✓ Los lotes fueron analizados con un flujo másico (output) constante, pero si este valor aumenta o disminuye debería ser considerado como un parámetro fundamental en las propiedades mecánicas de la tubería de PVC 110 mm.
- ✓ Debido a que la extrusión es el proceso en el cual el plástico es forzado a pasar por medio de presión y temperatura a través de una boquilla de moldeo, se podría considerar que la curva de temperatura encontrada al analizar el lote 4 es la más óptima para la elaboración de la tubería de desagüe de 110 mm, pero si se podría mejorar las propiedades mecánicas tomando en cuenta el diseño utilizado en la matriceria (pin e hilera) para la elaboración de este tipo de tubería.
- ✓ Se considera fundamental el utilizar termocuplas tipo J como sensores de temperaturas ya que se consideran las más adecuadas por las propiedades que estas presentan [- 40 a + 750°C, Compuesta por hierro (Fe) y constantán (CuNi)].

5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Se debe revisar y tomar en cuenta el material teórico entregado por los fabricantes de las maquinarias con respecto a los parámetros de trabajo para tener un punto de partida más cercano al óptimo para la fabricación de cada tipo de tubería.
- ✓ Se recomienda tener el apoyo de personas que cuenten con una extensa experiencia en la fabricación de tuberías.
- ✓ Es considerable tener muy claro el tipo de extrusora con la que se está trabajando y la ubicación exacta de cada zona del cabezal.
- ✓ Se recomienda realizar un mantenimiento continuo de las termocuplas de cada zona para tener una visualización real de las temperaturas.
- ✓ Al igual que fue realizado el estudio de temperaturas se recomienda tomar en cuenta para mejoras en el futuro sean considerados otros parámetros que influyen en las propiedades mecánicas de las tuberías como son la velocidad de fabricación de la tubería, torque de los tornillos de extrusión, diseño de la matricería, tipo de fórmula del compuesto de PVC.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS

6.1.1 TEMA

Diseño y construcción del cono (pin) para la fabricación de tubería de PVC de 110 mm, con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas de la tubería en la empresa TUMILSA S.A. en la ciudad de Ambato.

6.1.2 INSTITUCIÓN EJECUTORA

La Institución en la cual se va a desarrollar la propuesta es la empresa TUMILSA S.A. ubicada en Ambato.

6.1.3 BENEFICIARIOS

Este trabajo está dirigido a dar solución a las posibles fallas en los ensayos destructivos de la tubería de PVC de 110 mm, las cuales beneficiará principalmente al área de calidad de la empresa TUMILSA S.A.

6.1.4 UBICACIÓN

La empresa TUMILSA S.A. está ubicada en la Panamericana Norte Km 10, sector Samanga, entrada a Puerto Arturo en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua.

6.1.5 TIEMPO ESTIMADO PARA LA EJECUCIÓN

La presente propuesta se va a realizar desde el mes de Noviembre del 2012 al mes de Junio del 2013.

6.1.6 EQUIPO TÉCNICO RESPONSABLE

Los responsables de llevar a cabo la propuesta en su totalidad son el autor y el tutor de tesis los mismos que trabajarán en todos los procesos que conlleve su culminación.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Del análisis térmico en el cabezal de la máquina de extrusión de PVC rígido se encontró que para mejorar las propiedades mecánicas de la tubería de desagüe 110 mm influyen varios factores como las temperaturas de extrusión, el torque de los tornillos de extrusión y la presión de masa.

Con el estudio realizado se definió las temperaturas de trabajo más adecuadas, por lo que para mejorar aún más las propiedades mecánicas de la tubería se procederá a diseñar y construir un nuevo cono.

Las máquinas de extrusión y la matricería (Cono e Hilera) utilizadas en la empresa TUMILSA S.A. son de procedencia alemana, por lo que los diseños son diferentes a los utilizados en el Ecuador debido a la variación en los componentes de las materias primas del compuesto de PVC.



Figura 6.1 Cono para elaborar tubería de desagüe 110 mm

Fuente: Diego López

6.3 JUSTIFICACIÓN

Con la continua fabricación de tubería el desgaste de la matricería se hace inevitable, por lo que se requiere contar con varios juegos (Cono e Hilera) para cada tipo de tubería y en especial para elaborar tubería de desagüe de 110 mm siendo esta una de las tuberías de más alta rotación en el mercado.

Debido a que en cada país se utilizan distintas materias primas para la fabricación de tubería de PVC el diseño del pin utilizado es diferente en nuestro país por lo que se ha visto la posibilidad de construirlo. Al realizar el diseño del cono con ingeniería local se espera mejorar las propiedades mecánicas de la tubería las cuales son demostradas en los resultados de los ensayos destructivos realizados en el laboratorio de la empresa.

El diseño del pin será de gran ayuda en la empresa TUMILSA S.A. para aprobar las auditorías del producto realizadas cada tres meses por el INEN (Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización) y también la información recopilada para el diseño se quedará en la empresa como base para futuros estudios que se desee realizar para los diferentes tipos de tuberías.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1.-GENERAL

- Diseñar y construir un cono (pin) para la fabricación de tubería de PVC de 110 mm con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas de la tubería en la empresa TUMILSA S.A. en la ciudad de Ambato.

6.4.2.-ESPECÍFICOS

- Definir las dimensiones que debe tener el cono de acuerdo a los cálculos realizados.
- Determinar el material más adecuado para la construcción del cono.

- Mejorar el ensayo destructivo de reversión longitudinal.
- Comparación entre resultados de laboratorio con el cono original y el cono nuevo.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Debido a las nuevas tendencias y desarrollo industrial resulta más rentable invertir en mejorar la calidad de los procesos y por ende la calidad de los productos, aunque la inversión inicial resulte considerable a la larga los beneficios se verán reflejados en el incremento de las ventas y en la conservación de los sellos de calidad con los que cuenta la empresa.

El diseño del cono que se va a realizar es factible debido a que en el mercado nacional se dispone de una gran variedad de aceros que pueden recibir diferentes tipos de tratamientos que sirvan para tener una mayor duración en el trabajo y cumplir con la propuesta planteada.

Por tratarse del diseño de una pieza que aproximadamente pesa 30 Kg se debe buscar un taller que cuente con la maquinaria apropiada para la manipulación correcta de esta pieza.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

6.6.1 ACEROS PRETEMPLADOS

El desarrollo de piezas de plástico cada vez más grandes otorga una importancia creciente al tratamiento térmico de los moldes.

Para minimizar el riesgo de alteraciones dimensionales y fisuras por tensiones de temple, se utilizan aceros “pretemplados” para útiles de grandes dimensiones. Son sometidos por el fabricante a un tratamiento térmico hasta una dureza entre 280 y 400 HB / aprox. 29 – 43 HRC. Con esta dureza, el acero conserva una buena

maquinabilidad pero a la vez posee buena resistencia al desgaste y la robustez adecuada.

Las ventajas especiales de los aceros pretemplados son:

- No precisan tratamiento térmico después de la mecanización.
- Se pueden utilizar en su estado de suministro, incluso en grandes dimensiones.

Tabla 6.1 Aceros Pretemplados

Marque BÖHLER Calidad BÖHLER	Résistance à l'usure Resistencia al desgaste	Ténacité Tenacidad	Aptitude au polissage Pulibilidad	Usinabilité en état de livraison Maquinabilidad en estado de suministro	Trempable à cœur Aptitud para temple en profundidad	Bonne aptitude à l'attaque chimique Buena aptitud para el ataque químico	Etat de livraison Estado de suministro
BÖHLER M200	++	+	+	+++	+	+	V 290 – 330 HB
BÖHLER M201	++	++	++	+	+	+++	V 290 – 330 HB
BÖHLER M238	++	++	++	+	+++	+++	V 290 – 330 HB
BÖHLER M261 EXTRA	++	+	+	++	++	+	LA ca./aprox. 40 HRc
BÖHLER M461 EXTRA	++	+++	+++	+	++	+++	LA ca./aprox. 40 HRc

V traité / templado y revenido para obtener buenas propiedades mecánicas
LA recuit de mise en solution et durci par précipitation / recocido de disolución y endurecido por precipitación

Fuente: <http://www.acerosboehler.com.ar/english/files/catalogo.pdf>

A continuación se detalla las características y especificaciones del material.

Aleación:

C% 0.32-0.40

Si% 0.3

Mn% 1.50

Cr.% 1.75-2.0

Mo% 0.20-0.38

Descripción:

Acero forjado, bonificado de gran tenacidad y excelente resistencia al desgaste, con buena maquinabilidad y gran brillo. Cementable o nitrurable, apto para cromado duro y tratamiento galvánico. Es utilizado en moldes para materiales plásticos, armazones de moldes o partes de maquinaria.

Estado de entrega: Limite de elasticidad aproximado 1000 MPa (300 HB) por lo que no requiere de tratamiento térmico.

Medias disponibles: Redondos desde 4" a 26"; Platinas 25 x 255 – 569 x 864 mm.

Ecuación de continuidad

$$Q = VA \quad (\text{Ecuación 6.1})$$

Q: Caudal (m^3/s).

V: Velocidad (m/s).

A: Área (m^2).

6.6.2 RADIO HIDRÁULICO PARA SECCIONES TRANSVERSALES NO UNIFORMES⁷

Para el cálculo de tuberías de secciones transversales no uniformes se utiliza una dimensión característica denominada radio hidráulico R_h , que es definido como el cociente entre el área de la sección transversal y el perímetro mojado.

$$R_h = \frac{A}{P_m} \quad (\text{Ecuación 6.2})$$

R_h : Radio hidráulico (m).

A : Area(m^2).

P_m : Perímetro mojado (m).

6.6.3 NÚMERO DE REYNOLDS

El comportamiento de un fluido depende del régimen del flujo, laminar o turbulento.

Número de Reynolds (Re) ➔ Herramienta para determinar y predecir el tipo de flujo.

Parámetro adimensional que depende de la densidad y viscosidad del fluido analizado, la velocidad del mismo y una dimensión característica que depende del sistema a analizar:

Representa el cociente entre las fuerzas de inercia del flujo y las fuerzas debidas a la viscosidad, y mide la influencia relativa de esta última.

Si Re ⬆ Flujo tiende a ser **turbulento** (debido a altas velocidades o bajas viscosidades).

Si Re ⬇ Flujo tiende a ser **laminar** (debido a altas viscosidades o bajas densidades).

La expresión del número de Reynolds adopta diferentes formas para conductos circulares o no circulares, canales abiertos o flujo alrededor de cuerpos inmersos.

⁷ MOTT, Robert, Mecánica de fluidos aplicada, 4^{ta}. Edición, Prentice-Hall Inc., México DF México, 1996, pg. 228

$$Re = \frac{4\rho VRh}{\mu} = \frac{4VRh}{\nu} \quad (\text{Ecuación 6.3})$$

Re : Número de Reynolds (adimensional).

V_{prom} : Velocidad promedio del flujo (m/s).

$\nu = \mu/\rho$: Viscosidad cinemática del fluido (m^2/s).

μ : Viscosidad dinámica (Kg/m.s).

ρ : Densidad (Kg/m^3).

Números críticos de Reynolds para fluidos no newtonianos

Normalmente se trabaja con los siguientes rangos: Si $Re \leq 2000$ Flujo LAMINAR; Si $Re \geq 4000$ Flujo TURBULENTO; Si $2000 < Re < 4000$ Región CRÍTICA (no es posible predecir el régimen del flujo). Para fluidos no newtonianos no se cumple el límite de rangos anterior, normalmente estos son mucho más bajos.

Debido a que existen diferentes métodos para calcular el número de Reynolds para fluidos no newtonianos nosotros utilizaremos la fórmula anterior ya que para cada tipo de fluido no newtoniano existe una forma diferente de calcular el número de Reynolds, la cuales son desarrolladas después de un exhaustivo análisis.

6.6.4 FLUIDOS NO NEWTONIANOS

Un **fluido no newtoniano** es aquel fluido cuya viscosidad varía con la temperatura y la tensión cortante que se le aplica. Como resultado, un fluido no-newtoniano no tiene un valor de viscosidad definido y constante, a diferencia de un fluido newtoniano.

Aunque el concepto de viscosidad se usa habitualmente para caracterizar un material, puede resultar inadecuado para describir el comportamiento mecánico de algunas sustancias, en concreto, los fluidos no newtonianos. Estos fluidos se pueden

caracterizar mejor mediante otras propiedades reológicas, propiedades que tienen que ver con la relación entre el esfuerzo y los tensores de tensiones bajo diferentes condiciones de flujo, tales como condiciones de esfuerzo cortante oscilatorio.

Fluidos Viscoelásticos

Estas sustancias fluyen cuando se aplica en ellas un esfuerzo de corte, pero tienen la particularidad de recuperar parcialmente su estado inicial, presentando entonces características de los cuerpos elásticos. Un ejemplo típico es la agitación de un líquido en una taza con una cuchara, si el fluido es viscoso, cuando se retira la cuchara cesa el movimiento. Si el material es viscoelástico, al sacar la cuchara se puede observar que el movimiento se hace más lento e incluso puede llegar a cambiar levemente el sentido de giro antes de detenerse por completo. En esta categoría podemos mencionar a polímeros fundidos, soluciones de polímeros.

6.6.5 FLUJO VISCOSO Y NO VISCOSO

Un flujo es viscoso cuando están presentes en su comportamiento fuerzas de fricción.

Los fluidos viscosos presentan una pérdida de energía proporcional a la viscosidad.

Un fluido no viscoso puede considerarse como ideal.

Tabla 6.2 Valores aproximados de viscosidad para algunos materiales

Material	μ (Pa.s)
Vidrio fundido (500°C)	10^{12}
Polímeros fundidos	10^3
Jarabes	10^2
Miel líquida	10^1
Glicerol	10^{-1}
Aceite de oliva	10^{-2}
Agua	10^{-3}
Aire	10^{-5}

Fuente: <http://iq.ua.es/TPO/Tema1.pdf> (Tecnología de polímeros M. Beltrán y A. Marcilla)

Tabla 6.3 Unidades de viscosidad dinámica

Sistema de unidades	Unidades de viscosidad dinámica
Sistema Internacional (SI)	$\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}$, $\text{Pa}\cdot\text{s}$, o $\text{Kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$
Sistema Británico de unidades	$(\text{lb}\cdot\text{s})/\text{pie}^2$ o $\text{slug}/(\text{pie}\cdot\text{s})$
Sistema c.g.s.	$\text{poise} = \text{dina}\cdot\text{s}/\text{cm}^2 = \text{g}/(\text{cm}\cdot\text{s}) = 0.1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ Centipoise = poise /100

Fuente: <http://iq.ua.es/TPO/Tema1.pdf> (Tecnología de polímeros M. Beltrán y A. Marcilla)

Tabla 6.4 Unidades de viscosidad cinemática

Sistema de unidades	Unidades de viscosidad cinemática
Sistema Internacional (SI)	m^2/s
Sistema Británico de unidades	pie^2/s
Sistema c.g.s.	$\text{stoke} = \text{cm}^2/\text{s} = 1 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ Centistoke = stoke /100 = $1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Fuente: <http://iq.ua.es/TPO/Tema1.pdf> (Tecnología de polímeros M. Beltrán y A. Marcilla)

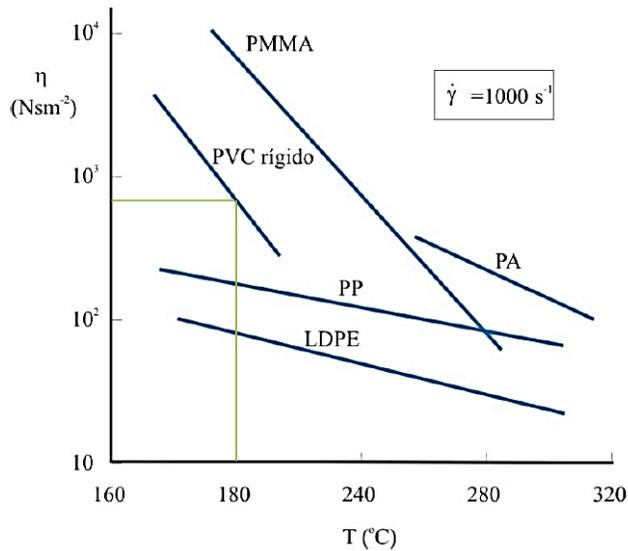


Figura 6.2 Dependencia de la viscosidad de distintos polímeros con la temperatura

Fuente: <http://iq.ua.es/TPO/Tema1.pdf> (Tecnología de polímeros M. Beltrán y A. Marcilla)

6.6.6 PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR FRICCIÓN EN EL FLUJO LAMINAR⁸

Cuando el flujo es laminar el fluido se mueve como si fueran varias capas, una sobre la otra. Debido a la viscosidad del fluido se pierde energía del fluido.

Como el flujo laminar es tan regular y ordenado, es posible obtener una relación entre la pérdida de energía y los parámetros mensurables del sistema de flujo. Dicha relación se conoce como ecuación de Hagen-Poiseuille:

$$h_L = \frac{32\mu L v_s}{\gamma D^2} \quad (\text{Ecuación 6.4})$$

h_L : Pérdida de energía debido a la fricción (m).

μ : Viscosidad dinámica ($Pa \cdot s$).

L : Longitud de la corriente del flujo (m o *pies*).

v_s : Velocidad promedio del flujo (m/s).

D : Diámetro de la tubería (m).

γ : Peso específico del fluido (N/m^2).

Para flujos de tipo laminar en donde $N_R < 2000$, se puede establecer una ecuación del factor de fricción al asociar la ecuación de Darcy con la ecuación de Hagen-Poiseuille obteniendo la siguiente ecuación.

$$f_T = \frac{64}{N_R} \quad (\text{Ecuación 6.5})$$

⁸ MOTT, Robert, Mecánica de fluidos aplicada, 4^{ta}. Edición, Prentice-Hall Inc., México DF México, 1996, pg. 277

Ecuación de Darcy para calcular las pérdidas por fricción en secciones transversales no uniformes.

$$h_L = f_T \frac{L(V_{prom})^2}{4R_h 2g} \quad (\text{Ecuación 6.6})$$

6.6.7 PÉRDIDA DE ENERGÍA DEBIDO A LA FRICCIÓN EN CONTRACCIÓN GRADUAL

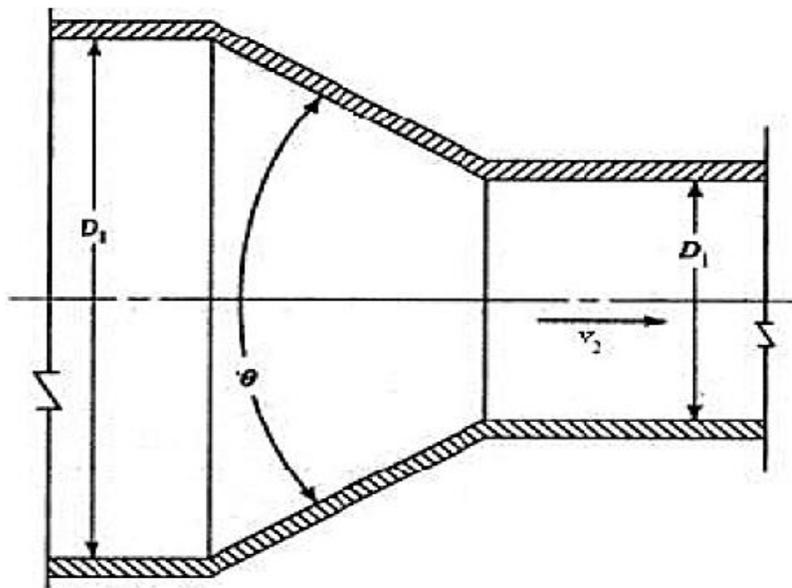


Figura 6.3 Contracción gradual

Fuente: MOTT, Robert, Mecánica de fluidos aplicada, 4^{ta}. Edición, Prentice-Hall Inc., México DF México, 1996, pg. 277

$$h_{CG} = K \frac{V_2^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 6.7})$$

h_{CG} : Pérdida de energía debido a la contracción gradual (m).

V_2 : Velocidad 2 del flujo (m/s).

K: factor K para la contracción gradual (adimensional).

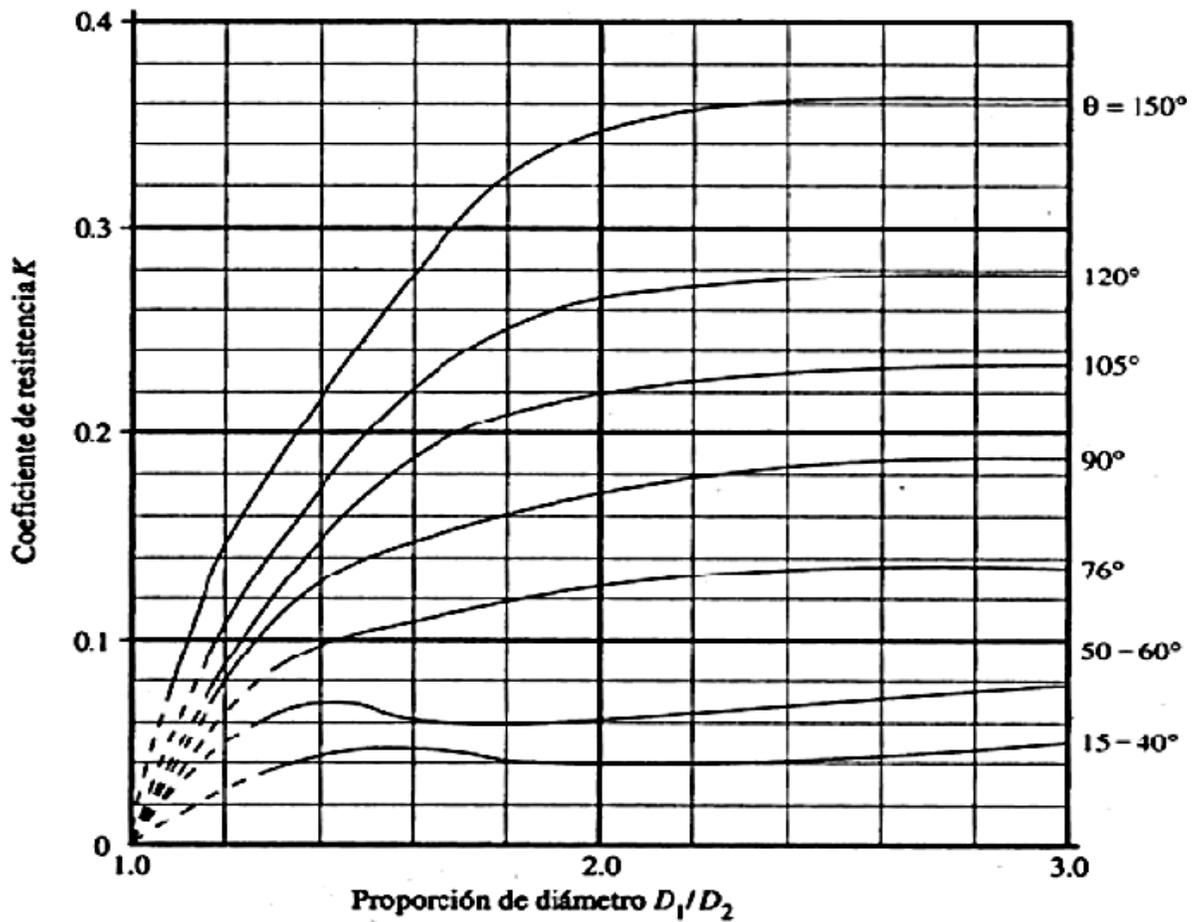


Figura 6.4 Coeficiente de resistencia por contracción gradual

Fuente: MOTT, Robert, Mecánica de fluidos aplicada, 4^{ta}. Edición, Prentice-Hall Inc., México DF México, 1996, pg. 277

6.6.8 ESFUERZOS EN CILINDROS DE PARED GRUESA

Para esfuerzos en cilindros de pared gruesa se debe cumplir con la siguiente identidad:

$$\frac{di}{e} < 40$$

Ecuación 6.8

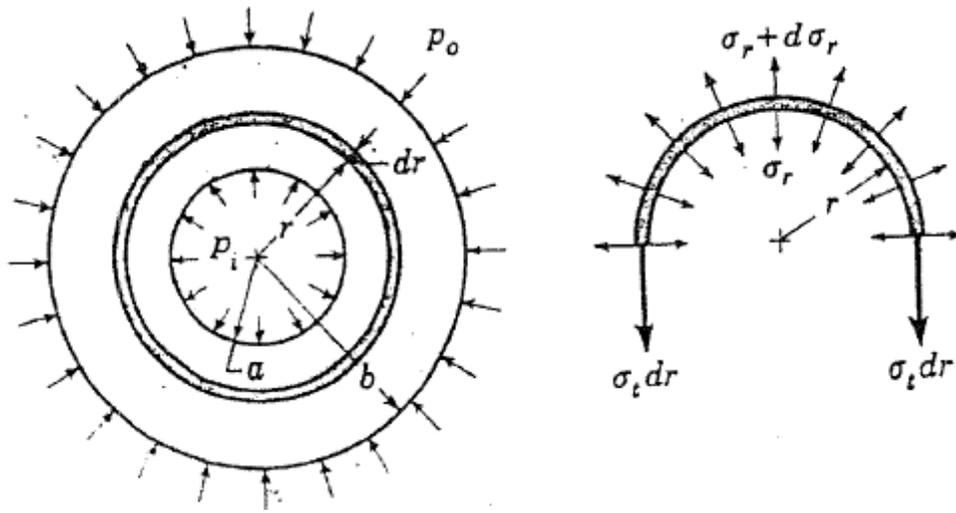


Figura 6.5 Cilindro sometido a presión interna y externa

Fuente: Shigley, J. – Mitchell, L. Diseño en Ingeniería Mecánica, 3^{ra} Edición, México, 1985, McGRAW-HILL, pg. 76

Para lo cual:

σ_t : Esfuerzo tangencial (Pa).

σ_r : Esfuerzo radial (Pa).

σ_L : Esfuerzo longitudinal (Pa).

σ' : Esfuerzo de Von Mises (Pa).

a : Radio interior del cilindro (m).

b : Radio exterior del cilindro (m).

p_i : Presión interior del cilindro (Pa).

p_o : Presión exterior del cilindro (Pa).

e : Espesor de pared del cilindro (m).

n : Factor de seguridad (adimensional).

Para una presión interior igual a cero ($p_i = 0$).

$$\sigma_t = -p_o \frac{b^2 + a^2}{b^2 - a^2} \quad (\text{Ecuación 6.9})$$

$$\sigma_r = -p_o \quad (\text{Ecuación 6.10})$$

$$\sigma_L = \frac{p_o * a^2}{b^2 - a^2} \quad (\text{Ecuación 6.11})$$

$$\sigma' = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \quad (\text{Ecuación 6.12})$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (\text{Ecuación 6.13})$$

6.7 METODOLOGÍA. MODELO OPERATIVO

6.7.1 DISEÑO Y SUS CONSIDERACIONES

6.7.1.1 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PROMEDIO

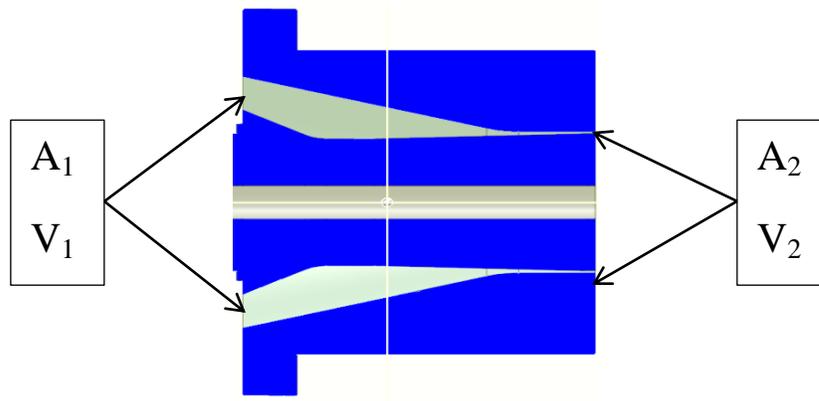


Figura 6.6 Esquema del cono e hilera

Fuente: Diego López

Para calcular la V_1 utilizamos la ecuación de continuidad (ecuación 6.1)

$$\text{Entonces } Q_1 = Q_2$$

Datos:

V_2 : Velocidad = 0.0762 m/s (Dato de producción tomado del halador)

$$\left. \begin{array}{l} A_1: \text{Área 1} = 130.47 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \\ A_2: \text{Área 2} = 5.1 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{array} \right\} \text{(Ver anexo 9.b)}$$

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{A_2 V_2}{A_1}$$

$$V_1 = \frac{5.1 \times 10^{-4} * 0.0762}{130.47 \times 10^{-4}}$$

$$V_1 = 2.98 \times 10^{-3}$$

$$V_{prom} = \frac{2.98 \times 10^{-3} + 76.2 \times 10^{-3}}{2}$$

$$V_{prom} = 39.59 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

6.7.1.2 CÁLCULO DEL RADIO HIDRÁULICO

Datos:

$$A: \text{Área} = (A_{\text{Cono}} + A_{\text{Hilera}}) = (0.073 + 0.0974) \text{ m}^2 = 0.17 \text{ m}^2 \quad (\text{Ver Anexo 9.a})$$

$$P_m: \text{Perímetro mojado} = (P_{\text{Cono}} + P_{\text{Hilera}}) = (3.87 + 2.31) \text{ m} = 6.18 \text{ m} \quad (\text{Ver Anexo 9.c})$$

Tomando la ecuación 6.2.

$$R_h = \frac{0.17}{6.18}$$

$$R_h = 0.0275 \text{ m}$$

6.7.1.3 NÚMERO DE REYNOLDS

Datos:

V_{prom} : Velocidad promedio del flujo = 39.59×10^{-3} m/s

R_h : Radio hidráulico = 0.0269 m

Para seleccionar la viscosidad dinámica nos ayudamos de la figura 6.2 ya que el material se encuentra a una temperatura aproximada de $180 \text{ }^\circ\text{C}$.

μ : Viscosidad dinámica = $10^3 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$

ρ : Densidad = 1.48 kg/m^3

Tomando la ecuación 6.3.

$$Re = \frac{4 * 1.48 * 39.59 \times 10^{-3} * 0.0275}{800}$$

$$Re = 8.06 \times 10^{-6}$$

Como $Re \leq 2000$ Entonces se trata de flujo **laminar**

6.7.1.4 PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR FRICCIÓN EN EL FLUJO LAMINAR

Datos:

f_T : Factor de fricción (Adimensional)

N_R : Numero de Reynolds = 6.31×10^{-6}

Tomando la ecuación 6.5.

$$f_T = \frac{64}{8.06 \times 10^{-6}}$$

$$f_T = 7.94 \times 10^6$$

Datos:

h_L : Pérdidas de energía por fricción

L : Longitud de la tubería = 0.22 m

V_{prom} : Velocidad promedio = 39.59×10^{-3} m/s

R_h : Radio hidráulico = 0.0269 m

g : Gravedad = 9.81 m/s²

Tomando la ecuación 6.6.

$$h_L = 7.94 \times 10^6 * \frac{0.22 * (39.59 \times 10^{-3})^2}{4 * 0.0275 * 2 * 9.81}$$

$$h_L = 1268.6 \text{ m}$$

6.7.1.5 PÉRDIDAS DE ENERGÍA DEBIDO A LA FRICCIÓN EN CONTRACCIÓN GRADUAL

Datos:

h_{CG} : Pérdidas de energía por contracción gradual

V_2 : Velocidad = 0.0762 m/s

K: factor K para la contracción gradual (Adimensional)

El factor K para la contracción gradual se obtiene de la figura 6.4, está en función de D_1/D_2 , y del ángulo de la contracción θ :

$$\left. \begin{array}{l} \theta = 30^\circ \\ D_1/D_2 = 1.78 \end{array} \right\} K = 0,042$$

Tomando la ecuación 6.7.

$$h_{CG} = 0,042 * \frac{(0.0762)^2}{2 * 9.8}$$

$$h_{CG} = 1.243 \times 10^{-5} \text{ m}$$

6.7.1.6 CÁLCULO APROXIMADO DE LA PUNTA DEL CONO NUEVO

Tabla 6.5 Cálculos realizados a matrices existentes para tubería de 110mm para obtener un diámetro aproximado del cono deseado

	TUBO DE PRESIÓN 1MPa	TUBO DE DESAGUE	TUBO DE DESAGUE NUEVO
Espesor de trabajo Tumilsa (et)	4.43 mm	2.83 mm	2.33 mm
ØHILERA	106.70mm	106.70mm	106.70mm
ØCONO	101.1 mm	103.1 mm	103.74 mm
ØHILERA - Ø CONO	5.6 mm	3.6 mm	2.93
Espesor entre el cono e hilera GAP= (ØHI - ØCONO)/2	2.8 mm	1.8 mm	1.465
Medida de expansión (E)	4.45 mm	3.04 mm	-
Factor de expansión(FE) FE = E/GAP	1.59	1.69	1.59

Fuente: Diego López

Cálculo del diámetro de la punta del cono nuevo de 110mm.

Datos:

Espesor de trabajo: $et = 2.33$ mm

Seleccionamos el menor Factor de expansión (FE) de las 2 pruebas anteriores:

FE = 1.59mm

Diámetro de la hilera: $\emptyset HILERA = 106.70$ mm

Cálculos:

Espesor entre el cono y la hilera (GAP)

$$GAP = \frac{et}{FE} \quad GAP = \frac{2.33}{1.59}$$

$GAP = 1.465$

Despejamos $\emptyset CONO$ tenemos:

$$\emptyset CONO = \emptyset HILERA - GAP = 106.67 - 2(1.465)$$

$$\emptyset CONO = 103.74 \text{ mm}$$

6.7.1.7 SELECCIÓN DEL MATERIAL DEBIDO A LOS ESFUERZOS QUE DEBE SOPORTAR

Para verificar que se trata de un cilindro de pared gruesa debe cumplir la ecuación 6.8.

Sabiendo que: $d_i = 25$ mm; $e = 39.31$ mm

$$\frac{25}{39.31} < 40$$

$0.64 < 40$ Entonces podemos confirmar que si se trata de un cilindro de pared gruesa.

Cálculo de esfuerzos radial y tangencial.

Datos:

$a = 12.5 \text{ mm (0.0125m)}$.

$b = r = \text{ØCONO}/2 = 51.87 \text{ mm (0.05187 m)}$. Porque los esfuerzos máximos se producen en la superficie exterior;

$p_o = 280 \text{ Bar} = 28 \text{ MPa}$ Presión exterior del cilindro (Pa).

$e =$ Espesor de pared del cilindro (m).

$p_i = 0$ Para una presión interior igual a cero

Tomando la ecuación 6.9

$$\sigma_t = -28 * \frac{0.05187^2 + 0.0125^2}{0.05187^2 - 0.0125^2} = -28 * \frac{0.002841}{0.002528}$$

$$\sigma_t = -31.45 \text{ MPa}$$

Tomando la ecuación 6.10

$$\sigma_r = -28 \text{ MPa}$$

Tomando la ecuación 6.11

$$\sigma_L = \frac{28 * 0.0125^2}{0.05187^2 - 0.0125^2}$$

$$\sigma_L = 1.73 \text{ MPa}$$

Tomando la ecuación 6.12

$$\sigma' = \sqrt{\frac{(\sigma_t - \sigma_r)^2 + (\sigma_r - \sigma_L)^2 + (\sigma_L - \sigma_t)^2}{2}}$$

$$\sigma' = \sqrt{\frac{(-31.45 + 28)^2 + (-28 - 1.73)^2 + (1.73 + 31.45)^2}{2}}$$

$$\sigma' = 31.60 \text{ MPa}$$

Tomando la ecuación 6.13

$$n = \frac{1000 \text{ MPa}}{31.60 \text{ MPa}}$$

$$n = 31.65$$

Escogemos un acero BOHLER 238 (AISI P20+Ni) el límite de fluencia del acero es: 1000 MPa (aproximadamente 300 HB) (ver anexo 7)

Este factor de seguridad es alto debido a que el cono va a estar expuesto a altas temperaturas y a un desgaste continuo por fricción que ejerce el compuesto de pvc.

Esto indica que el material seleccionado soportará la presión máxima de trabajo.

6.7.1.8 FACTORES EN LA SELECCIÓN DEL MATERIAL A UTILIZAR

- Factibilidad de compra.
- Factor de seguridad aceptable.
- Buena aptitud para el ataque químico (Cromo duro).
- Buenas propiedades mecánicas.

A continuación se detalla las características y especificaciones del material.

Acero forjado, bonificado de gran tenacidad y excelente resistencia al desgaste, con

buena maquinabilidad y gran brillo. Cementable o nitrurable, apto para cromado duro y tratamiento galvánico. Es utilizado en moldes para materiales plásticos, armazones de moldes o partes de maquinaria.

Estado de entrega: Bonificado 1000 N/mm^2 (300 HB) por lo que no requiere de tratamiento térmico.

6.7.1.9 SIMULACIÓN DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR

Se hizo necesario realizar una simulación de la transferencia de calor con los resultados obtenidos, con el fin de evitar un sobrecalentamiento de los componentes nuevos que podría ser peligroso si las propiedades del cono nuevo no son las indicadas por el fabricante.

Para lo cual se dibujó simétricamente a través de coordenadas cartesianas la mitad del cabezal y se seleccionó un estado estacionario.

Propiedades del material

Las propiedades del material (M238) que se utilizó son las siguientes:

Calor específico = $460 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$.

Densidad = 7800 kg/m^3 .

Temperatura ambiente = $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Conductividad = $58 \text{ W/m}^\circ\text{K}$.

Condiciones de extremos

- En el contorno de simetría del cabezal se ubicó una temperatura de $180 \text{ }^\circ\text{C}$ (arista de color verde).

- A la entrada y a la salida del cabezal se ubicó una temperatura constante de 25 °C y un índice de transmisión de calor de 10 W/m²°K (aristas de color tomate).
- Debido a la existencia de tres resistencias con potencias diferentes ($W_1 = 2200\text{W}$; $W_2 = 5000\text{W}$; $W_3 = 3800\text{W}$) se realizó un cálculo total de la densidad de flujo de calor siendo igual a 12670 W/m², valor que se ubicó en cada arista alrededor del cabezal (aristas de color rosado).

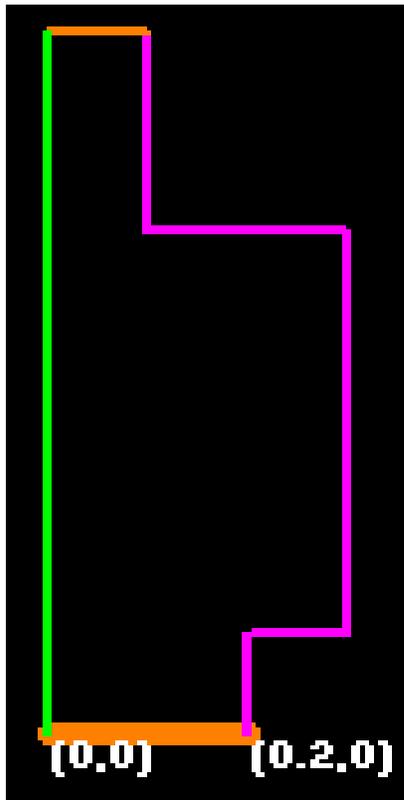


Figura 6.7 Condiciones de extremos del cabezal

Fuente: Diego López

Mallado

Se utilizó un mallado intermedio debido a que si se utiliza mallados muy grandes o muy pequeños los valores encontrados varían demasiado.

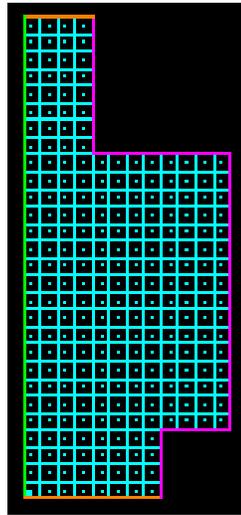


Figura 6.8 Mallado del cabezal

Fuente: Diego López

Los resultados de la simulación de transferencia de calor indica que las temperaturas más altas obtenidas son de 291.44 °C, se considera que la dureza del material no varía más del 4% con la temperatura máxima encontrada en la simulación en comparación con la dureza a temperatura ambiente. Gracias a que el acero M238 viene pretemplado de fábrica se dirá que se puede trabajar sin ningún peligro de desgaste excesivo de cualquiera de las partes del cabezal.

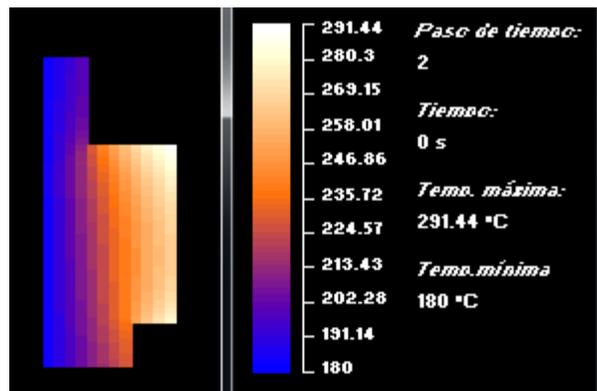


Figura 6.9 Resultado térmico del cabezal

Fuente: Diego López

6.8 ADMINISTRACIÓN

6.8.1 ANÁLISIS DE COSTOS

Los costos que se presentan a continuación se considera con el proyecto ya terminado, hay que tener cuidado ya que una cotización de algún material por lo general tiene una vigencia de máximo 15 días.

6.8.2 COSTOS DIRECTOS

- Costos del material y del cromado

Tabla 6.6 Costo del material Acero M238 pretemplado

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO (USD)
Cromo	1	200,00
Acero M238 Pretemplado (Ø=141.5mm ; L=265 mm)	1	300,00
		TOTAL 500,00

Fuente: Diego López

6.8.3 COSTOS INDIRECTOS

- Costo del mecánico

Tabla 6.7 Costo mano de obra

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO (USD)
Mecánico	1	450,00
		TOTAL 450,00

Fuente: Diego López

- Costo aproximado del consumo eléctrico y reactivo para 18 probetas.

Tabla 6.8 Costo de equipos y materiales

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO (USD)
Reactivos (Acetona)	1 litro	25,00
Probetas	45	10,00
Horno universal	1	5,00
Equipo vikat	1	5,00
Cierra eléctrica	1	5,00
		TOTAL 50,00

Fuente: Diego López

- Costos diversos

Tabla 6.9 Costo diversos

DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
Bibliografía	50,00
Empastado del documento	60,00
Material de escritorio	60,00
Movilización y otros	50,00
TOTAL 220,00	

Fuente: Diego López

6.8. COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN

- Detalle de los costos totales de la inversión

Tabla 6.10 Costo total de la inversión

COSTOS	CANTIDAD (USD)
Costos directos	500,00
Costos indirectos	720,00
10% imprevistos	122,00
TOTAL	1342,00

Fuente: Diego López

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Una vez realizado el diseño y la construcción del pin (cono) para la fabricación de tubería de PVC de 110 mm se ha obtenido los siguientes resultados.

Tabla 6.11 Resultados de los ensayos destructivos utilizando el cono nuevo

NÚMERO DE ENSAYO	RESISTENCIA AL IMPACTO						PRESIÓN		REVERSIÓN			VICAT		
	NPF/NTI ≤ 1						Presión ≥ 1 Mpa	Tiempo ≥ 2 min	Reversión Long. $\leq 5\%$			Temp. Ablandam. >79 °C		
	Prob1	Prob2	Prob3	NPF	NTI	NPF/NTI ≤ 1	Presión	Tiempo	Prob1	Prob2	Prob3	Prob1	Prob2	T.prom
#1	6	6	6	0	18	0	OK	OK	1,5	2	2	80	79,8	79,9
#2	6	6	6	0	18	0	OK	OK	1,5	2	2	79,9	80,1	80,0
#3	6	6	6	0	18	0	OK	OK	2	2,5	2	80,3	80,1	80,2
#4	6	6	6	0	18	0	OK	OK	2	2,5	2	79,9	79,9	79,9
#5	6	6	6	0	18	0	OK	OK	2,5	2	2	80,3	80,1	80,2

Fuente: Diego López

Los resultados de la tabla del anexo 11 que corresponde al Lote de producción realizada con el cono nuevo, nos indica que existe una mejora en los ensayos destructivos teniendo un promedio de **2.03 %** con respecto al lote 4 (Tabla 4.13) que tuvo un promedio de **2.6%** en el ensayo de reversión longitudinal.

Sería adecuado que se realice un estudio para los diferentes diámetros de tubería teniendo como base el realizado para la tubería de 110 mm de desagüe.

En cuanto a la productividad, debido a que los cálculos fueron analizados con un flujo másico del 80% del máximo recomendado por los fabricantes de las máquinas extrusoras, se puede afirmar que los resultados obtenidos son los más óptimos mejorando su calidad.

Es importante almacenar y tratar con mucho cuidado todas las partes del cabezal con el fin de que su vida útil sea prolongada.

C. MATERIALES DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-** BARRERO, A. – PÉREZ, M. – SÁNCHEZ, S. (2005). Fundamentos y Aplicación de la Mecánica de Fluidos. Madrid: McGRAW-HILL/Interamericana de España.
- 2.-** CATALOGOS. TUMILSA S.A.
- 3.-** CRESPO, A. (2006). Mecánica de Fluidos. 2da. Edición. Madrid: COPYRIGHT Editores.
- 4.-** FRANK P. INCROPERA – DAVID P. DEWITT. (1999). Fundamentos de Transferencia de Calor. 4da. Edición. Prentice hall. México .
- 5.-** GERHART, P. – GROSS, R. – HOCHSTEIN, J. (1995). Fundamentos de Mecánica de Fluidos (2da. Ed. corr. y aum.). Delaware: Addison – Wesley Iberoamericana S.A.
- 6.-** HERRERA E. LUIS – MEDINA F. ARMANDO – NARANJO L. GALO. (2005). Tutoría de la Investigación Científica. 4ta. Edición. Gráficas Corona. Ambato.
- 7.-** MATAIX. C. (2007). Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas (6ta. Ed. corr. y aum.). México: Alfaomega Grupo Editor.
- 8.-** MOTT, R. L. (2006). Mecánica de Fluidos (6ta. Ed. corr. y aum.). México: Pearson Educación Editores.
- 9.-** SHIGLEY, J. – MITCHELL, L. (1985). Diseño en Ingeniería Mecánica (3ra. Ed. corr. y aum.). México: McGRAW-HILL.
- 10.-** YUNUS A. ÇENGEL (2007), “Transferencia de calor y masa”, Tercera Edición Mc Graw Hill, México.

Páginas Web:

- 1.- <http://www.unioviado.es.Areas/Mecanica.Fluidos/dociencia>.
- 2.- <http://www.acerosboehler.com.ar/english/files/catalogo.pdf>
- 3.- <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/es/conceptosbasicosmfluidos/reynolds>.
- 4.- <http://www.edukativos.com/downloads-file-2266-details.html>.
- 5.- <http://iq.ua.es/TPO/Tema1.pdf> (Tecnología de polímeros M. Beltrán y A. Marcilla)
- 6.- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/dinamica/reynolds/reynolds.htm>
- 7.- <http://www.tecnoedu.com/Armfield/F1-20.php>
- 8.- <http://www.scribd.com/doc/141685342/Norma-ISO-4435>.
- 9.- <http://www.repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/1234>

ANEXOS:

NORMAS

DIAGRAMAS

PLANOS

ANEXO 1 NORMA INEN 504

CDU: 678.7:620.178.74

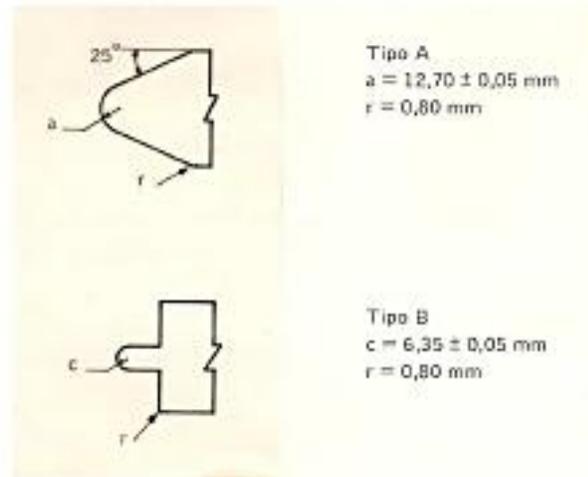


PL 04.03-305

<p>Norma Técnica Ecuatoriana</p>	<p>TUBERÍA PLÁSTICA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO</p>	<p>INEN 504 Primera revisión 1386-01</p>
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método para determinar la resistencia de tubos termoplásticos.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Este método puede aplicarse a muestras tomadas de una producción continua o de partidas aisladas.</p> <p style="text-align: center;">3. TERMINOLOGIA</p> <p>3.1 El conjunto de términos adecuados al ámbito de esta norma está definido en la Norma INEN 1333.</p> <p style="text-align: center;">4. RESUMEN</p> <p>4.1 El método consiste en dejar caer libremente, sobre zonas marcadas alrededor de la superficie de la probeta y desde una altura conocida, una masa determinada provista de un percutor de forma establecida, bajo condiciones de ensayo especificadas.</p> <p style="text-align: center;">5. INSTRUMENTAL</p> <p>5.1 Aparato para el ensayo de impacto. Que permita la caída vertical y desde la altura determinada (ver nota 1) de la masa (peso y percutor), sin que ocurran fricciones ni vibraciones. El aparato consta de las partes fundamentales siguientes:</p> <p>5.1.1 Soporte. Que permita mantener el percutor a una altura máxima de 2 000 mm sobre la superficie de la probeta.</p> <p>5.1.2 Percutor. Masa de acero provista de una superficie de impacto endurecida y lisa, cuyos tipos y dimensiones se indican en la Figura 1.</p> <p>NOTA 1. La altura de caída es la distancia comprendida entre la superficie de impacto del percutor y la generatriz superior de la probeta, colocada sobre el bloque soporte.</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-1369 - Baquerizo Moreno ES-29 y Almagro - Quito Ecuador - Prohibida la reproducción

FIGURA 1. Tipos de percutores



5.1.3 Bloques de soporte. Debe utilizarse el siguiente:

5.1.3.1 Bloque en V. Que sirva de base a las probetas en el ensayo, con una longitud mínima igual a aquellas, provistas en su superficie de una ranura de 120° en su parte central, cuyos lados tengan la longitud suficiente para soportar la probeta en el ángulo y no en sus vértices. Puede fabricarse preferiblemente de acero.

5.1.4 Mecanismo de medición. El aparato estará provisto de un mecanismo para medir la altura de caída, con graduación en mm.

5.1.5 Un juego apropiado de pesas en forma de anillos adaptables al percutor.

5.1.6 Mecanismo para mantener el percutor a la altura de caída con una tolerancia de $\pm 10 \text{ mm}$.

6. PREPARACION DE LAS PROBETAS

6.1 Probeta. La probeta debe estar constituida por un tramo del tubo con la longitud de 150 mm, para tubos de diámetro exterior menor o igual a 75 mm, y de 200 mm para los otros diámetros, con una tolerancia de $\pm 3 \text{ mm}$.

6.1.1 Las probetas deben tener sus superficies lisas, libres de rebabas y sus extremos perpendiculares al eje del tubo.

6.2 Acondicionamiento y condicione en ensayo. Las probetas podrán ser ensayadas a temperatura ambiente.

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Mediciones. Deben realizarse según la Norma INEN 499.

7.1.1 Determinar el espesor de pared y el diámetro exterior promedio.

7.2 Para probetas tubulares, trazar en la superficie exterior una generatriz y, a continuación de ésta, otras paralelas y equidistantes en número igual al establecido en la Tabla 1.

TABLA 1. Número de generatrices equidistantes que debe trazarse en las probetas

Diámetro exterior (mm)	Número de generatrices equidistantes
40	1
50	3
63	3
75	4
90	4
110	6
125	6
140	6
160	8
180	8
200	12
225	12
250	12
280	16
315	16
355	16
400	24

7.3 Regular la masa total (pesas y percutor) y la altura de caída, como se indica en las normas específicas para cada producto.

7.4 Colocar la probeta de ensayo en el bloque de soporte, de modo que una de las generatrices trazadas, colocada en la parte superior de la probeta, se proyecte verticalmente sobre el vértice de la V del bloque.

7.5 Si la probeta no falla al primer impacto, rotaría sobre el bloque soporte e impactar en la siguiente generatriz marcada.

7.6 Continuar hasta que la probeta falle o hasta que todas las generatrices marcadas hayan recibido un impacto.

7.7 Repetir con las probetas restantes el ensayo anterior, hasta cumplir con el requisito específico.

8. INTERPRETACION DE RESULTADOS

8.1 Los criterios para evaluar los resultados se establecen en las normas de requisitos correspondientes a cada tipo de producto.

9. INFORME DE RESULTADOS

9.1 El Informe debe contener los datos siguientes:

- a) Identificación completa de las probetas ensayadas: datos del marcado del producto;
- b) dimensiones, según 7.1;
- c) acondicionamiento y condiciones de ensayo;
- d) la masa (pesas y percutor) en kg, tipo de percutor y altura de calda en mm;
- e) número de probetas ensayadas;
- f) número de probetas que han fallado;
- g) número de impactos por probeta y total;
- h) RVI, (razón verdadera de Impacto, Norma INEN 1 373);
- i) observaciones (detalles de operación no especificados en la norma o incidentes que pudieran influir en los resultados, apariencia del área de impacto, tipo de falla y cualquier defecto);
- j) laboratorio, nombre y firma del responsable;
- k) fecha de ensayo;
- l) referencia de la presente norma.

APENDICE Z

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

- INEN 499 *Tubería plástica. Determinación de las dimensiones.*
- INEN 1 333 *Tubería plástica. Tubería de cloruro de polivinilo. Terminología.*
- INEN 1 373 *Tubería plástica. Tubería de uPVC para presión. Requisitos.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

ISO 3127-80 E. *Unplasticized Polyvinyl Chloride (PVC) Pipes for the transport of fluids. Determination and specification of resistance to external blows.* International Organization for Standardization. Ginebra, 1980.

COPANT 23:3-004-75. *Plásticos. Determinación de la resistencia al impacto en tubos y conexiones de plástico rígido.* Comisión Panamericana de Normas Técnicas. México, 1975.

Norma ASTM D 2444-70. *Impact Resistance of thermoplastic pipe and fittings by mean of a tup (Falling weight).* American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Part 34. Filadelfia, 1970.

Norma Británica BS 3505-68. *Specification for Unplasticized PVC pipe.* British Standards Institution. Londres, 1968.

Norma Argentina IRAM 13351-68. *Tubos de polícloruro de vinilo rígido.* Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, 1968.

Norma Hindú IS 4985-68. *Specification for Unplasticized PVC Pipes for potable water supplies* Indian Standards Institution. Nueva Delhi, 1968.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 504 Primera Revisión	TÍTULO: TUBERÍA PLÁSTICA. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO	Código: PL 04.03-305
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo 1980-11-13 Oficialización por Acuerdo No. 2516 de 1980-12-26 publicado en el Registro Oficial No. 348 de 1980-12-31 Fecha de iniciación del estudio:	
Fechas de consulta pública:		
Subcomité Técnico: TUBERÍA PLÁSTICA		
Fecha de iniciación:		Fecha de aprobación: 1985-08-08
Integrantes del Subcomité Técnico:		
NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:	
Ing. Antonio Vélez	PLASTIGAMA S.A.	
Sr. José Luis Urgales	PLASTIGAMA S.A.	
Ing. Luis Gavilanes	JUNTA NACIONAL DE LA VIVIENDA	
Dr. Eduardo Vélez	PLASTICOS INDUSTRIASA C.A.	
Ing. Galo Maldonado	ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	
Ing. Jaime Solorzano	INDUSTRIAS PLASTICAS SOLORZANO	
Ing. Wamerges García	INDUSTRIAS PLASTICAS SOLORZANO	
Ing. Rafael Guaman	INERHI	
Sr. Luis Lacambra	PLASTIJAL S.A.	
Sr. Diego González A.	PLASTICOS RIVAL	
Ing. Fernando Maldonado	INEN	
Otros trámites: * ⁴ Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue DESREGULARIZADA , pasando de OBLIGATORIA a VOLUNTARIA , según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20		
El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1986-01-29		
Oficializada como: Obligatoria		Por Acuerdo Ministerial No. 246 del 1986-04-28
Registro Oficial No. 442 del 1986-05-23		

ANEXO 2 NORMA INEN 503

CDU: 621.643.2:678.7:620.162.4



PL 04.03-304

Norma Técnica Ecuatoriana	TUBERÍA PLÁSTICA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERIOR SOSTENIDA	INEN 503 Primera revisión 1986-01
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia a la presión hidrostática interior sostenida de tubos plásticos.</p> <p style="text-align: center;">2. TERMINOLOGIA</p> <p>2.1 Fallas de la probeta</p> <p>2.1.1 El conjunto de términos propios del ámbito están definidos en la Norma INEN 1333.</p> <p style="text-align: center;">3. RESUMEN</p> <p>3.1 El método consiste en someter a las probetas a una presión interna determinada y constante, durante un lapso prolongado, bajo condiciones de ensayo prefijados.</p> <p style="text-align: center;">4. INSTRUMENTAL</p> <p>4.1 Sistema de presión. Capaz de llegar gradualmente y sin fluctuaciones bruscas a la presión de prueba, y de mantenerla dentro de las tolerancias indicadas en la Tabla 1.</p> <p>4.2 Baño a temperatura constante. Sistema constituido por un recipiente que contenga agua que se mantenga a temperatura constante y uniforme dentro de las tolerancias de la Tabla 1.</p> <p>4.3 Manómetro. Con una exactitud y precisión no menor al 2% de toda la escala, con aguja de arrastre.</p> <p>4.4 Reloj. Con graduaciones en horas y minutos de preferencia accionado automáticamente.</p> <p>4.5 Tapas terminales de cierre. Aptas para el fácil montaje de la probeta, que garanticen la estanqueidad del conjunto, permitan la expansión longitudinal de la probeta y que no sean causa de falla de la misma.</p> <p>4.6 Soportes. Que permitan colocar las probetas sin que ocurran deflexiones en las mismas y les den libertad de movimiento circunferencial y longitudinal.</p> <p style="text-align: center;">5. PREPARACION DE LA PROBETA</p> <p>5.1 Longitud de la probeta. La longitud libre de las probetas se obtendrá de la fórmula siguiente:</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3989 - Baquerizo Moreno Es-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

$$L = 3D \text{ (ver nota 1)}$$

L = longitud total (mm)

D = diámetro exterior (mm)

5.1.1 Los extremos de las probetas deben estar libres de defectos y sus planos de corte deben ser perpendiculares al eje de las mismas.

5.2 Acondicionamiento. Las probetas deben acondicionarse a la temperatura de ensayo $\pm 2^\circ\text{C}$ durante $1 \pm 0,1$ h en un baño de agua.

6. PROCEDIMIENTO

6.1 Determinar el espesor mínimo de pared en cada extremo de las probetas y el diámetro exterior promedio en los extremos y en la mitad de las mismas, de acuerdo al método de ensayo INEN 499.

6.2 Limpiar las probetas y acoplar correctamente en sus extremos las tapas correspondientes, cuidando de no dañar la sección del tubo y asegurando su estanqueidad.

6.3 Acoplar cada probeta al sistema de presión, llenarla de agua, purgar el aire del sistema y sumergirla en el baño para su acondicionamiento, de acuerdo al numeral 5.2.

6.4 Someter el conjunto a presión e incrementarla de manera uniforme, hasta alcanzar la presión de ensayo con las tolerancias indicadas en la Tabla 1, dentro de un lapso de 60 s, y mantenerla durante el tiempo especificado para el ensayo.

TABLA 1. Tolerancias de los parámetros de ensayo

Periodo de ensayo	Temperatura	Presión	Tiempo
h	(\pm) $^\circ\text{C}$	(\pm) %	(-) %
0 a 10	2	2,0	2,0
10 a 100	2	2,0	2,0
Más de 100	2	2,0	2,0

NOTA 1. La longitud mínima de la probeta no será menor de 250 mm.

7. CÁLCULOS

7.1 Calcular el esfuerzo tangencial inducido (σ_p) en el material de la probeta ensayada mediante la fórmula siguiente:

$$\sigma_p = \frac{P}{2} \left(\frac{D}{e} - 1 \right)$$

Siendo:

- σ_p = esfuerzo tangencial inducido (MPa)
- p = presión interna de ensayo (MPa)
- D = diámetro exterior promedio (mm)
- e = espesor mínimo de pared (mm)

8. INFORME DE RESULTADOS

8.1 El informe para la presentación de resultados debe contener los datos siguientes:

- a) identificación completa de cada probeta ensayada: datos del marcado del producto,
- b) espesor mínimo de pared y diámetro exterior promedio,
- c) acondicionamiento y condiciones de ensayo,
- d) presión y tiempo de ensayo,
- e) tipo de falla,
- f) esfuerzo tangencial (ver numeral 7.1)
- g) observaciones,
- h) laboratorio, nombre y firma del responsable,
- i) fecha de ensayo, y,
- j) referencia a la presente norma.

APENDICE Z**Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

INEN 499 *Tubería plástica. Determinación de las dimensiones.*

INEN 1333 *Tubería plástica. Tubería de cloruro de polivinilo. Terminología.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

ISO 1157-73 (E). *Plastic pipes for the transport of fluids. Determination of the resistance to internal pressure.* International Organization for Standardization. Ginebra, 1973.

ANEXO 3 NORMA INEN 1368



CDU: 621.643.29:678.743.22:620.1

PL 04.03-314

<p>Norma Técnica Ecuatoriana</p>	<p>TUBERIA PLASTICA. DETERMINACIÓN DE LA REVERSIÓN LONGITUDINAL EN TUBOS. ENSAYO DE INTRODUCCIÓN EN HORNO</p>	<p>INEN 1 368 1988-01</p>
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar en los tubos plásticos, los cambios de las dimensiones lineales, ocurridas luego de haber sido sometidos al horno, a temperaturas elevadas y constantes durante lapsos determinados.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica a los tubos de uPVC aptos para la conducción de fluidos.</p> <p style="text-align: center;">3. RESUMEN</p> <p>3.1 El método consiste en determinar el cambio en longitud de la probeta sometida a tratamiento térmico, luego de un tiempo determinado.</p> <p style="text-align: center;">4. INSTRUMENTAL</p> <p>4.1 Horno. Controlado termostáticamente; apto para operar a $150 \pm 4^\circ\text{C}$ y capaz de equilibrar la temperatura de ensayo dentro de los 15 minutos, luego de que las probetas se hayan introducido en él.</p> <p style="text-align: center;">5. PREPARACION DE LAS PROBETAS</p> <p>5.1 La probeta estará constituida por un tramo de tubo, de longitud mínima igual a 200 mm.</p> <p>5.1.1 Las paredes de la probeta deben estar libres de defectos y sus extremos deberán ser perpendiculares al eje del tubo, estar lisos y libres de rebabas.</p> <p>5.1.2 <i>Número de probetas.</i> Se deben ensayar por lo menos 3 probetas.</p> <p>5.2 Acondicionamiento y condiciones de ensayo. Las probetas deben acondicionarse a temperatura ambiente durante $2 \pm 0,1$ h.</p> <p style="text-align: center;">6. PROCEDIMIENTO</p> <p>6.1 Mediciones. Determinar el espesor de pared y diámetro exterior promedio según Norma INEN 499.</p> <p>6.2 Trazar en la probeta dos marcas indelebles alrededor de dos secciones perpendiculares a su eje longitudinal, distantes entre sí $100 \pm 0,25$ mm. Una de las marcas estará 10 mm distante de un extremo.</p>		

cuartoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

6.3 A la temperatura ambiente, medir la distancia inicial entre marcas conforme el método INEN 499.

6.4 Llevar el horno a la temperatura de $150 \pm 2^\circ\text{C}$.

6.5 Introducir la probeta en el horno, de tal manera que no toque las paredes a fondo del mismo. Si la probeta se suspende, el punto de suspensión deberá escogerse como el más lejano de las marcas y, si la probeta se coloca horizontalmente, se utilizará una base de talco.

6.6 Mantener la probeta en el horno por 60 minutos para tubos de espesor de pared menor o igual a 8mm; 120 minutos para tubos de espesor de pared mayor de 8mm y menor o igual a 16mm, y 240 minutos para tubos de espesor de pared mayor de 16mm. El período de tiempo estipulado deberá medirse después de que la temperatura del horno haya retornado a $150 \pm 2^\circ\text{C}$.

6.7 Retirar la probeta y dejarla enfriar a la temperatura ambiente, durante un tiempo no menor a 1 h; luego medir la longitud final entre marcas que presente la mayor diferencia con respecto a sus valores iniciales.

7. CÁLCULOS

7.1 Con los valores obtenidos en 6.7, calcular la variación longitudinal entre marcas mediante la fórmula siguiente:

$$\delta l = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot 100 = \frac{L_0 - L}{L_0} \cdot 100$$

Siendo:

δl = variación longitudinal en porcentaje, positiva o negativa;

L_0 = longitud inicial entre marcas (mm);

L = longitud final entre marcas (mm)

8. INFORME DE RESULTADOS

8.1 El informe para la presentación de resultados debe contener los datos siguientes:

- a) identificación completa de la probeta:
 - datos del marcado del producto,
 - dimensiones de la probeta
- b) acondicionamiento y condiciones de ensayo;
- c) tiempo de ensayo;
- d) dimensiones según 6.3 y 6.7
- e) variación longitudinal en porcentaje (δl);
- f) cualquier cambio en la apariencia de las probetas durante o inmediatamente después del ensayo;
- g) observaciones;
- h) laboratorio, nombre y firma del responsable;
- i) fecha de ensayo;
- j) referencia a la presente norma

APENDICE Z

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

INEN 499. *Tubería plástica. Determinación de las dimensiones.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

ISO 2505. *Unplasticized polyvinyl chloride (PVC) pipes - Longitudinal reversion - Test methods and specification.* International Organization for Standardization. Ginebra, 1981 (E).

ANEXO 4 NORMA INEN 1367



CDU: 621.643.29:678.01-53

PL 04.03-312

reproducción

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, Casilla 3999-Ave. Colón 1663-Quito-Ecuador—Prohibida la reproducción

<p>Norma Técnica Ecuatoriana</p>	<p>TUBERIA PLASTICA. TUBOS DE uPVC DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE ABLANDAMIENTO VICAT</p>	<p>INEN 1 367 1986-01</p>
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma especifica el método para la determinación de la temperatura de ablandamiento Vicat en tubos de uPVC, usando una carga de 49,05N (5kgf).</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Este método es aplicable a tubos de uPVC, para lo cual mide la temperatura a la que comienza a ablandarse rápidamente.</p> <p style="text-align: center;">3. RESUMEN DEL METODO</p> <p>3.1 Determinación de la temperatura a la que un penetrador normalizado, bajo una carga de 49,05, penetra 1 mm en la superficie del espécimen de ensayo retirado de la pared del tubo plástico. Durante el tiempo de ensayo la temperatura se incrementa linealmente en función del tiempo. La temperatura a la que se produce la penetración de 1 mm es indicada como la temperatura de ablandamiento Vicat (VST).</p> <p style="text-align: center;">4. INSTRUMENTAL</p> <p>4.1 Una varilla provista con una placa porta-carga, sostenida en un marco metálico rígido que le permite moverse libremente en la dirección vertical; la base del marco sirve de soporte al espécimen de ensayo colocado bajo la punta del penetrador puesto en el extremo de la varilla (ver figura 1).</p> <p>4.2 Un penetrador, preferentemente de acero endurecido, de 3 mm de largo, de sección circular recta, y un área de $1,000 \pm 0,015 \text{ mm}^2$ fijado al extremo inferior de la varilla. La superficie inferior de la punta del penetrador será plana, perpendicular al eje de la varilla y libre de asperezas.</p> <p>4.3 Un micrómetro con indicador de dial (u otro instrumento de medida adecuado), graduado en divisiones de 0,01 mm, para medir la penetración en el espécimen de ensayo del extremo del penetrador. El empuje del indicador de dial, que contribuye al empuje en el espécimen de ensayo debe ser reconocido y cumplir los requerimientos de 4.4.</p> <p>4.4 Una placa porta-carga, ajustada a la varilla 4.1, y adecuada para acomodar centradamente los pesos, de modo que el empuje total aplicado a la probeta puede hacerse entre 49,05N (5 000 gf) y 49,54N (5 050 gf). Las masas combinadas de la varilla, penetrador y placa descargada no excederán de 100g (ver nota 1).</p> <p><small>Nota 1. La construcción del aparato será tal que la lectura del dial del micrómetro, causada por expansión térmica diferencial sobre el rango de temperatura, no exceda 0,02 mm cuando la pieza de ensayo es reemplazada por una pieza de vidrio de borosilicato o una aleación de acero de baja expansión térmica. Es recomendable que el aparato esté constituido por una aleación de baja expansión térmica.</small></p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p>		

4.5 Un baño de calentamiento, conteniendo un líquido adecuado (ver nota 2), en el que el aparato se coloca en tal forma que el espécimen de ensayo esté al menos 35 mm bajo la superficie del líquido. Debe proveerse una agitación eficiente. El baño de calentamiento será equipado con un medio de control tal que la temperatura pueda elevarse en una velocidad uniforme de $50 \pm 5^\circ\text{C/h}$ (ver nota 3). La velocidad de calentamiento deberá considerarse alcanzada, si a cada 5 minutos de intervalo, el cambio de temperatura, durante el ensayo, se encuentra de los límites especificados (ver nota 4).

4.6 Un termómetro de mercurio de vidrio (u otro instrumento apropiado para medir temperaturas), de rango apropiado, y con graduaciones de por lo menos cada $0,5^\circ\text{C}$, donde el error de escala a cada lectura no excederá de $0,5^\circ\text{C}$.

5. PREPARACION DE PROBETAS

5.1 Las piezas de ensayo deben constar de segmentos de anillos cortados de los tubos de uPVC, con las dimensiones siguientes:

- longitud: aproximadamente 50 mm
- ancho: entre 10 y 20 mm
- espesor: entre 2, 4 y 6 mm.

5.2 La pared de especímenes de tubos con espesor mayor de 6 mm será reducida a 4 mm, por maquinado, solamente de la pared exterior, por un procedimiento adecuado.

5.3 Cuando la pared del tubo es de espesor menor de 2,4 mm, cada espécimen de ensayo constará de dos segmentos de anillos cortados del tubo y luego sobrepuestos, de manera que el espesor no sea menor de 2,4 mm. El segmento que servirá de base debe ser aplanado a la temperatura de 140°C , por un tiempo de 15 minutos, en medio de una placa plana de metal. El segmento superior no deberá ser tratado.

5.4 Para cada ensayo se utilizarán dos especímenes, pero deberán prepararse especímenes suplementarios, en número de dos para utilizarlos en caso que la diferencia entre los resultados obtenidos sea demasiado grande (ver numeral 6.7).

Nota 2. Agua, parafina líquida, aceite de transformadores, glicerol y aceite de sílica, son líquidos adecuados para transferir calor, pero también pueden usarse otros líquidos. En todos los casos, se establecerá que el líquido seleccionado sea estable a la temperatura usada y no afecte al material bajo ensayo.

Nota 3. Una velocidad uniforme de elevación de la temperatura puede obtenerse por control de la entrada de calor, de modo manual o automático, aunque el último es firmemente recomendado. El método de operación aplicado, para ser satisfactorio, debe contar con un calentador por inmersión, ajustado para dar a la temperatura inicial de ensayo una correcta velocidad de aumento de temperatura, incrementando la potencia de entrada (en el mismo calentador o en un subsidiario) por ajuste de un reóstato o transformador variable.

Nota 4. Es conveniente tener una bovina enfriadora del baño líquido, a fin de reducir el tiempo requerido para bajar la temperatura entre determinaciones. Esta debe retirarse o escurrirse antes de empezar un ensayo, ya que al hervir el refrigerante puede afectar la velocidad de aumento de temperatura.

(Continúa)

5.5 Los especímenes para la determinación de la temperatura de ablandamiento Vicat serán acondicionados a una temperatura de por lo menos 50°C más baja que la temperatura de ablandamiento esperada, y por un tiempo de cinco minutos.

6. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

6.1 Elevar en el baño de calentamiento la temperatura del líquido, de manera que dicha temperatura sea aproximadamente menor con 50°C a la temperatura de ablandamiento Vicat esperada (ver nota 4). Mantener la temperatura constante.

6.2 Montar la pieza de ensayo horizontalmente bajo el penetrador (4.2) de la varilla sin carga (4.1), de manera que el penetrador descansa en la superficie cóncava de la pieza de ensayo. Para tubos con espesor de pared menor de 2,4 mm, el penetrador debe descansar en la superficie cóncava del segmento no aplanado. La superficie de la pieza de ensayo en contacto con la base del aparato será lisa. El penetrador no estará en un punto a menos de 3 mm del borde de la pieza de ensayo.

6.3 Sumergir el conjunto en el baño de calentamiento (4.5). El bulbo del termómetro (4.6) estará al mismo nivel de la pieza de ensayo con la mayor precisión.

6.4 Después de 5 minutos, con el penetrador en posición, anotar la lectura del dial del micrómetro o llevar la lectura del dial a cero. Luego agregar el peso a la placa porta-carga (4.4), de manera que el empuje total sobre la pieza de ensayo esté entre 49,05N (5 000 gf) y 49,54N (5 050 gf).

6.5 Incrementar la temperatura del baño a una velocidad uniforme de $50 \pm 5^\circ\text{C/h}$; agitar convenientemente el líquido durante el ensayo.

6.6 Anotar la temperatura del baño a la que el penetrador ha penetrado en la pieza de ensayo 1,00 mm más allá de su posición inicial definida en (6.4), y anotarla como la temperatura de ablandamiento Vicat (VST) la pieza de ensayo.

6.7 Expresar la temperatura de ablandamiento Vicat del tubo examinado (VST) como la media aritmética de las temperatura de ablandamiento (VST) de los dos especímenes de ensayo. Si el resultado individual difiere en más de 2°C, el ensayo no es válido y debe repetirse.

7. INFORME DE RESULTADOS

7.1 El informe para la presentación de resultados debe contener los datos siguientes:

- a) Identificación completa de las piezas de ensayo;
– datos del marcado del producto;
- b) el espesor de la pieza de ensayo y número de capas de la pieza compuesta;
- c) condiciones de ensayo;
- d) la naturaleza del medio de inmersión;
- e) el aparato de calentamiento usado;
- f) la temperatura de ablandamiento Vicat (VST) de cada pieza de ensayo;
- g) la temperatura de ablandamiento Vicat (VST) del tubo (ver numeral 6.7);
- h) cualquier alteración en apariencia de las piezas de ensayo, durante el ensayo o después de retiradas del aparato;
- i) laboratorio, nombre y firma del responsable;
- j) fecha de ensayo;
- k) referencia a la presente norma.

(Continua)

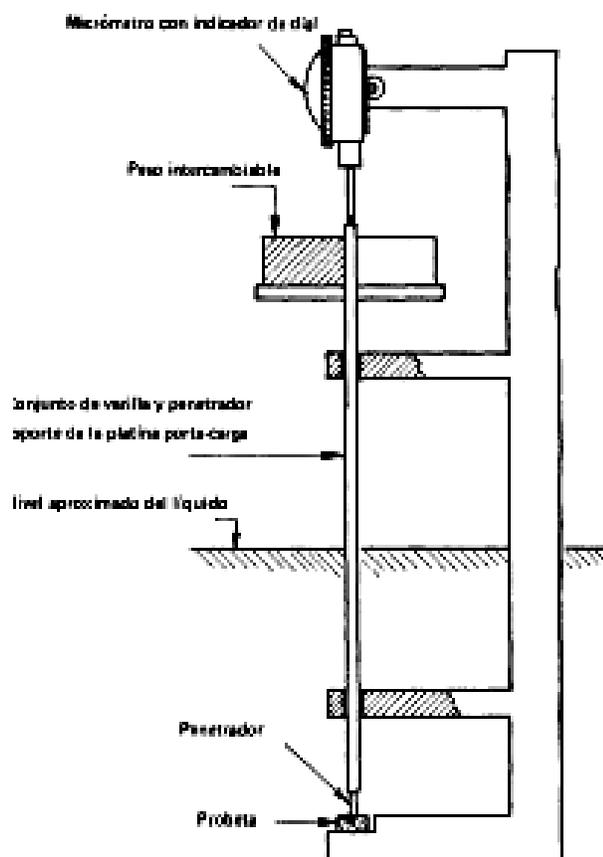


FIGURA 1. Diagrama esquemático del aparato para la determinación de la temperatura de ablandamiento de Vicat

APENDICE Z**Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

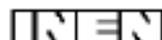
Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma ISO 306. *Determination of the Vicat softening temperature of thermoplastics.* International Organization for Standardization. Ginebra, 1974.

Norma ISO 2507. *Unplasticized polyvinyl chloride (PVC) pipes and fittings Vicat softening temperature. Test method and specification.* International Organization for Standardization. Ginebra, 1982 (E).

ANEXO 5 NORMA INEN 1374

CDU: [821.843.6+2]036.743.22:696.122
ICS: 83.140.30



CIIU: 3560
PL 04.03-408

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	TUBERÍA PLÁSTICA. TUBOS Y ACCESORIOS DE PVC RÍGIDO PARA USOS SANITARIOS EN SISTEMAS A GRAVEDAD. REQUISITOS.	NTE INEN 1 374:2009 Segunda revisión 2008-02
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma especifica las propiedades requeridas para tubos y accesorios de cloruro de polivinilo (PVC) rígido para usos sanitarios en sistemas a gravedad.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma es aplicable a tubos de PVC rígido fabricados mediante el proceso de extrusión y accesorios de PVC rígido fabricados íntegramente mediante el proceso de inyección, en una sola pieza, que se utilicen para conducción de aguas residuales, aguas lluvias y/o aguas negras en sistemas a gravedad.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 1 333.</p> <p style="text-align: center;">4. DISPOSICIÓN GENERAL</p> <p>4.1 Los tubos y accesorios de PVC rígido para usos sanitarios en sistemas a gravedad deben diseñarse con buenas características hidrodinámicas.</p> <p>4.2 Los tubos y accesorios de PVC rígido para desagüe serán fabricados de color blanco o crema.</p> <p>4.2.1 La tonalidad del color será de libre selección del fabricante.</p> <p style="text-align: center;">5. REQUISITOS</p> <p>5.1 Requisitos específicos</p> <p>5.1.1 Material</p> <p>5.1.1.1 <i>Composición.</i> El material de tubos y accesorios debe estar compuesto substancialmente, de cloruro de polivinilo, al cual se pueden añadir aquellos aditivos necesarios para facilitar el procesamiento de este polímero y la producción de tubos y accesorios con buen terminado en sus superficies, buena resistencia mecánica, opacidad y durabilidad.</p> <p>5.1.1.2 <i>Utilización de aditivos.</i> Ningún aditivo debe utilizarse, individualmente o en conjunto, en cantidad suficiente para producir: tóxicos peligrosos, daño de la producción, y daño en las propiedades químicas y físicas del producto. No se utilizarán derivados de plomo, como aditivos, en la elaboración de tubos y accesorios.</p> <p>5.1.1.3 <i>Homogeneidad.</i> El material del producto tubo o accesorio, debe ser homogéneo a través de la pared y uniforme en color, opacidad y densidad.</p> <p>5.1.1.4 <i>Material recuperado.</i> Se permite el uso de material recuperado limpio, proveniente de la elaboración de tubos y/o accesorios producidos por la misma fábrica, siempre y cuando el producto final fabricado con este material cumpla con los requisitos especificados en esta norma.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Cañilla 17-0-1-3999 - Baquerizo Moreno ES-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

5.1.2 Tubos

5.1.2.1 *Diámetro y espesor de pared nominales.* Las dimensiones: diámetro y espesor de pared nominales deben cumplir con lo especificado en la tabla 1 y figuras 1.a y 2.a.

TABLA 1. Dimensiones de tubos de PVC rígido.

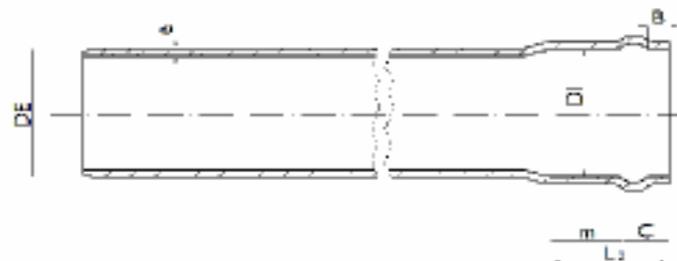
DIÁMETRO NOMINAL DN / DE mm	ESPESOR MINIMO DE PARED e (mm)
	TUBO PARA DESAGÜE
50	1,8
63	1,9
75	2,0
90	2,1
110	2,2
125	2,5
140	2,8
160	3,2
180	3,5
200	3,9
225	4,4
250	5,0
280	5,5
315	6,2
355	7,0
400	7,9
450	8,9
500	9,8
560	11,0
630	12,4

DN / DE: Diámetro nominal DN correspondiente al diámetro exterior DE

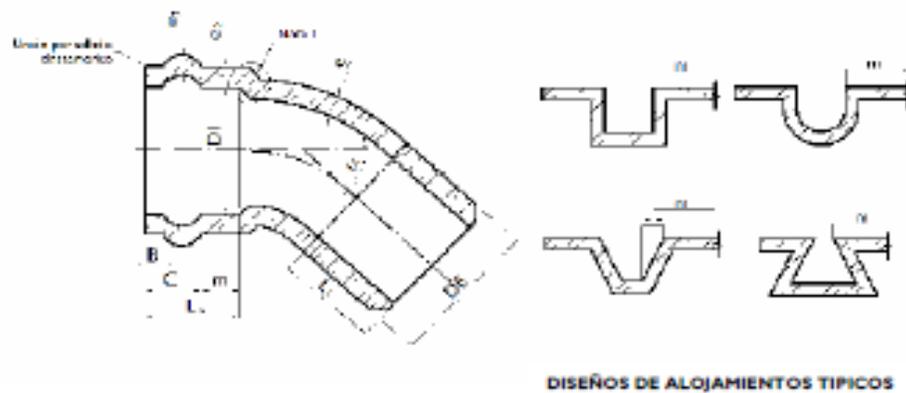
(Continúa)

FIGURA 1. Campana con unión por sellado elastomérico

1.a) Dimensiones para tubos



1.b) Dimensiones en accesorios



NOTA 1. Los tubos y accesorios podrán tener un bisel tanto en la espiga como a la entrada y/o fondo de la campana, para facilitar el acoplamiento. El diseño del bisel será responsabilidad del fabricante.

NOTA 2. Las dimensiones L_1 , L_2 , B y C son responsabilidad del fabricante.

NOTA 3. Los diseños de alojamientos típicos aplican a campanas con unión elastomérica, de tubos y accesorios.

(Continúa)

5.1.2.2 Tolerancia entre diámetro exterior medio y diámetro nominal. La tolerancia máxima admisible entre diámetro exterior medio DM y diámetro nominal DN debe ser positiva, de acuerdo a la NTE INEN 1 370 y debe cumplir lo especificado en la tabla 2.

TABLA 2. Tolerancia entre diámetro exterior medio DM y diámetro nominal DN

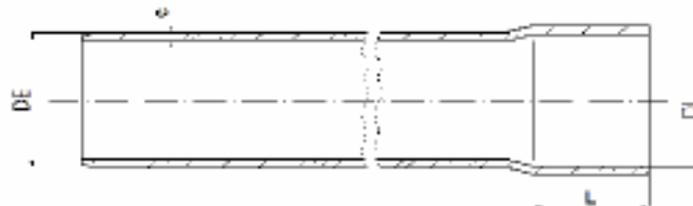
DIÁMETRO NOMINAL DN / DE mm	TOLERANCIA T = (DM-DN) mm
50	+0,3
63	+0,3
75	+0,3
90	+0,3
110	+0,4
125	+0,4
140	+0,5
160	+0,5
180	+0,6
200	+0,6
225	+0,7
250	+0,8
280	+0,9
315	+1,0
355	+1,1
400	+1,2
450	+1,4
500	+1,5
560	+1,7
630	+1,9

DN / DE: Diámetro nominal DN correspondiente al diámetro exterior DE

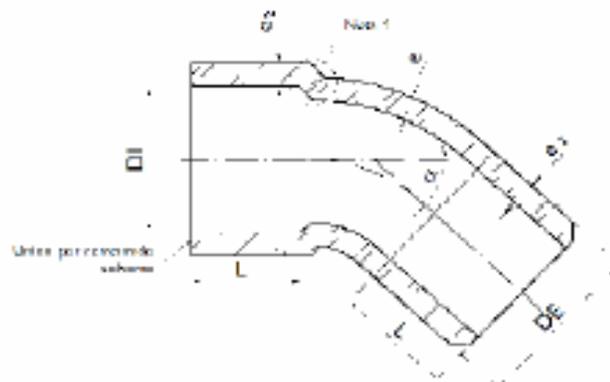
(Continúa)

FIGURA 2. Campana por cementado solvente

2.a) Dimensiones en tubos



2.b) Dimensiones en accesorios



5.1.2.3 Tolerancia entre espesor de pared en un punto cualquiera y espesor nominal. La tolerancia debe ser positiva y su fórmula de cálculo debe estar de acuerdo con la NTE INEN 1 370.

5.1.2.4 Determinación de las dimensiones. Las dimensiones de los tubos deben medirse como se especifica en la NTE INEN 499.

5.1.2.5 Longitud. Los tubos deben entregarse en longitud nominal de 3, 6, 9 o 12 m. La longitud del tubo también podrá ser establecida por acuerdo entre el fabricante y el comprador.

5.1.2.6 Tubos con campana

- a) Unión por sellado elastomérico. Las dimensiones de la campana de tubos indicados en la figura 1.a, deben cumplir con lo especificado en la tabla 3. El diseño y otras dimensiones de la campana para la unión son responsabilidad del fabricante (ver nota 2).

(Continúa)

TABLA 3. Dimensiones de la campana con unión por sellado elástico

DIÁMETRO NOMINAL DN / DE	DIÁMETRO INTERIOR DE CAMPANA DI mm		LONGITUD DE ACOPLAMIENTO "m" (Ver figura 1)
	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO mm
50	50,30		20
63	63,30		23
75	75,30		25
90	90,30		28
110	110,40		32
125	125,40		35
140	140,50		38
160	160,50		42
180	180,60	Ver nota 4	46
200	200,60		50
225	225,70		55
250	250,80		55
280	280,90		58
315	316,00		62
355	356,10		66
400	401,20		70
450	451,40		75
500	501,50		80
560	561,70		86
630	631,90		93

DN / DE: Diámetro nominal DN correspondiente al diámetro exterior DE

- b) Unión por cementado solvente. Las dimensiones de la campana para tubos indicados en la figura 2.a, deben cumplir lo especificado en la tabla 4. El diseño y otras dimensiones de la campana para la unión son responsabilidad del fabricante.

NOTA 4. El diámetro interior, DI, máximo dependerá de la forma y del diseño del anillo elástico especificado por el fabricante.

(Continúa)

TABLA 4. Dimensiones de la campana por cementado solvente

DIÁMETRO NOMINAL DN / DE mm	DIÁMETRO INTERIOR DE CAMPANA DI mm		PROFUNDIDAD DE CAMPANA "L" (Ver figura 2)
	MÍNIMO mm	MÁXIMO mm	MÍNIMO mm
50	50,10	50,40	20
63	63,10	63,40	23
75	75,10	75,40	25
90	90,10	90,40	28
110	110,20	110,60	32
125	125,20	125,60	35
140	140,20	140,70	38
160	160,20	160,70	42
180	180,30	180,90	46
200	200,30	200,90	50
225	225,30	226,00	55
250	250,40	251,20	60
280	280,40	281,30	66
315	315,50	316,50	73

DN / DE: Diámetro nominal DN correspondiente al diámetro exterior DE

5.1.2.7 *Prueba de presión hidrostática Interior.* El ensayo de presión hidrostática Interior, se realizará según la NTE INEN 503 a una presión de 0,5 MPa por un tiempo de 90 s, luego de lo cual no debe existir falla en la probeta.

5.1.2.8 *Resistencia al Impacto.* El ensayo de Impacto debe ser el especificado en la NTE INEN 504. Se debe cumplir con el siguiente requisito:

- a) *Impacto a 20°C.* El número total de probetas falladas, dividido por el número total de Impactos, suponiendo que se ha ensayado la partida entera (RVI), no excederá del 10% cuando las probetas se ensayen bajo las condiciones de la tabla 5.

TABLA 5. Condiciones para el ensayo de Impacto a 20°C (ver nota 5)

DIÁMETRO NOMINAL DN / DE mm	MASA DEL PERCUTOR kg	ALT. DE CAIDA mm
≤ 50	1,5	2000 ± 1,0
63	1,75	
75	2,00	
90	2,25	
110	2,75	
125	2,75	
140	3,25	
160	3,75	
180	3,75	
200	4,00	
225	5,00	
250	5,75	
280	6,25	
> 315	7,50	

NOTA 5. Se podrán utilizar diferentes masas de percutor y alturas de caída, siempre y cuando la energía de impacto sea la equivalente.

(Continúa)

5.1.2.9 Temperatura de ablandamiento Vicat. El ensayo a la temperatura de ablandamiento Vicat debe ser el de la NTE INEN 1 367. La temperatura de ablandamiento no debe ser menor de 79°C.

5.1.2.10 Reversión longitudinal. El ensayo a la reversión longitudinal aplicable debe ser el de las NTE INEN 506 o INEN 1 368. El tubo no debe variar en sentido longitudinal en más del 5%. Después del ensayo, la muestra no debe presentar ampollas o fisuras.

5.1.2.11 Ensayo de calidad de extrusión por inmersión en solvente. Para determinar la calidad de extrusión el fabricante podrá optar por uno de los siguientes ensayos:

- Resistencia a la acetona.** La determinación de la calidad de extrusión por inmersión en acetona, de tubos de PVC rígido, debe hacerse de acuerdo a la NTE INEN 507. La probeta, después del ensayo, no debe presentar signos de desintegración o exfoliación en más de un 10% de su superficie interior y en más de un 10% de su superficie exterior; el ablandamiento o hinchazón no deben considerarse como fallas de probeta.
- Resistencia al diclorometano.** La determinación de la calidad de los tubos de PVC por inmersión en diclorometano debe efectuarse de acuerdo con lo establecido en la norma ISO 9852. Si el PVC no ha sido adecuadamente plastificado ocurrirá blanqueamiento de la superficie y en el peor de los casos se producirá exfoliación o desintegración; cualquiera sea el caso se considerará como falla de probeta, el ablandamiento o hinchazón no debe considerarse como falla de probeta.

5.1.3 Accesorios

5.1.3.1 Dimensiones del accesorio. Las dimensiones del accesorio deben estar de acuerdo con la NTE INEN 1 329. Las dimensiones de campana por sellado elastomérico indicadas en la figura 1, deben cumplir con lo especificado en la tabla 3. Las dimensiones de campana por cementado solvente indicadas en la figura 2, deben cumplir con lo especificado en la tabla 4.

5.1.3.2 Resistencia al impacto. Cinco accesorios del mismo tipo, luego de acondicionarse durante 30 minutos a una temperatura de $0 \pm 1^\circ\text{C}$, deben soportar caída libre de una de las alturas indicadas en la tabla 6 sobre pavimento rígido de superficie plana horizontal, sin romperse. El ensayo debe efectuarse antes de transcurrir 30 segundos de retiradas las probetas del acondicionamiento; si uno de los cinco accesorios sufre rotura, el ensayo debe repetirse con otros cinco accesorios del mismo tipo; ninguno de estos últimos debe presentar rotura.

TABLA 6. Resistencia al Impacto

DIÁMETRO NOMINAL DEL ACCESORIO DN (mm)	ALTURA DE CAÍDA H (mm)
Menor o igual a 75	2 000 \pm 5
mayor de 75	1 000 \pm 5

5.1.3.3 Temperatura de ablandamiento Vicat. El ensayo a la temperatura de ablandamiento Vicat debe ser el de la NTE INEN 1 327. La temperatura de ablandamiento Vicat no debe ser menor de 72°C.

5.1.3.4 Ensayo calórico. Los accesorios inyectados para unión por cementado solvente o para unión por sellado elastomérico deben ensayarse por introducción en horno de acuerdo con la NTE INEN 1325. La línea de unión del accesorio no se abrirá o separará en más del 25% del espesor original de pared; el accesorio no desarrollará escamas en más del 25% de su superficie total, interior y exterior.

5.1.3.5 Prueba de presión hidrostática interior. El ensayo de presión hidrostática interior se realizará a una presión de 0,5 MPa, por un tiempo de 90 s, luego de lo cual no debe existir falla en la probeta.

5.1.4 Uniones

5.1.4.1 Uniones por cementado solvente. Este tipo de unión es permitida hasta 315 mm de diámetro nominal.

5.1.4.2 Uniones por sellado elastomérico. El aro de sellado debe ser resistente a los ataques biológicos, tener la suficiente resistencia mecánica para soportar las fuerzas ocasionales y las cargas durante la instalación y servicio, y estar libre de sustancias que puedan producir efectos perjudiciales en el material de tubos y accesorios.

5.1.4.3 Hasta cuando se elaboren las NTE INEN correspondientes, para el cemento solvente y los sellos de caucho o elastómeros deben cumplir las siguientes normas, según aplique:

- a) para cemento solvente las normas ASTM D 2564 y ASTM D 2855
- b) para sellos de caucho o elastómeros, la norma ASTM F 477

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo. El muestreo se realizará de acuerdo con las disposiciones de la NTE INEN 2 016.

6.2 Control Interno. Se realizará de acuerdo con lo especificado en el sistema de gestión de la calidad del fabricante.

7. ROTULADO

7.1 Tubos. Los tubos deben ser marcados de forma legible, indeleble y continua a lo largo del mismo, con intervalos de separación entre leyendas no mayores de 1 m y presentarán la siguiente información:

- a) Material: PVC o uPVC
- b) diámetro nominal y espesor nominal
- c) Identificación del fabricante
- d) Tubería para desagüe
- e) Identificación del lote y,
- f) referencia a la presente norma

7.2 Accesorios. Los accesorios presentarán la siguiente información:

7.2.1 Impreso en el accesorio:

- a) Material: PVC o uPVC
- b) Diámetro nominal en milímetros (mm), sin perjuicio de que se incluya su equivalencia en otros sistemas; debe estar de acuerdo con los diámetros preferidos del Sistema Internacional de Unidades
- c) Nombre del fabricante o marca registrada de fábrica

7.2.2 Adicionalmente debe ir impreso en el accesorio o en el empaque:

- a) Identificación del lote de fabricación que incluya la fecha de fabricación (año y mes)
- b) NTE INEN 1 374
- c) País de origen

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 499:1994	<i>Tubería plástica. Determinación de las dimensiones</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 503:1986	<i>Tubería plástica. Determinación de la resistencia a la presión hidrostática interior sostenida</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 504:	<i>Tubería plástica. Determinación de la resistencia al impacto.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 506:1986	<i>Tubería plástica. Determinación de la reversión longitudinal en tubos. Método de baño a temperatura constante.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 507:1986	<i>Tubería plástica. Determinación de la calidad de extrusión por inmersión en acetona de tubería de PVC no plastificado.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 325:1986	<i>Tubería plástica. Tubería de uPVC para presión. Accesorios. Ensayo de introducción en horno.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 327:1986	<i>Tubería plástica. Tubería de uPVC para presión. Accesorios. Determinación de la temperatura de ablandamiento Vicat.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 329:	<i>Tubería plástica. Accesorios de PVC rígido para uso sanitario. Dimensiones básicas.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 333:1986	<i>Tubería plástica. Tubería de cloruro de polivinilo. Terminología.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 367:1986	<i>Tubería plástica. Tubos de uPVC. Determinación de la temperatura de ablandamiento Vicat.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 368:1986	<i>Tubería plástica. Determinación de la reversión longitudinal en tubos. Ensayo de introducción en horno.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 370:1994	<i>Tubería plástica. Tubos de PVC rígido. Tolerancias en diámetro exterior y espesor de pared.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 016:1994	<i>Tubería plástica. Tubería PVC rígido. Muestreo.</i>
Norma ISO 9852:1995	<i>Unplasticized polyvinyl chloride (PVC-U) pipes. Dichloromethane resistance at specified temperature (DCMT). Test method</i>
Norma ASTM D 2564:2002	<i>Specification for Solvent Cements for Poly(Vinyl Chloride)(PVC) Plastic Piping Systems</i>
Norma ASTM D 2855-96:2002	<i>Practice for Making Solvent-Cemented Joints with Poly(Vinyl Chloride)(PVC) Pipe and Fittings</i>
Norma ASTM F 477:2002	<i>Specification for Elastomeric Seals (Gaskets) for Joining Plastic Pipe</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

ISO 3633 *Plastics piping systems for soil and waste discharge (low and high temperature) inside buildings – Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U)*. International Organization for Standardization. Ginebra. 2002.

ISO 4435 *Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage – Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U)*. International Organization for Standardization. Ginebra 2003.

ANEXO 6 NORMA INEN 507

CDU: 621.643.29:678.743.22:620.193.4



PL 04.03-308

Norma Técnica Ecuatoriana	TUBERÍA PLÁSTICA. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE EXTRUSIÓN POR INMERSIÓN EN ACETONA DE TUBERÍA DE PVC NO PLASTIFICADO	INEN 507 Primera revisión 1986-01
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar la calidad de extrusión de tubería de PVC no plastificado.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma también se aplica a los accesorios de PVC no plastificados, moldeados por inyección.</p> <p style="text-align: center;">3. RESUMEN</p> <p>3.1 El método consiste en sumergir la probeta en acetona anhidra bajo condiciones determinadas de ensayo; luego de un lapso prefijado, retirarla de la solución y observar los cambios en su apariencia.</p> <p style="text-align: center;">4. INSTRUMENTAL</p> <p>4.1 Recipiente. Constituido de un material no atacable por la acetona, apto para contener la solución y las probetas y que pueda taparse herméticamente.</p> <p style="text-align: center;">5. REACTIVOS</p> <p>5.1 Acetona anhidra. Acetona de grado analítico con densidad de 0,7857 g/cm³ a25°C, secada antes de usarse con algún elemento higroscópico adecuado.</p> <p style="text-align: center;">6. PREPARACION DE LAS PROBETAS</p> <p>6.1 Las probetas deben ser de tamaños convenientes que permitan la fácil inmersión en el recipiente.</p> <p>6.1.1 Probeta tubular. Tramo de tubo completo o segmentado de aproximadamente 25 mm de longitud (ver nota 1).</p> <p>6.1.2 Probeta de accesorio. Porciones de pared del accesorio que contengan al punto de inyección y a la costura que se forma al llenar el molde, o accesorios completos.</p> <p>NOTA 1. Las probetas tubulares de espesor de pared mayor a 3 mm deberán tener sus extremos biselados a 45° con respecto al eje del tubo.</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baqueza Moreno ES-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

6.1.3 Número de probetas. Se ensayarán al menos tres probetas obtenidas del mismo tubo o tres accesorios iguales.

6.2 Acondicionamiento y condiciones de ensayo. Las probetas deben acondicionarse durante $1 \pm 0,1$ h a la temperatura ambiente.

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Sumergir las probetas totalmente en la acetona.

7.2 Tapar herméticamente el recipiente y dejarlo en reposo a la temperatura normal de ensayo, durante 20 minutos.

7.3 Extraer la probeta y examinar en sus superficies visibles la presencia de exfoliaciones o desintegraciones.

8. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

8.1 Los criterios para evaluar los resultados se especifican en las normas correspondientes a cada tipo de producto.

9. INFORME DE RESULTADOS

9.1 El informe para la presentación de los resultados debe contener los datos siguientes:

- a) identificación completa de la probeta:
 - datos del marcado del producto;
- b) acondicionamiento y condiciones de ensayo;
- c) existencia o no de exfoliaciones o desintegraciones;
- d) observaciones (detalles de operación no especificados en la norma o incidentes que pudieran influir en los resultados);
- e) laboratorio, nombre y firma del responsable;
- f) fecha de ensayo;
- g) referencia a la presente norma.

APENDICE Z**Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

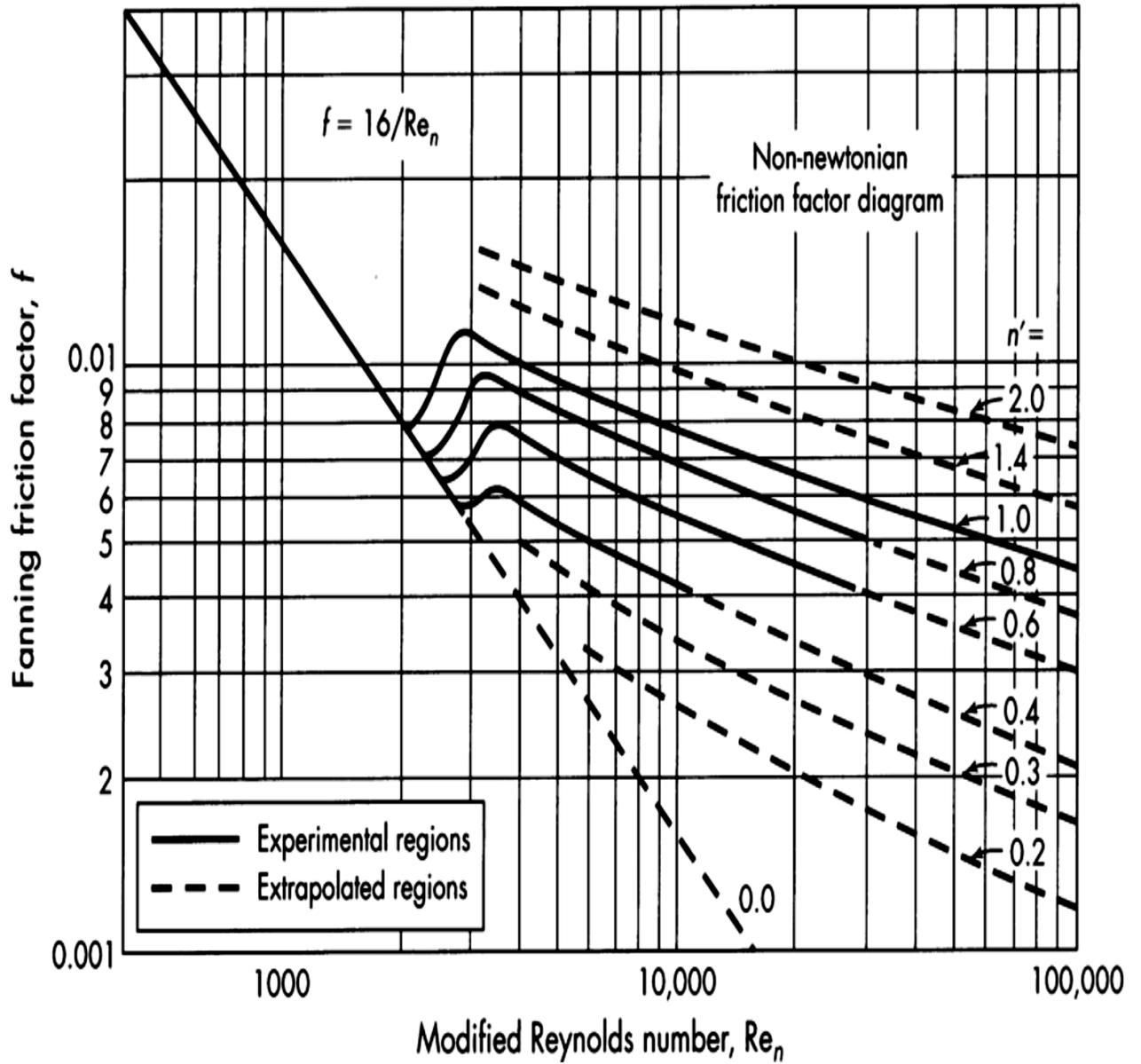
Norma ISO 3472-75 (E). *Unplasticized polyvinyl chloride (PVC) pipes. Specification and determination of resistance to acetone.* International Organization for Standardization. Ginebra, 1975.

Norma ASTM D 2152-80. *Quality of extruded poly(vinyl) chloride pipe by acetone immersion.* American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Part 34. Filadelfia, 1975.

ANEXO 7 DUREZA DE ACEROS BOHLER

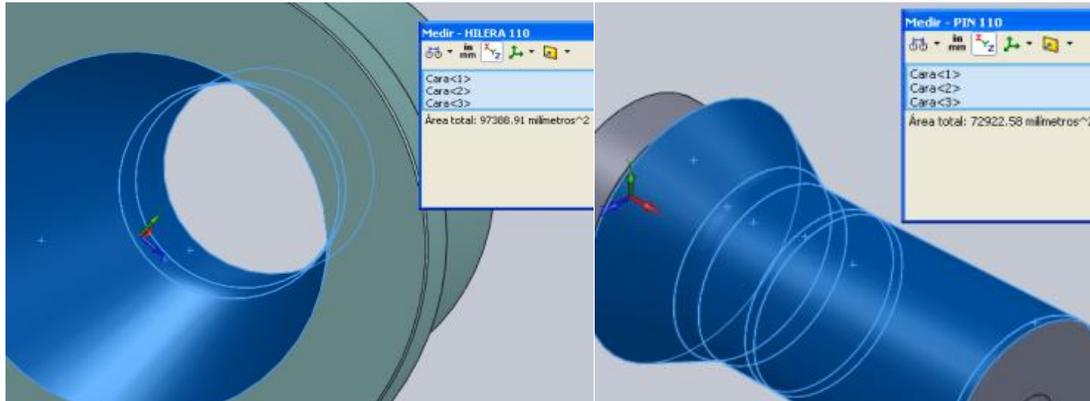
Outil Herramienta	Exigences spécifiques Requisitos específicos	Marque BÖHLER Calidad BÖHLER	DIN / EN n° de matériau Material N°	Résistance ou dureté en application Resistencia o dureza el uso
Moules, Inserts / Molde, inserto de molde	résistance élevée à la corrosion, bonne résistance à l'usure / alta resistencia a la corrosión, buena resistencia al desgaste	BÖHLER M300 ISOPLAST®	– 1.2316	V = env. / aprox. 1000 N/mm ²
		BÖHLER M310 ISOPLAST®	– 1.2083	H + A = 53 – 56 HRC
		BÖHLER M333 ISOPLAST®		H + A = 50 – 53 HRC
	pas de traitement thermique (livré traité), grande dureté, excellente usinabilité, bonne aptitude au grainage chimique / sin tratamiento térmico (suministrado endurecido por precipitación), elevada dureza, muy buena maquinabilidad, buenas propiedades para el fotograbado	BÖHLER M261 EXTRA	–	traité env. 40 HRC / endurecido por precipitación aprox. 40 HRC
		BÖHLER M461 EXTRA		traité env. 40 HRC / endurecido por precipitación aprox. 40 HRC
	pas de traitement thermique, bonne aptitude au polissage, bonne usinabilité, bonne aptitude au grainage chimique (à l'exception de BÖHLER M200), bonne résistance, ténacité élevée / sin tratamiento térmico, buena pulibilidad, buena maquinabilidad, buenas propiedades para el fotograbado (excepto BÖHLER M200), elevada robustez, alta tenacidad	BÖHLER M200	< 1.2312 >	V = env. / aprox. 1000 N/mm ²
		BÖHLER M201	< 1.2311 >	V = env. / aprox. 1000 N/mm ²
		BÖHLER M238	< 1.2738 >	V = env. / aprox. 1000 N/mm ²
	excellente ténacité, trempable à l'air, bonne résistance à la compression / máxima tenacidad, capacidad de temple al aire, buena resistencia a la compresión	BÖHLER K600 ISOBUR®	< 1.2767 >	H + A = env. / aprox. 52 HRC
		BÖHLER W400 VMR®	< 1.2343 >	H + A = env. / aprox. 50 HRC V = 1000 – 1300 N/mm ²
		BÖHLER W403 VMR®		H + A = env. / aprox. 50 HRC V = 1000 – 1300 N/mm ²
		BÖHLER W302 ISOBLOC®	< 1.2344 >	H + A = env. / aprox. 50 HRC V = 1000 – 1300 N/mm ²
	bonne dureté en surface, enfonçable à froid, ténacité élevée / elevada dureza de superficie, capacidad de embutición en frío, elevada tenacidad	BÖHLER M100	< 1.2162 >	résistance à cœur 1200 – 1500 N/mm ² / resistencia del núcleo 1200 – 1500 N/mm ²
BÖHLER M190		< 1.2764 >	résistance à cœur 1200 – 1500 N/mm ² / resistencia del núcleo 1200 – 1500 N/mm ²	
Moules, Inserts, vis sans fin / Molde, inserto de molde, tornillos sin fin	excellente résistance à la corrosion, très bonne résistance à l'usure, bonne trempabilité et dureté après trempé élevée / excelente resistencia a la corrosión, muy buena resistencia al desgaste, buena templabilidad y elevada dureza tras el enfriamiento	BÖHLER M340 ISOPLAST®	–	H + A = 53 – 58 HRC
		BÖHLER K390 MICROCLEAN®	–	H + A = 58 – 62 HRC
	excellente résistance à l'usure, bonne trempabilité et dureté après trempé élevée / máxima resistencia al desgaste, buena templabilidad y elevada dureza tras el enfriamiento	BÖHLER M390 MICROCLEAN®	–	H + A = 56 – 62 HRC
Cadres de moulage / Carcasa de molde	excellente usinabilité, bonne résistance, bonne résistance à la corrosion / excelente maquinabilidad, elevada robustez, buena resistencia a la corrosión	BÖHLER M314 EXTRA	–	V = env. / aprox. 1000 N/mm ²
		BÖHLER M315 EXTRA	– 1.2085	V = env. / aprox. 1000 N/mm ²

ANEXO 8 NÚMERO DE REYNOLDS MODIFICADO PARA CIERTOS FLUIDOS NO NEWTONIANOS.

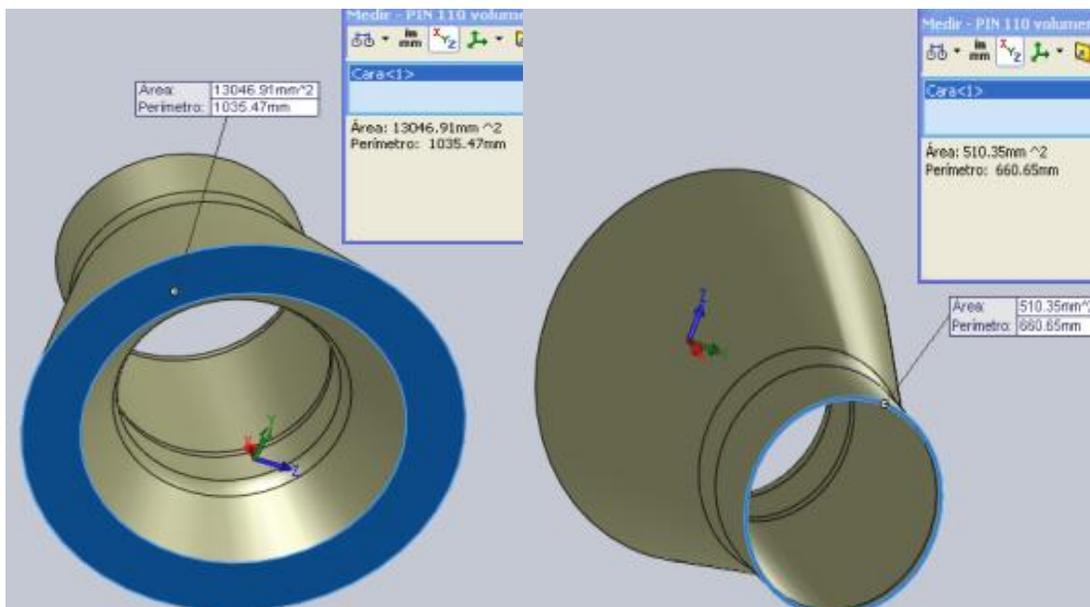


ANEXO 9 CÁLCULO DE ÁREA, PERÍMETRO Y VOLUMEN DEL CONO NUEVO E HILERA

a) Cálculos del área del cono e hilera



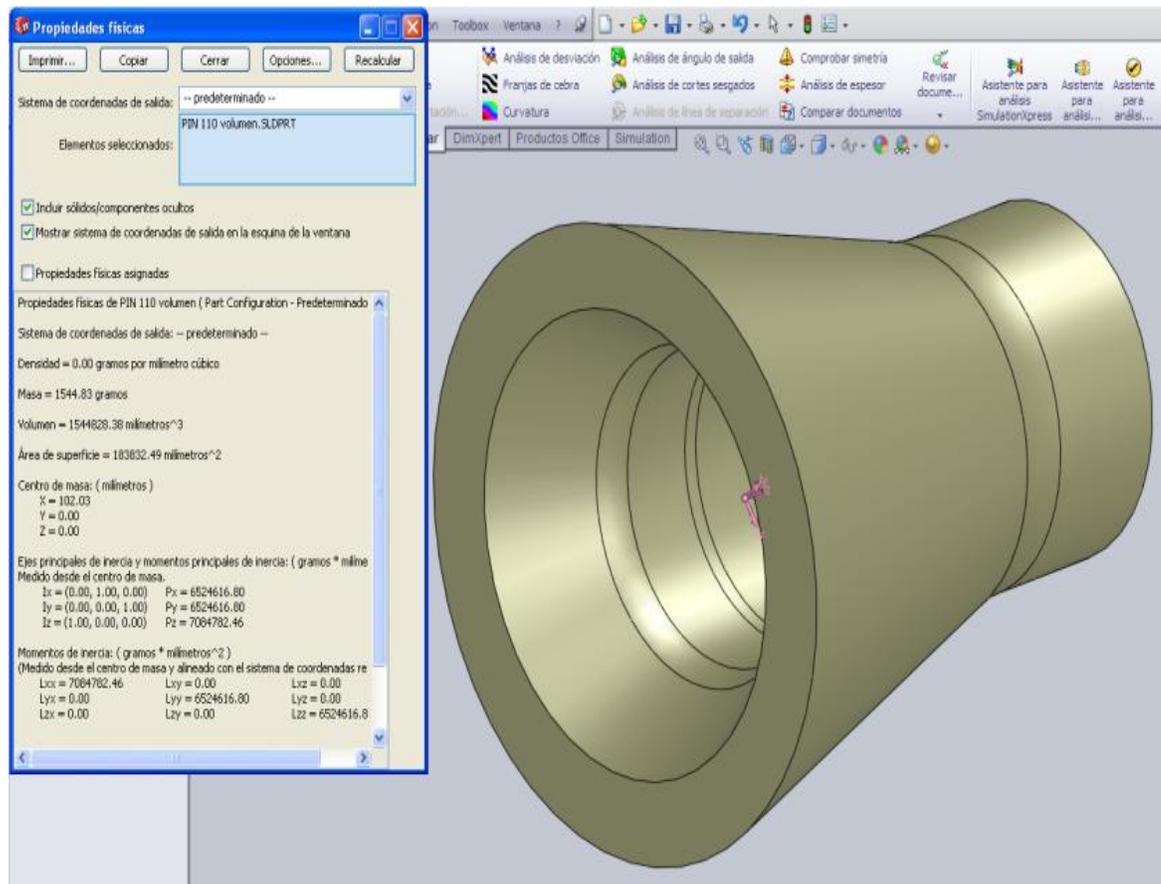
b) Cálculo de área de la sección transversal del volumen formado entre el cono e hilera a la entrada y salida.



c) Cálculo de perímetro del cono e hilera.

PIN 110								
Perímetro	P1(mm)	P2(mm)	P3(mm)	P4(mm)	P5(mm)	P6(mm)	PT(mm)	P(m)
	650,94	627,6	603,72	603,19	622,04	759,02	3866,5	3,8665
Hilera								
Perímetro	P1(mm)	P2(mm)	P3(mm)	PT(mm)	P(m)			
	947,94	688,25	670,42	2306,6	2,3066			

d) Cálculo del volumen



ANEXO 10 CONO NUEVO



ANEXO 11 PRUEBA DEL CONO NUEVO EN EL CABEZAL



