

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil

**Análisis de transitorios para el diseño o evaluación de una columna
piezométrica**


Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Civil

Autor:

Emily Maritza Torres Delgado

Director:

Esteban Alonso Pacheco Tobar

ORCID:  0000-0001-9292-7193

Cuenca, Ecuador

2025-09-24

Resumen

En zonas montañosas, las obras hidráulicas, como galerías, túneles de baja carga y tuberías de presión enfrentan riesgos significativos asociados a transitorios hidráulicos provocados por cambios repentinos en regímenes de flujo en puntos de control (válvulas, equipos de bombeo y turbinas). Estos cambios generan variaciones bruscas en la presión, ocasionando fenómenos como el golpe de ariete y oscilaciones no deseadas. Los efectos incluyen daños en uniones, filtraciones inversas, colapsos estructurales en túneles y fluctuaciones en niveles de reservorios. Para mitigar estos impactos, se requiere el diseño y uso de columnas piezométricas y chimeneas de equilibrio. El marco teórico ofrece diversas metodologías y modelos, tanto empíricos como teóricos, para analizar estos fenómenos, sin embargo, no se ha desarrollado una integración de metodologías y procedimientos que permita una aplicación estandarizada en aspectos de diseño y evaluación para proyectos. Esto genera incertidumbre en procedimientos de revisión, evaluación y selección de alternativas, con afectaciones en la implementación y en el costo de las obras. En este contexto, a partir de una revisión de aspectos teóricos y criterios técnicos fundamentales, se ha planteado realizar una evaluación de procedimientos de diseño y de buenas prácticas para el dimensionamiento de columnas piezométricas y chimeneas de equilibrio. De esta manera, mediante la aplicación a un caso de estudio, se busca contribuir al planteamiento y desarrollo de una metodología que permita estandarizar aspectos relacionados con la revisión y evaluación.

Palabras clave del autor: transitorios hidráulicos, oscilaciones de presión, chimeneas de equilibrio



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

In mountainous areas, hydraulic structures such as galleries, low-head tunnels, and pressure pipelines face significant risks associated with hydraulic transients caused by sudden changes in flow regimes at control points (valves, pumping equipment, and turbines). These changes result in abrupt pressure variations, leading to phenomena such as water hammer and undesirable oscillations. The effects include damage to joints, reverse leaks, structural collapses in tunnels, and fluctuations in reservoir levels. To mitigate these impacts, the design and use of piezometric columns and surge tanks are required. The theoretical framework offers various methodologies and models, both empirical and theoretical, to analyze these phenomena. However, an integration of methodologies and procedures that enable a standardized approach to design and evaluation for projects has not yet been developed. This creates uncertainty in review, evaluation, and alternative selection procedures, impacting the implementation and cost of the works. In this context, based on a review of theoretical aspects and fundamental technical criteria, an evaluation of design procedures and best practices for sizing piezometric columns and surge tanks has been proposed. Through the application of a case study, the aim is to contribute to the development of a methodology that standardizes aspects related to review and evaluation.

Author Keywords: hydraulic transients, pressure oscillations, surge tanks



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de contenido

1.	Introducción.....	10
1.1.	Objetivos.....	10
1.1.1.	Objetivo general.....	10
1.1.2.	Objetivos específicos.....	10
1.2.	Alcance.....	11
2.	Columna piezométrica y chimeneas de equilibrio en proyectos de ingeniería.....	11
2.1.	Descripción del funcionamiento y consideraciones generales.....	12
2.1.1.	Funciones principales y Consideraciones generales para diseño.....	13
2.2.	Práctica profesional en diseño y construcción de chimeneas de equilibrio.....	14
3.	Transitorios y oscilaciones: Principales enfoques teóricos.....	18
3.1.	Transitorios hidráulicos y sus causas.....	18
3.2.	Tipos de transitorios y transitorios en sistemas cerrados.....	19
3.3.	Ecuaciones básicas para el estudio de transitorios.....	20
3.3.1.	Pulso de Joukowski.....	20
3.3.2.	Celeridad de onda.....	21
3.3.3.	Golpe de ariete: Descripción física.....	21
3.3.4.	Ecuación de la continuidad.....	23
3.3.5.	Ecuación general de movimiento.....	23
3.4.	Principales modelos teóricos para el estudio de transitorios.....	24
3.4.2.	Modelo cuasi-estático.....	24
3.4.3.	Modelo rígido.....	25
3.4.4.	Modelo elástico.....	25
3.4.5.	Solución de modelos, alcance de su aplicación y fronteras entre modelos ..	26
4.	Aplicación del modelo rígido en un caso de estudio regional.....	29
4.1.	Caso de estudio: Descripción del proyecto.....	29
4.2.	Método para estudio de oscilación de la columna piezométrica.....	31
4.2.1.	Chimenea simple como modelo de análisis.....	31

	5
4.2.2. Ecuaciones de comportamiento	32
4.2.3. Procedimiento numérico iterativo para el caso de estudio.....	33
4.3. Aplicación al caso de estudio	36
4.3.1. Estudio para cierre brusco de una válvula ($Q_0 = Q_{max} \rightarrow Q = 0$):.....	38
4.3.2. Estudio para abertura brusca de una válvula ($Q_0 = 0 \rightarrow Q = Q_{max}$):	42
5. Discusión y conclusiones.....	46
Referencias	51

Índice de figuras

Figura 1 Ubicación de una chimenea de equilibrio en un proyecto de generación hidroeléctrica (Pacheco & Carrillo, 2024).....	12
Figura 2 Tipos de chimeneas de equilibrio (Abreu et al., 1995).....	16
Figura 3: Válvula en la descarga que alimenta un depósito.....	21
Figura 4: Simulación fase de depresión.....	22
Figura 5: Simulación fase de retroceso.....	22
Figura 6: Simulación fase de sobrepresión.....	23
Figura 7 Simulación fase de recuperación.....	23
Figura 8 Flujo de agua entre dos depósitos.....	28
Figura 9 Ubicación geográfica del proyecto (ELECAUSTRO S.A.).....	29
Figura 10 Esquema de oscilaciones para chimeneas simples.....	32
Figura 11 Esquema representativo proyecto Ocaña 1.....	36
Figura 12 Oscilaciones en chimenea de equilibrio simple en un cierre de válvula con $\Delta t = 5$ s.....	41
Figura 13 Oscilaciones en chimenea de equilibrio simple en un cierre de válvula con $\Delta t = 1$ s.....	42
Figura 14 Oscilaciones en chimenea de equilibrio simple en una apertura de válvula con $\Delta t = 5$ s ...	44
Figura 15 Oscilaciones en chimenea de equilibrio simple en una apertura de válvula con $\Delta t = 1$ s ...	46
Figura 16 Fronteras entre modelo rígido y elástico para cierre ($\varphi_0 = 0$)(Abreu et al., 1995).....	52
Figura 17 Fronteras entre modelo rígido y elástico para cierre ($\varphi_0 = 1$)(Abreu et al., 1995).....	52
Figura 18 Fronteras entre modelo rígido y elástico para cierre ($\varphi_0 = 4$)(Abreu et al., 1995).....	52
Figura 19 Variación del caudal en un cierre en función de (φ_0)(Abreu et al., 1995).....	53
Figura 20 Modelo rígido y cuasi- estático, flujo entre dos depósitos ($\Phi = 1$)(Abreu et al., 1995).....	53
Figura 21 Modelo rígido y cuasi- estático, flujo entre dos depósitos ($\Phi = 20$)(Abreu et al., 1995).....	53
Figura 22 Nomenclatura para chimeneas con orificio.....	54
Figura 23 Nomenclatura para chimeneas diferenciales.....	55
Figura 24 Nomenclatura para chimeneas cerradas.....	57
Figura 25 Condiciones críticas de la estabilidad de chimeneas(Abreu et al., 1995).....	76

Índice de tablas

Tabla 1 Esquema de fronteras entre modelos (Abreu et al., 1995).....	28
Tabla 2 Datos iniciales del caso de estudio	36
Tabla 3 Fracción de oscilaciones de nivel en chimenea simple por cierre brusco con $\Delta t=5$ s	40
Tabla 4 Fracción de oscilaciones de nivel en chimenea simple por cierre brusco con $\Delta t=1$ s	41
Tabla 5 Fracción de oscilaciones de nivel en chimenea simple por apertura brusca con $\Delta t=5$ s	44
Tabla 6 Fracción de oscilaciones de nivel en chimenea simple por apertura brusca con $\Delta t=1$ s	45
Tabla 7 Oscilaciones en la chimenea en un cierre brusco con $\Delta t = 5$ s	58
Tabla 8 Oscilaciones en la chimenea en un cierre brusco con $\Delta t = 1$ s	59
Tabla 9 Oscilaciones en la chimenea en apertura brusca con $\Delta t = 5$ s.....	67
Tabla 10 Oscilaciones en la chimenea en apertura brusca con $\Delta t = 1$ s.....	69

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios y a la Virgen María Auxiliadora, por cubrirme con su manto protector, por ser mi guía en los momentos de incertidumbre y por brindarme consuelo y esperanza cuando más lo necesité. Agradezco profundamente por la salud, sabiduría y perseverancia que me permitieron superar los desafíos. En los momentos difíciles encontré fortaleza en mi fe, y en los momentos de triunfo, aprendí a reconocer y valorar sus bendiciones.

Extiendo mi más profundo agradecimiento a ELECAUSTRO S.A., cuya valiosa colaboración y disposición para compartir información técnica hicieron posible el desarrollo de esta investigación. Su contribución fue fundamental para comprender y analizar las complejidades de los sistemas hidráulicos, permitiéndome avanzar significativamente en este proyecto. De manera especial, agradezco al Ingeniero Sebastián Montesdeoca, por su dedicación, compromiso y entrega al proporcionar datos clave y orientaciones precisas, así como por su apoyo y disposición para resolver dudas a lo largo del proceso.

De igual manera, quiero dedicar un agradecimiento muy especial al Ingeniero Esteban Pacheco, por su invaluable apoyo, orientación y disposición durante todo el desarrollo de esta investigación. Su vasta experiencia, profundo conocimiento técnico y habilidad para explicar conceptos complejos de manera accesible fueron fundamentales para superar los desafíos del proyecto. Su paciencia, compromiso y ejemplo de profesionalismo han dejado una marca imborrable en mi formación como ingeniero, inspirándome a seguir aprendiendo y perfeccionándome profesionalmente.

Finalmente, a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron al desarrollo de esta tesis, les expreso mi más profundo agradecimiento por su confianza y compromiso.

Dedicatoria

A mis padres, Oswaldo y Liliam, quienes han sido mi mayor inspiración y el pilar fundamental en cada etapa de mi vida. Gracias por su amor incondicional, por sus enseñanzas y por inculcarme los valores del esfuerzo y la perseverancia. Su sacrificio y apoyo constante han sido el motor que me ha impulsado a alcanzar este logro. Este triunfo también les pertenece, pues sin su dedicación y entrega, nada de esto habría sido posible.

A mis hermanas, Andrea, Melissa e Isabela, por ser mis compañeras de vida y mi refugio. Gracias por su cariño, sus palabras de aliento y por estar siempre a mi lado, tanto en los momentos de alegría como en los más desafiantes. Su apoyo incondicional y su alegría han sido una fuente de motivación que me ha impulsado a seguir adelante y superar cada obstáculo que se presentó en el camino.

A mi persona especial, Esteban Z., quien ilumina mis días. Gracias por tu amor, tu paciencia y por motivarme a dar lo mejor de mí misma, incluso en los momentos en los que yo dudaba. Tus palabras de ánimo y tu apoyo constante han sido invaluable en este proceso. Gracias por ser mi compañero en cada paso de este camino.

A mis amigas de toda la vida, Katya y Camila, por ser una constante en mi vida y por brindarme siempre su apoyo incondicional. Su amistad ha sido una fuente de motivación, alegría y confianza, recordándome lo afortunada que soy por contar con ustedes.

A mis amigos de la universidad, Joaquín, Felipe, Sebastián y muchos más, pero de manera especial a Emilia Q., por su amistad sincera, su comprensión y, sobre todo, su apoyo incondicional. Gracias por estar presentes en los momentos más difíciles, por celebrar conmigo cada pequeño logro y por compartir anécdotas inolvidables llenas de risas, que hicieron este camino mucho más llevadero.

A todos ustedes, les dedico este trabajo con profunda gratitud y amor, porque sin su apoyo, confianza y motivación, nada de esto habría sido posible. Este logro es un reflejo de cuánto significan en mi vida y del impacto positivo que han tenido en mi formación y crecimiento.

1. Introducción

En zonas montañosas, surge una importante problemática en torno a la protección de obras como galerías, túneles de baja carga, tuberías de presión, entre otras obras. Este desafío se origina por cambios intempestivos en regímenes de flujo en puntos de control como válvulas, equipo de bombeo, turbinas. Dichos cambios se traducen en aumento o disminución brusca de presión, que pueden afectar uniones, cambios de dirección, tuberías, además de generar efectos adversos debido a filtración inversa en galerías y túneles de baja carga. Estos efectos deben ser amortiguados o controlados mediante columnas piezométricas en chimeneas de equilibrio y estructuras similares.

El marco teórico relacionado (Chaudhry, 2014; Martínez Alzamora et al., 1995; Wylie & Streeter, 1982), establece diversas metodologías y simplificaciones derivadas del estudio y análisis de transitorios hidráulicos, disponiéndose de varias ecuaciones empíricas y teóricas por un lado, así como, de modelos complejos por otro lado (Bardini, 2018; Boillat & Souza, 2004; Gomsrud, 2015). Sin embargo, estas metodologías y prácticas no están completamente integradas en procedimientos estandarizados para el cálculo y diseño, lo que evidencia la necesidad de revisar de manera detallada los fundamentos teóricos, así como de tecnología y experiencias en sistemas disponibles.

La variedad de criterios y procedimientos para evaluación y diseño, y la complejidad de la teoría relacionada con transitorios hidráulicos, se traduce en una diversidad de metodologías que generan cierta incertidumbre en el dimensionamiento, evaluación y selección de alternativas, aspecto que repercute directamente en la valoración de costos y procesos constructivos de las obras.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar los procedimientos de diseño de columnas piezométricas y chimeneas de equilibrio para obras en hidroeléctricas.

1.1.2. Objetivos específicos

1. Identificar aspectos de información y de práctica profesional que guían el diseño y la evaluación de columnas piezométricas y chimeneas de equilibrio.
2. Realizar un análisis y sistematización de los principales aspectos teóricos y prácticos a considerar para el diseño o evaluación.

3. Realizar una aplicación en un caso de estudio.

1.2. Alcance

El presente trabajo tiene como objetivo la evaluación y sistematización de los procedimientos para diseño de columnas piezométricas y chimeneas de equilibrio en obras hidráulicas, centrándose en identificar criterios, métodos y buenas prácticas para su dimensionamiento y evaluación. La propuesta parte de una revisión preliminar de aspectos básicos y de práctica profesional relacionada con el análisis de columnas piezométricas y proyección de chimeneas de equilibrio. Se complementa con la revisión de los aspectos teóricos que fundamentan el desarrollo de modelos de comportamiento de flujo.

Finalmente, tras seleccionar un modelo que replique los fenómenos de flujo relevantes, se realiza su aplicación en un caso de estudio, con el propósito de contribuir al desarrollo de procedimientos estandarizados para el diseño y evaluación de estas estructuras. Este trabajo pretende fortalecer el conocimiento teórico y práctico en el diseño hidráulico, promoviendo la adopción de metodologías estandarizadas en diversos contextos.

2. Columna piezométrica y chimeneas de equilibrio en proyectos de ingeniería

El estudio de una columna piezométrica se centra en el establecimiento de las alturas que alcanza el flujo en obras especiales debido a los efectos de presión estática. Este análisis se basa en las condiciones establecidas por la ecuación de la energía, que describe la conservación de los componentes de posición, presión y velocidad en un flujo (Chaudhry, 2014; Henderson, 1966). Entre las obras especiales que se construyen para aprovechamientos hidráulicos, se encuentran las chimeneas de equilibrio, llamadas también torres piezométricas o pozos de oscilación.

La chimenea de equilibrio es una obra que se implementa para proteger la galería de presión y la tubería forzada ante variaciones de caudal y efectos nocivos del fenómeno de golpe de ariete (Pacheco, 2019). Las chimeneas de equilibrio son de diversos tipos, generalmente se proyectan excavadas en tierra o en roca, ubicándose al final del túnel de carga y al inicio de la tubería de presión de una central hidroeléctrica (*lo más cerca posible de la casa de máquinas*). En sistemas menores, la chimenea puede ser remplazada por torres piezométricas superficiales o tanques elevados.

2.1. Descripción del funcionamiento y consideraciones generales

La oscilación en una columna piezométrica permite amortiguar las variaciones de presión provocadas por las variaciones del caudal, al transformar la energía del flujo. Por un lado, convierte la energía cinética del flujo en energía potencial, con un aumento en la columna de agua durante la operación de cierre. Por otro lado, transforma la energía potencial en energía cinética con la disminución de la columna cuando se abren sistemas de control (Pacheco & Carrillo, 2024).

Las chimeneas de equilibrio se constituyen en obras especiales que gestionan las oscilaciones en sistemas de alta presión, amortiguando fluctuaciones de la columna piezométrica y protegiendo equipos de sobrepresiones y cavitación. Durante cambios bruscos, como abertura súbita, cierres rápidos de válvulas o variaciones bruscas de carga, ofrecen un volumen adicional para que el agua se expanda o contraiga, reduciendo las variaciones de presión (Chaudhry, 2014).

Cuando el caudal es constante, el nivel de agua en la chimenea también es constante y se encuentra por debajo de la línea de carga estática debido a las pérdidas en el flujo. Sin embargo, cuando las variaciones de carga u otras eventualidades obligan al regulador de una turbina a ajustar el caudal, el flujo en la galería y tubería de presión requiere cierto tiempo para adaptarse a las nuevas condiciones debido a la inercia del fluido. En este momento, la columna piezométrica empezará a oscilar hasta ubicarse en su nueva posición de equilibrio.

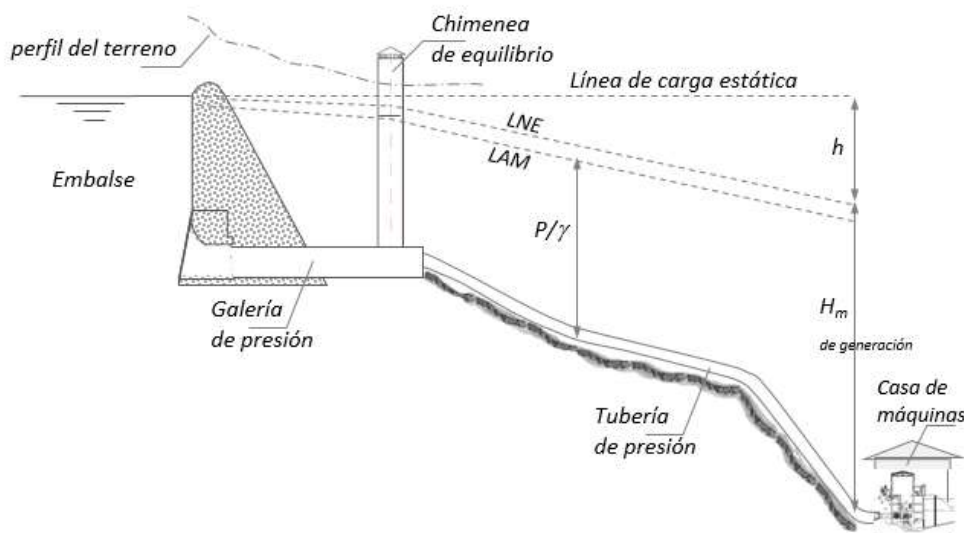


Figura 1 Ubicación de una chimenea de equilibrio en un proyecto de generación hidroeléctrica (Pacheco & Carrillo, 2024)

Para las variaciones de caudal previstas durante la operación del proyecto, las posiciones extremas de nivel en la chimenea arrojan información para validar el desempeño de la galería, así como, para el diseño de la torre y de la tubería de presión. En este contexto, la variación más desfavorable corresponde al caso en que la central descarga desde el caudal máximo a cero (*caso de un cierre brusco del regulador*), operación que sucede en pocos segundos comparado con el periodo de oscilaciones en la chimenea.

En esta situación, una onda de presión con alta velocidad recorrerá por la tubería forzada hacia la chimenea o torre, mientras que, desde el embalse, continuará fluyendo el caudal que estuvo establecido hasta antes del cambio de condiciones. La confluencia de los dos flujos hará que el nivel de agua en la chimenea ascienda hasta niveles superiores al de la carga inicial en la entrada a la galería. Esto provocará una contrapendiente en la línea de energía, lo que retarda la afluencia de agua hasta que se alcance una velocidad de cero en el ascenso del nivel en la chimenea. En este momento, se inicia un contraflujo que posicionará el nivel de agua en una cota más baja, dando lugar a un proceso de oscilación que se amortiguará de forma gradual (Pacheco & Carrillo, 2024).

Cuando las oscilaciones resultan de perturbaciones muy abruptas, se generan cambios de presión significativos que ocasionan el fenómeno de golpe de ariete.

2.1.1. Funciones principales y Consideraciones generales para diseño

Como principales funciones de una chimenea de equilibrio y de una torre piezométrica se tiene (Martínez Alzamora et al., 1995; Thorley, 2004):

- Amortiguación de Presión
- Reducción de Inercia
- Estabilización del flujo
- Protección de sistemas y obras anexas
- Regulación hidráulica

La instalación de una chimenea está justificada en los siguientes casos:

- Cuando la reducción del golpe de ariete abarate el costo total del sistema tubería forzada-chimenea.
- Si no es posible reducir la velocidad de aceleración de la turbina por debajo del 60 % de su velocidad nominal.
- Siempre que se cumpla:

$$3 < \frac{\sum(L_i v_i)}{H_n} < 5$$

donde:

L_i : longitudes de la galería de presión y la tubería forzada (m)

v_i : velocidades de la galería de presión y la tubería forzada (m/s)

H_n : altura neta mínima (m) (Martínez Alzamora et al., 1995)

Una vez justificada la instalación, el diseño de la chimenea se centra en determinar la sección transversal óptima para satisfacer (Martínez Alzamora et al., 1995):

- Estabilidad de oscilaciones en la chimenea
- Evitar rebosamientos
- Evitar vaciado de la obra

Una vez definida la sección se debe considerar, además:

- Análisis de oscilaciones de masa
- Optimización del diseño (*ubicación, tipología, volumen de seguridad*)
- Reducción de pérdidas

2.2. Práctica profesional en diseño y construcción de chimeneas de equilibrio

Como se ha señalado, las chimeneas se proyectan para atenuar al máximo las oscilaciones y los efectos que el golpe de ariete provocaría en el entronque con la galería o túnel de baja carga. De manera general, los efectos derivados de las oscilaciones y golpe de ariete encarecen los proyectos de aprovechamientos hidráulicos, incorporando complejidades de diseño, así como, constructivas y de implementación, lo que en ocasiones implica, además, impacto ambiental.

Inicialmente, basándose en las primeras experiencias en diferentes países, se reporta que, en general, las chimeneas se concebían exclusivamente como pozos cilíndricos verticales. La sección de la chimenea se definía de forma proporcional al ancho y la longitud de la galería. Sin embargo, posteriores estudios, demostraron que no era necesario disponer chimeneas tan anchas, así también, se concluyó que las secciones podrían ser optimizadas de forma que se disminuya la magnitud de las oscilaciones (Schoklitsch, 1926, 1962).¹

¹ Como ejemplo de primeras experiencias en diseño se mencionan la chimenea de equilibrio para la central de Tallulah-EE. UU.

En la práctica actual, y en relación con la forma de chimeneas de equilibrio, se rescata como tipos más adecuados los siguientes:

- Simples: chimeneas básicas y económicas, consisten en un tubo vertical conectado directamente al sistema. Son eficaces para oscilaciones moderadas, pero limitadas en transitorios severos. Pueden ser exteriores o en pozo.
- Con orificio: incorporan un estrechamiento en la conexión para amortiguar oscilaciones, aunque pueden ralentizar la respuesta del sistema ante cambios rápidos.
- Diferenciales: combinan un pozo simple interior y uno exterior con orificio, ideales para grandes caudales y transitorios prolongados, proporcionando un control más eficiente.
- Cerradas: utilizan aire comprimido para amortiguar oscilaciones, siendo útiles en espacios subterráneos o sistemas de caudal reducido, aunque limitadas por las altas presiones internas.
- Múltiples: varias chimeneas instaladas en serie para mejorar estabilidad y reducir resonancias en sistemas hidroeléctricos con conducciones extensas (Martínez Alzamora et al., 1995).
- Con cámaras: posee un pozo de sección estándar y dos cámaras. Una cámara inferior o de alimentación (*que provee el volumen en operación de arranque*) y una cámara superior o de expansión (*que amortigua el volumen rechazado en cierre o detención*).
- Inclinas: para aumentar el área útil, se puede plantear un eje inclinado, para terrenos montañosos, mejorando la accesibilidad y reduciendo esfuerzos estructurales.
- Con vertedero: incorporan un vertedero para evacuar exceso de agua durante transitorios, común en sistemas donde las oscilaciones de flujo son significativas y es necesario garantizar una operación segura.
- Unidireccionales: permiten el flujo únicamente en una dirección, evitando retrocesos y controlando las fluctuaciones de presión en sistemas con transitorios hidráulicos severos.

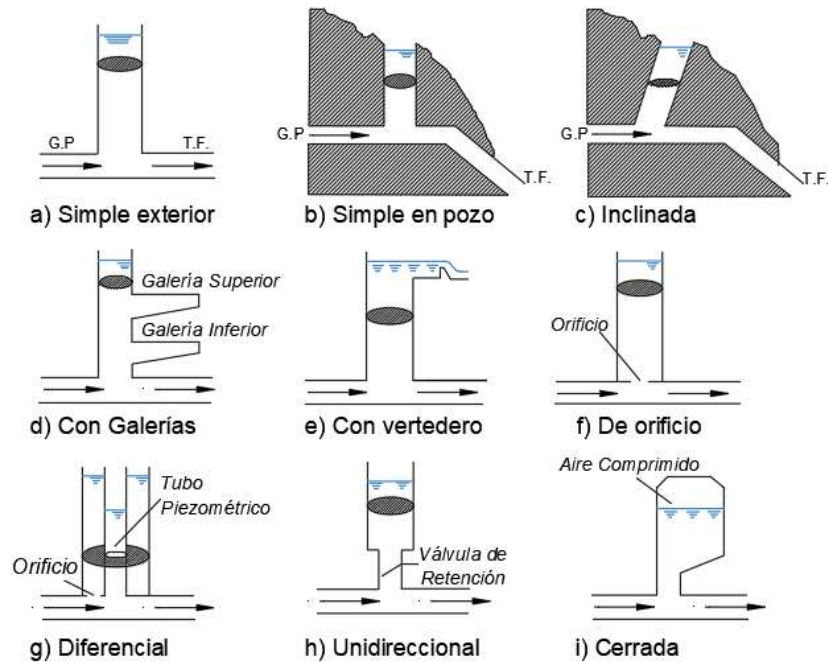


Figura 2 Tipos de chimeneas de equilibrio (Abreu et al., 1995)

De la gran cantidad de estudios realizados, se rescata además como principales recomendaciones para la práctica profesional en diseño y construcción, los siguientes aspectos/criterios (Pacheco, 2019):

- Identificar de manera fidedigna los escenarios de operación reales a los que estará sujeta la obra. Esto evitará que se dimensione la obra considerando magnitud de oscilaciones que no sucederán en la realidad.
- Enfocar el diseño a la reducción/optimización de la magnitud de oscilaciones, para lo cual se identificará el tipo más adecuado de chimenea.
- Evitar diseños que contemplen oscilaciones muy grandes, para no permitir el posible ingreso de aire a galerías o túneles de baja carga.
- No contemplar diseño con niveles de oscilación mínimos cuya cota sea inferior a la clave de la galería o túnel de baja presión, para evitar el posible ingreso de aire.
- Aumentar la sección transversal de la chimenea en zonas críticas para reducir la magnitud de las oscilaciones, analizando el ensanchamiento requerido en la parte más baja de la chimenea. De la práctica consultada, se extrae que las zonas críticas se encuentran en el inferior y parte superior de la chimenea, por lo cual, una recomendación a considerar es disponer una sección mínima optimizada con cámaras en los extremos (chimenea con cámaras).
- Aumentar el área útil mediante una chimenea inclinada, especialmente en su primer tramo, configuración que podrá además disminuir altura de la chimenea.

- Contemplar en el diseño, un orificio en la entrada de la chimenea, cuyo diámetro deberá ser estudiado optimizando la oscilación sin provocar inestabilidad. De proyectos analizados y recomendaciones técnicas, se puede recomendar como mínimo diámetro del orificio un 5% del radio de la chimenea.

Como aspecto complementario, se menciona la importancia de incorporar información y estudios geológicos-geotécnicos que permiten orientar de mejor manera la ubicación y disposición más adecuada de la chimenea. En este sentido, la práctica profesional moderna requiere de estudios de sondeo vertical SEV en el eje del posible sitio de emplazamiento, considerando las diferentes unidades geotécnicas y geomecánicas. Finalmente, se señala que en el país se dispone de tecnología para sistemas de excavación, perforación y voladura. Algunos ejemplos de chimeneas de equilibrio en proyectos importantes en el país son:

La chimenea de equilibrio para el proyecto hidroeléctrico Quijos proyectado para producir 50 MWh, provincia de Napo, Ecuador. Dispone de una chimenea tipo orificio restringido con diámetro de 2.80 m y diámetro de la cámara superior de 15 m contando con una altura de 121.51 m (CELEC EP).

La chimenea de equilibrio para el proyecto hidroeléctrico Minas San Francisco proyectado para producir 270 MWh, provincia de Azuay, Ecuador. Dispone de una chimenea simple con diámetro de 16 m y altura de 68 m (CELEC EP).

La chimenea de equilibrio para el proyecto Sopladora proyectado para producir 487 MWh, provincia de Azuay, Ecuador. Cuenta con una chimenea con orificio (CELEC EP).

La chimenea de equilibrio para el proyecto Alluriquín proyectado para producir 204 MWh, Ministerio de energía y minas, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. Cuenta con una chimenea superior conformada en su parte inferior por el pozo de conexión de 3.50 m de diámetro interior y una altura de 126.00 m; y sobre éste el pozo de la chimenea con un diámetro interno de 15.00 y una altura de 90.00 m; terminando en su parte superior con una boca de 24.00 m de diámetro y 10.00 m de altura. También una chimenea de equilibrio inferior constituida por una caverna de 42.30 m de largo, 11.00 m de ancho y 37.60 m de altura (CELEC EP).

La chimenea de equilibrio para el proyecto Delsitanisagua proyectado para producir 180 MWh, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. Esta estructura comprende un pozo vertical de 76 m de altura y 7,10 m de diámetro en la parte inferior (Ministerio de Energía y Minas).

La chimenea de equilibrio para la central Pucará del proyecto Pisayambo proyectado para producir 230 GWh, provincia de Tungurahua, Ecuador. Es una chimenea diferencial con una altura de 117 m con un diámetro de 5 m blindado, un orificio restringido de 2.40 m (CELEC EP).

3. Transitorios y oscilaciones: Principales enfoques teóricos

Los transitorios hidráulicos y las oscilaciones en sistemas de conducción generan sobrepresiones y cavitación que pueden dañar las infraestructuras hidráulicas. La teoría relacionada (Chaudhry, 2014), establece que el análisis de estos fenómenos combina dinámica de fluidos y características estructurales mediante métodos que van desde cálculos simplificados hasta simulaciones avanzadas. En este contexto, considerando que el estudio de transitorios y oscilaciones ha sido sujeto de muchos esfuerzos para comprender y simplificar teoría y expresiones, a continuación, se sistematiza los principales enfoques teóricos dirigidos a su aplicación en obras de ingeniería hidráulica.

3.1. Transitorios hidráulicos y sus causas

Los transitorios hidráulicos son fenómenos dinámicos que ocurren cuando un sistema hidráulico experimenta cambios abruptos en sus condiciones operativas, como variaciones en el flujo, la velocidad o la presión, lo cual genera ondas de presión que se propagan a lo largo del sistema de conducción. Dichas ondas de presión pueden causar aumentos extremos de presión en la tubería (*sobrecarga*) o caídas de presión hasta alcanzar presiones negativas (*vacío parcial*), generando situaciones de riesgo para la integridad del sistema (Chaudhry, 2014; Thorley, 2004; Wylie & Streeter, 1982).

El estudio de transitorios hidráulicos es crucial para prevenir daños en la infraestructura, como roturas, fallas en conexiones y válvulas, así como desgastes prematuros. Además, permite anticipar sobrepresiones y diseñar medidas de control para garantizar la seguridad y durabilidad del sistema (Karney & McInnis, 1992).

El análisis de fluctuaciones de presión y ondas debidas a perturbaciones en el flujo, que inician el proceso de oscilaciones en la columna piezométrica, permitirá principalmente (Chaudhry, 2014):

- Identificar sobrepresiones que provocan fallos estructurales.
- Prevenir cavitación y daños en las tuberías y equipos.
- Optimizar el diseño de controladores de presión, chimeneas de equilibrio, válvulas de alivio, tanques de oscilación, reguladores dinámicos, acumuladores hidráulicos.

Analizar las causas de los transitorios es fundamental para la identificación correcta de efectos y medidas a implementar para prevenir daños, garantizando una operación eficiente y segura. Entre las causas que originan el fenómeno transitorio se cita (Chaudhry, 2014; Wylie & Streeter, 1982):

- Apertura, cierre o "vibración" de válvulas.
- Encendido o apagado de bombas.
- Arranque o cambios de carga de una turbina.
- Vibraciones en rotores, impulsores o ventiladores.
- Cambios en un canal debido a la apertura o cierre de compuertas.
- Falla o colapso de una presa.
- Incrementos por escurrimiento de tormentas intensas.
- Cambio de elevación y ondas en un embalse.
- Inestabilidades debido a vórtices en tomas.

3.2. Tipos de transitorios y transitorios en sistemas cerrados

La identificación de transitorios facilita su análisis y control, siendo clave para optimizar la operación y garantizar la seguridad de las infraestructuras. Como ejemplo de la diversidad de efectos asociados a los transitorios en términos de sistemas hidráulicos y de flujo, se indica (Chaudhry, 2014):

- a) Transitorios en sistemas cerrados
 - Sistemas distribuidos: considera flujo compresible, donde el transitorio se presenta en forma de ondas viajeras. Descritos mediante ecuaciones diferenciales parciales.
 - Sistemas concentrados: considera cambios instantáneos en el flujo con fluido como cuerpo sólido. Representados con ecuaciones diferenciales ordinarias.
- b) Transitorios en sistemas abiertos
 - Flujo con variación gradual: ondas de inundación en ríos.
 - Flujo con variación rápida: crecidas en canales de energía.
- c) Flujo combinado de superficie libre y presurizado: el flujo de superficie libre se presuriza durante condiciones transitorias, como en alcantarillas tras una tormenta o en túneles de salida de plantas hidroeléctricas.

De manera específica, y para los propósitos del estudio, se menciona que los transitorios en sistemas cerrados que trabajan a presión pueden clasificarse según la dinámica del flujo y su impacto sobre las variaciones de presión, teniéndose:

1. Transitorio lento o cuasi-estático: se caracteriza por variaciones muy lentas en caudales y presiones. Es representativo del comportamiento normal en redes hidráulicas a presión, donde las condiciones permanecen cercanas al equilibrio. Generalmente corresponde a sistemas concentrados en conductos cerrados, donde los efectos dinámicos son mínimos y predominan las variaciones estáticas (Abreu et al., 1995).
2. Transitorio rápido u oscilación en masa: las variaciones de flujo en sistemas confinados, como chimeneas de equilibrio, generan oscilaciones de nivel de agua que pueden amplificarse o atenuarse según las condiciones del sistema, sin afectar significativamente la energía elástica del fluido o la conducción. Puede clasificarse dentro de los sistemas distribuidos en conductos cerrados, donde las variaciones dinámicas no afectan significativamente la energía elástica del fluido (Abreu et al., 1995; Wylie & Streeter, 1982).
3. Transitorio muy rápido o golpe de ariete: ocurre por perturbaciones abruptas que generan cambios de presión significativos. Es típico en detenciones o aceleraciones súbitas del flujo, causando ondas de presión descritas por la ecuación de Joukowski. Es típico en sistemas distribuidos donde se consideran la compresibilidad del fluido y la elasticidad de las tuberías (Abreu et al., 1995; Thorley, 2004).

3.3. Ecuaciones básicas para el estudio de transitorios

El análisis de transitorios hidráulicos se basa en ecuaciones de flujo no permanente que describen las interacciones entre presión, velocidad y geometría del sistema. Para el estudio de estos fenómenos, es importante considerar aspectos fundamentales relacionados, por un lado, con las variaciones de presión debido al cambio de velocidad de flujo, y por otro lado, con propiedades del fluido y de su interacción con el material que lo confina. Estos y otros aspectos forman parte de la descripción de fenómenos como el golpe de ariete, y de la conceptualización e idealización del comportamiento del flujo.

3.3.1. Pulso de Joukowski

Expresa la relación causa-efecto de los transitorios ($\Delta V - \Delta P$). Relaciona la variación de la presión debido al cambio de la velocidad del fluido (Abreu et al., 1995).

$$\Delta P = -\rho a \Delta v$$

donde:

ΔP : cambio de presión (Pa)

ρ : densidad del fluido (kg/m³)

a : celeridad de onda (m/s)

Δv : cambio en la velocidad del flujo (m/s)

3.3.2. Celeridad de onda

La celeridad a representa la velocidad de propagación de una perturbación de presión en una tubería y depende de las propiedades del fluido y de la tubería (Abreu et al., 1995):

$$a = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{KD}{Ee}}}$$

donde:

a : celeridad de onda (m/s)

ρ : densidad del fluido (kg/m³)

K : módulo de elasticidad del fluido (Pa)

D : diámetro de la tubería (m)

E : módulo de elasticidad del material de la tubería (Pa)

e : espesor de la pared de la tubería (m)

3.3.3. Golpe de ariete: Descripción física

La teoría de propagación de ondas describe la manera en que una perturbación, cierre brusco de una válvula, genera un pulso de presión como el descrito por la fórmula de Joukowski. Este proceso que obedece a un transitorio muy rápido, transforma cíclicamente la energía cinética del fluido en energía elástica, almacenada en el fluido y las paredes de la tubería (Abreu et al., 1995).

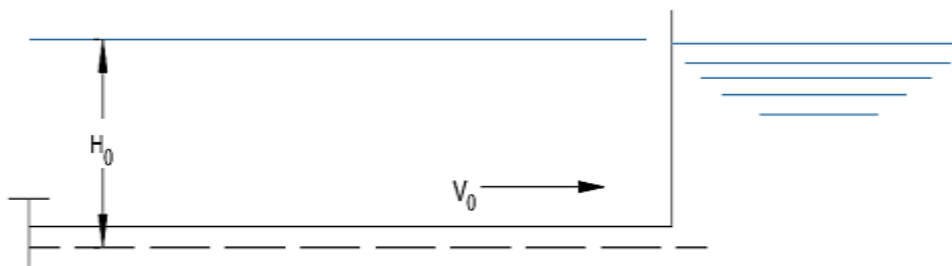


Figura 3: Válvula en la descarga que alimenta un depósito

El fenómeno de golpe de ariete puede simplificarse mediante suposiciones que permitan un análisis más eficiente, sin comprometer la precisión necesaria para entender su impacto en sistemas hidráulicos. Las principales suposiciones simplificadoras son:

- Se desprecia la fricción.
- No se considera la altura cinética ($V_o^2/2g$) del fluido.
- El fenómeno es cíclico, con un período aproximado de $4L/a$, donde L : longitud de la tubería y a : celeridad de onda.

El golpe de ariete puede describirse físicamente a través de diversas fases que detallan la evolución de las variaciones de presión y flujo, proporcionando una comprensión integral de su dinámica y efectos (Abreu et al., 1995):

1. Fase de depresión: tras el cierre de la válvula, una onda de depresión se propaga hacia el depósito, transformando la energía cinética del fluido en energía potencial y generando un gradiente de presión. En un tiempo L/a , toda la tubería queda en depresión y el fluido en reposo.

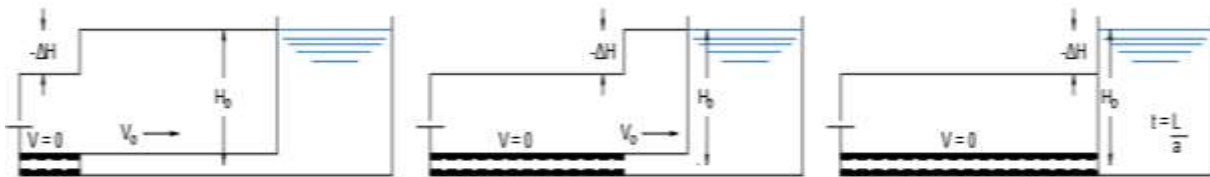


Figura 4: Simulación fase de depresión

2. Fase de retroceso: la diferencia de presión entre el depósito y la tubería invierte el flujo, restaurando gradualmente las condiciones iniciales de presión. El gradiente energético depósito-tubería se transforma en energía cinética, y tras $2L/a$, la tubería alcanza la presión inicial con el flujo a una velocidad $-V_o$.

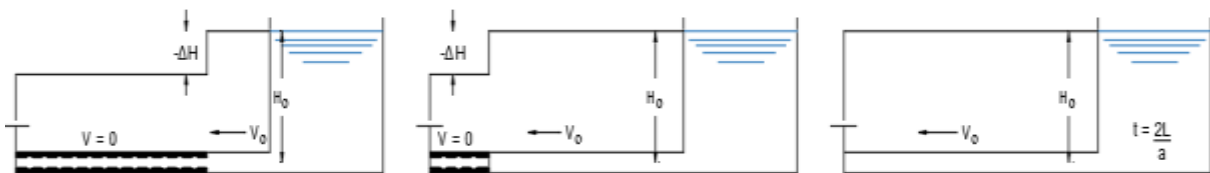


Figura 5: Simulación fase de retroceso

3. Fase de sobrepresión: la acumulación de fluido junto a la válvula genera una onda de sobrepresión que viaja al depósito, transformando energía cinética en potencial. Tras $3L/a$, el fluido está en reposo y la tubería experimenta una sobrepresión igual a la depresión inicial.

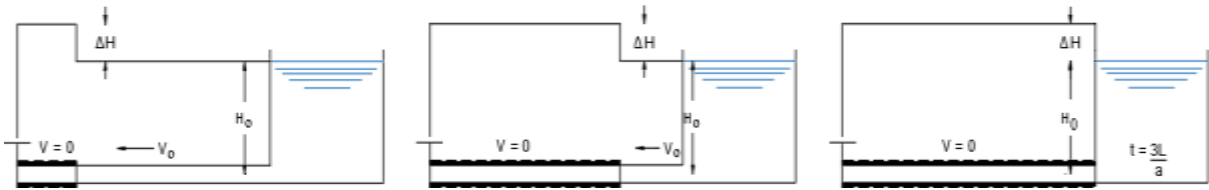


Figura 6: Simulación fase de sobrepresión

4. Fase de recuperación: la tubería recupera el equilibrio inicial cuando el fluido retoma su velocidad V_0 en la dirección original. Este ciclo, con un período de $4L/a$, puede repetirse hasta que las ondas se amortigüen por fricción.

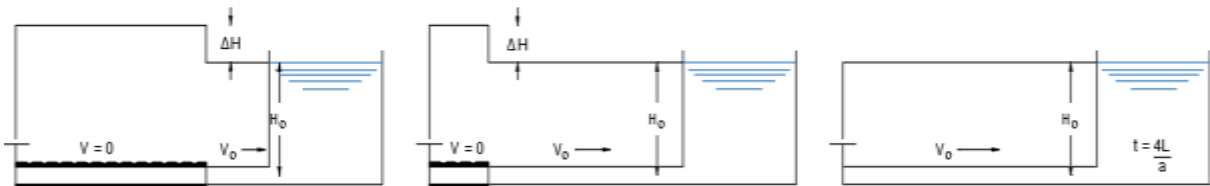


Figura 7 Simulación fase de recuperación

3.3.4. Ecuación de la continuidad

Describe la conservación de la masa en el flujo, que establece que la masa total de un sistema cerrado permanece constante en el tiempo (Abreu et al., 1995):

$$\frac{g}{a^2} \frac{dH}{dt} + \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{g}{a^2} V \sin \theta = 0$$

donde:

- g : gravedad (m/s^2)
- a : celeridad de onda (m/s)
- H : altura piezométrica (m)
- t : tiempo (s)
- V : velocidad del flujo (m/s)
- x : posición a lo largo de la tubería (m)
- θ : ángulo de inclinación ($^\circ$)

3.3.5. Ecuación general de movimiento

Describe la conservación de la cantidad de movimiento, equilibrando fuerzas sobre un elemento fluido y relacionando la variación de velocidad con la presión y la altura geométrica (Abreu et al., 1995):

$$\frac{dV}{dt} + f \frac{V|V|}{2D} + g \frac{\partial H}{\partial x} = 0$$

donde:

- V : velocidad del flujo (m/s)

- t : tiempo (s)
- f : coeficiente de fricción
- D : diámetro de la tubería (m)
- g : gravedad (m/s^2)
- H : altura piezométrica (m)
- x : posición a lo largo de la tubería (m)

3.4. Principales modelos teóricos para el estudio de transitorios

Los modelos dinámicos utilizados para analizar transitorios hidráulicos se clasifican según las características físicas y temporales que describen el comportamiento del sistema, teniéndose (Abreu et al., 1995):

- a) Modelos no inerciales: consideran condiciones de contorno que varían lentamente con el tiempo. Se destaca:
 - Modelo cuasi-estático: para análisis de transitorios lentos o cuasi-estáticos.
- b) Modelos inerciales: consideran la inercia del fluido y los efectos dinámicos asociados al cambio de velocidad, destacándose:
 - Modelo Inercial Rígido: para análisis de transitorios rápidos u oscilación en masa.
 - Modelo Inercial Elástico: para análisis de transitorios muy rápidos o golpe de ariete.

3.4.2. Modelo cuasi-estático

Este modelo se utiliza para analizar sistemas hidráulicos con variaciones lentas en caudal y presión, asumiendo que las condiciones permanecen cerca del equilibrio, lo que permite simplificar el análisis sin considerar efectos dinámicos complejos (Abreu et al., 1995). Este modelo plantea como suposiciones principales:

- Los efectos inerciales y elásticos son despreciables.
- Las condiciones de contorno cambian lenta y gradualmente.
- La energía invertida en acelerar/decelerar el fluido es totalmente despreciable.
- El flujo es estacionario, basado en la ecuación de Darcy-Weisbach y la ecuación de la continuidad (Abreu et al., 1995):

$$g \frac{dH}{dx} + f \frac{V|V|}{2D} = 0 \quad y \quad A \frac{dH}{dt} = -VA$$

Como principales aplicaciones de este modelo se indica:

- Análisis y gestión de la evolución de una red de agua.

- Dimensionamiento hidráulico de los depósitos de distribución.
- Análisis de largo plazo en sistemas hidráulicos donde los transitorios rápidos no son relevantes.

3.4.3. Modelo rígido

El modelo rígido, aunque más completo que el modelo cuasi-estático, simplifica el análisis al ignorar los efectos de la elasticidad y la compresibilidad en sistemas hidráulicos. Además, plantea como suposiciones principales (Abreu et al., 1995):

- Flujo incompresible.
- Tubería indeformable.
- Cambios de presión y velocidad graduales.
- Pérdidas por fricción constantes.
- Las sobrepresiones/depresiones por cambios rápidos se omiten.
- El modelo contempla la ecuación de Euler y la ecuación de la continuidad (Abreu et al., 1995):

$$\frac{1}{g} \frac{dV}{dt} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{f}{D} \frac{V|V|}{2g} = 0 \quad y \quad A \frac{dH}{dt} = -VA$$

Como principales aplicaciones de este modelo se indica:

- Tiempo de vaciado de un depósito.
- Oscilaciones entre dos depósitos interconectados (*oscilación entre chimenea de equilibrio y embalse, unidos mediante una galería de conducción*).
- Tubería de impulsión de escasa pendiente protegida (*mediante ventosas*).
- Cierres de válvulas más o menos lentos.
- Tiempo de establecimiento de una corriente.

3.4.4. Modelo elástico

El modelo elástico proporciona una representación más precisa de los fenómenos transitorios en sistemas hidráulicos sometidos a variaciones muy rápidas de presión y flujo. Este modelo plantea como suposiciones principales (Abreu et al., 1995):

- Elasticidad del sistema, fluido y paredes son deformables.
- Compresibilidad del fluido, permite la propagación de ondas de presión con celeridad a finita.
- Alta intensidad y rápida variación.

- Pérdidas por fricción, pérdidas de energía en términos de velocidad y longitud.
- El modelo elástico se basa en dos ecuaciones principales: la ecuación de la continuidad y de movimiento (Abreu et al., 1995):

$$\begin{cases} \frac{dH}{dt} + \frac{a^2}{g} \frac{\partial V}{\partial x} = 0 \\ \frac{dV}{dt} + g \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{fV|V|}{2D} = 0 \end{cases}$$

Como principales aplicaciones de este modelo se indica:

- Análisis de sobrepresiones y depresiones generadas por maniobras rápidas con *golpe de ariete* (Chaudhry, 2014).
- Diseño de sistemas de protección de chimeneas de equilibrio, válvulas de alivio y cámaras de aire (Abreu et al., 1995).
- Evaluación de la respuesta dinámica de redes ante fluctuaciones de demanda o fallas (Wylie & Streeter, 1982).
- Simulación numérica de flujos transitorios.

3.4.5. Solución de modelos, alcance de su aplicación y fronteras entre modelos

El tratamiento de los diferentes modelos planteados, considera procedimientos numéricos de solución, principalmente:

- Método de las características: es el más utilizado debido a su capacidad para resolver sistemas hiperbólicos con precisión, modelando la propagación de ondas en el tiempo y espacio.
- Método de las diferencias finitas: permiten resolver las ecuaciones discretizando el tiempo y el espacio, aunque pueden introducir errores por dispersión.
- Método de elementos finitos: menos eficientes en transitorios debido a la dificultad para representar frentes de onda abruptos (Abreu et al., 1995).

La selección del modelo para describir flujos dependerá de las características físicas, las condiciones de contorno y la escala temporal de los fenómenos. Los modelos hidráulicos, como el elástico, rígido y cuasi-estático, tienen rangos de validez específicos según el sistema y las maniobras que inducen los transitorios hidráulicos (Abreu et al., 1995; Chaudhry, 2014).

Los modelos inerciales (*inercial rígido e inercial elástico*) se aplican a maniobras rápidas con cambios de condiciones en tiempos cortos, como las sobrepresiones o depresiones

provocadas por cierres o aperturas bruscas de válvulas. La distinción entre modelos está definida por ciertos criterios específicos, descritos a continuación (Abreu et al., 1995):

1. τ : la escala temporal del sistema se define por la relación entre el tiempo de maniobra de la válvula (T_M) y el tiempo de inercia rígida (T_W), que representa el tiempo necesario para acelerar una columna de agua de longitud L desde el reposo hasta una velocidad (V_0), sin fricción, altura motriz (H_0) y gravedad (g).

$$\tau = \frac{T_M}{T_W} = \frac{T_M}{\frac{LV_0}{gH_0}}$$

2. ρ : Allievi, describe los efectos elásticos del sistema. Con celeridad de onda (a).

$$\rho = \frac{aV_0}{2gH_0}$$

3. φ_0 : Fricción, relación entre la fricción en la tubería (f) y el coeficiente característico de la válvula totalmente abierta (K_0). Con diámetro de la tubería (D).

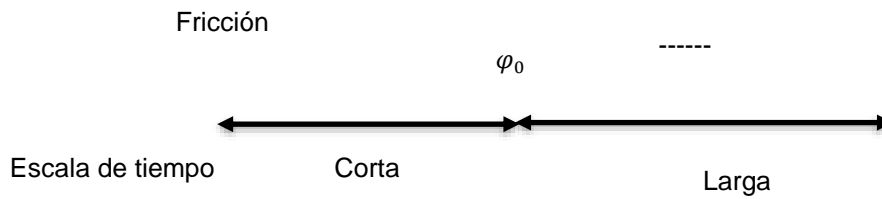
$$\varphi_0 = \frac{f \frac{L}{D}}{K_0}$$

4. θ : Relación del tiempo de maniobra de la válvula (T_M) y el tiempo característico elástico ($2L/a$).

$$\theta = \frac{T_M}{2L/a} = \rho \tau$$

Las gráficas de los anexos A, B y C establecen la frontera entre los modelos elástico y rígido, aplicándose el modelo elástico cuando $\Delta H/H_0$ es constante, especialmente para valores bajos de ρ y θ . El parámetro de fricción, según el anexo D, afecta la velocidad del flujo, además, variaciones abruptas amplían el rango de validez del modelo elástico (Abreu et al., 1995).

El modelo cuasi-estático es adecuado para evoluciones lentas, centrándose en el flujo y la diferencia de niveles (H) entre depósitos, mientras que despreja efectos elásticos. Sin embargo, si las variaciones en H son rápidas, deben considerarse los efectos inerciales mediante el modelo rígido, a fin de evitar errores en el análisis. Este sistema sencillo esquematiza las variables.



4. Aplicación del modelo rígido en un caso de estudio regional

4.1. Caso de estudio: Descripción del proyecto

Como caso de estudio, para esbozar un procedimiento de diseño/evaluación, se ha seleccionado la chimenea de equilibrio del proyecto de generación hidroeléctrica Ocaña I. La Central Hidroeléctrica Ocaña I es un proyecto localizado en las parroquias San Antonio de Paguancay y Ducur, cantón Cañar, provincia de Cañar, Ecuador. Esta central forma parte de los esfuerzos nacionales por diversificar la matriz energética y reducir la dependencia de combustibles fósiles, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y al desarrollo económico local (ELECAUSTRO S.A.).



Figura 9 Ubicación geográfica del proyecto (ELECAUSTRO S.A.)

El proyecto Ocaña I se enmarca en el aprovechamiento del río Cañar, en la vertiente occidental del Pacífico, cuya ubicación y características hidráulicas lo convierten en un recurso estratégico para la generación hidroeléctrica. Este proyecto, operado por ELECAUSTRO S.A., inició su operación comercial en 2012, marcando un hito en la generación energética del país por su diseño eficiente y su capacidad para integrarse al Sistema Nacional Interconectado (SNI). Como principales características técnicas, en términos de infraestructura básica del proyecto, se indica:

Captación: el sitio de captación se encuentra en el río Cañar, a 150 m aguas debajo de la unión con el río Corazón y a 25 km aguas arriba de la población de Cochancay, al suroeste del país. El sistema de captación está compuesto por un azud de tipo Creager, con una altura de 5 m y una longitud de 35.5 m, diseñado para desviar el agua hacia un túnel de conducción. Además, las obras de captación disponen de escalera de peces, descargas de fondo, dos desarenadores y un reservorio de regulación horaria.

Tanque de presión: funciona como un elemento de regulación que conecta el reservorio con la tubería de baja presión, controlando el flujo hacia la casa de máquinas. Tiene una altura de 12.70 m, una profundidad desde el nivel normal de operación hasta el fondo de 10,70 m y una sección transversal de 122 m² (11 x 11 m).

Tubería de baja presión: ubicada aguas abajo del sistema principal, transporta el agua desde el tanque de presión hacia los elementos finales del sistema hidráulico. Aunque opera a menores presiones, sigue siendo un componente fundamental para la estabilidad del sistema. Tiene una longitud de 146.15 m y un diámetro de 1.9 m.

Túnel de conducción: llamado también galería de presión, posee una longitud de 6385.78 m, construido para transportar el agua desde el punto de captación hacia las instalaciones de generación. Es de tipo baúl y está diseñado para que trabaje a baja presión con una altura de 3.05 m, un ancho de 2.7 m y un radio del arco de 1.35 m.

Chimenea de equilibrio: es una estructura subterránea con orificio restringido, con un diámetro de 1.15 m y 3.8 m, con una altura de 45.27 m. Su función es mitigar las oscilaciones de presión causadas por transitorios hidráulicos.

Tubería de presión: tiene una longitud total de 1083.95 m, y un diámetro que disminuye progresivamente de 1.9 m a 1.6 m. Está diseñada para transportar el flujo hacia la casa de máquinas con una caída neta de 373 m.

Casa de Máquinas: equipada con dos turbinas tipo Pelton, cada una con una capacidad de 13.05 MW, que turbinan 4.1 m³/s cada una, lo que resulta en un caudal total de diseño de 8.2 m³/s. Estas turbinas convierten la energía potencial del agua en energía mecánica.

Línea de Transmisión: la energía generada se evacua hacia las subestaciones de Cañar (a 41 km) y La Troncal (a 21 km) para para integrarse al Sistema Nacional Interconectado (SNI). La transmisión se realiza con una tensión de 69 kV, garantizando una distribución eficiente de la energía producida.

Producción Energética: la central tiene una potencia instalada de 26,1 MW y una generación media anual estimada de 176.811 MWh, suficiente para abastecer las necesidades de los hogares ecuatorianos.(ELECAUSTRO S.A.)

4.2. Método para estudio de oscilación de la columna piezométrica

4.2.1. Chimenea simple como modelo de análisis

Se ha utilizado el modelo rígido para representar con precisión las oscilaciones en masa, centrándose en los aspectos más relevantes, como la interacción entre el nivel de agua en la chimenea y el flujo en la galería. Este enfoque ha descartado los efectos elásticos y de compresibilidad que no tienen un impacto significativo. Además, este modelo ha facilitado la resolución de las ecuaciones del sistema mediante métodos analíticos o numéricos simples, optimizando el proceso de diseño y evaluación de chimeneas de equilibrio en sistemas hidráulicos a presión.

Para establecer el método de cálculo, se ha considerado el modelo rígido como adecuado en el diseño y operación de sistemas hidráulicos a presión (*caso de chimeneas de equilibrio y tuberías forzadas*), y se ha planteado las siguientes simplificaciones fundamentales (Martínez Alzamora et al., 1995):

1. Las paredes rígidas y el fluido incompresible permiten transmitir perturbaciones instantáneamente, con las sobrepresiones absorbidas por la chimenea, separando el análisis del sistema galería-chimenea del de la tubería forzada.
2. La inercia del agua en la chimenea se desprecia frente a la de la galería.
3. Las pérdidas en la galería y puntos singulares se calculan como en régimen permanente (Martínez Alzamora et al., 1995).

Se ha utilizado la chimenea más básica, un pozo vertical conectado al sistema, debido a su economía y eficacia para oscilaciones moderadas, aunque presenta limitaciones en transitorios severos. Para optimizar su desempeño, su diseño se basa en un diámetro mayor comparado con el de la galería, lo que permite minimizar las pérdidas en la conexión y manejar variaciones abruptas de caudal en situaciones críticas, como cierres bruscos o admisiones parciales de carga (Martínez Alzamora et al., 1995). Además, se ha evaluado los riesgos potenciales de desbordamiento o vaciado bajo condiciones operativas adversas, asegurando la funcionalidad del sistema.

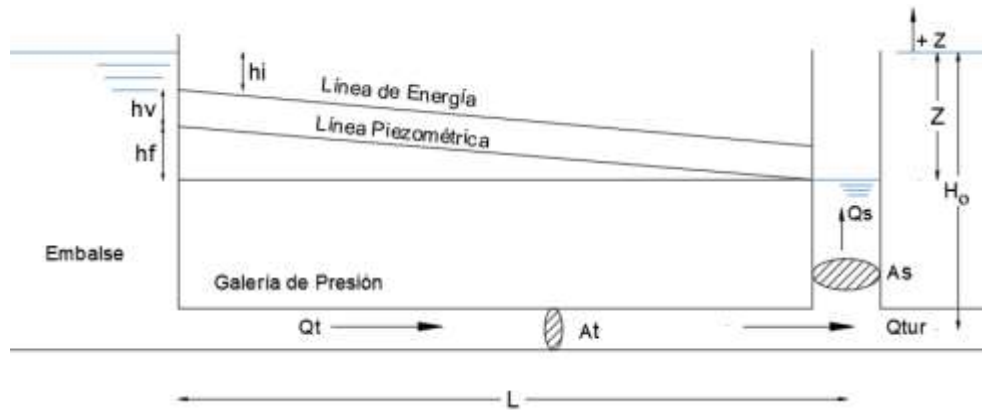


Figura 10 Esquema de oscilaciones para chimeneas simples

4.2.2. Ecuaciones de comportamiento

La ecuación de Euler se ha integrado a lo largo de la galería de presión, en función del caudal, considerando su área, lo que ha permitido obtener la siguiente expresión (Martínez Alzamora et al., 1995):

$$\frac{dQ_t}{dt} = \frac{gA_t}{L}(-z - cQ_t|Q_t|)$$

donde:

- \$z\$: desnivel de la chimenea respecto al embalse (m)
- \$A_t\$: área de la sección transversal de la galería a presión (m²)
- \$Q_t\$: caudal de la galería de presión (m³/s)
- \$t\$: tiempo (s)
- \$g\$: gravedad (m/s²)
- \$c\$: coeficiente de pérdidas por fricción, en la entrada, por la velocidad
- \$L\$: longitud de la galería a presión (m)

Se ha aplicado la ecuación de la continuidad en la intersección entre la galería y la chimenea, se tiene además:

$$Q_t = Q_s + Q_{tur} \quad \rightarrow \quad \frac{dz}{dt} = \frac{1}{A_s}(Q_t - Q_{tur})$$

donde:

- \$Q_t\$: caudal de la galería de presión (m³/s)
- \$Q_s\$: caudal de la chimenea de equilibrio (m³/s)
- \$Q_{tur}\$: caudal de la tubería forzada (m³/s)
- \$z\$: desnivel de la chimenea respecto al embalse (m)
- \$A_s\$: área de la sección transversal de la chimenea (m²)
- \$t\$: tiempo (s)

Para $t = 0$, $z = 0$, se ha obtenido la ecuación de la amplitud y periodo para el caso más desfavorable, despreciando la fricción, donde Q_o es el caudal de régimen antes del cierre.

$$Z_o = Q_o \sqrt{\frac{L}{gA_s A_t}} \quad T_o = 2\pi \sqrt{\frac{LA_s}{gA_t}}$$

En el anexo G, se ha añadido los otros tipos de chimeneas y sus respectivas ecuaciones. Este enfoque ha permitido obtener una representación matemática precisa de las oscilaciones y su dinámica en sistemas de conducción hidráulica a presión.

4.2.3. Procedimiento numérico iterativo para el caso de estudio

Para el presente estudio, se ha considerado el procedimiento numérico-iterativo simplificado para el dimensionamiento de una chimenea de equilibrio mediante el modelo inercial rígido planteado en (Pacheco, 2019). Este enfoque ha permitido abordar las ecuaciones que describen el comportamiento del sistema, como las de continuidad y movimiento, las cuales incluyen términos no lineales debido a las pérdidas por fricción y las variaciones del caudal.

En dicho procedimiento, se ha conceptualizado que los niveles en la chimenea de equilibrio varían con el tiempo y está influenciadas por variables interdependientes de caudal, velocidad del flujo y pérdidas de energía. Para el procedimiento, se ha identificado como parámetro influyente los intervalos de tiempo Δt a seleccionarse. Este aspecto facilita capturar la evolución de las oscilaciones con precisión y realismo, sin embargo, se ha identificado que según su resolución, el procedimiento será más laborioso (Pacheco, 2019).

Para el método empleado, se ha destacado como ventajas del procedimiento simplificado, la flexibilidad para incorporar diferentes condiciones iniciales y de contorno. Entre estas se incluyen: niveles iniciales en la chimenea, caudales de operación inicial y caudales objetivo, así como pérdidas de carga específicas del sistema a estudiarse. Durante cada iteración, el método recalcula las pérdidas por fricción y locales, como las asociadas a la entrada y salida de la galería, aspecto que ha permitido afinar efectos de amortiguamiento en las oscilaciones, así como, aspectos de estabilidad (Pacheco, 2019).

El método numérico-iterativo seleccionado ha permitido, evaluar condiciones desfavorables, como el cierre o apertura brusca de válvulas, escenarios críticos para el diseño y evaluación de sistemas hidráulicos. Esto ha permitido determinar niveles máximos y mínimos en la chimenea dentro límites de seguridad aceptables (Pacheco, 2019). Las suposiciones del método numérico iterativo a emplearse son fundamentales para simplificar el análisis y

garantizar la convergencia de los cálculos. Además, para el método, se tiene presente (Pacheco, 2019):

- El flujo en la chimenea es oscilatorio y controlado por la inercia del agua y las pérdidas de energía en la galería.
- Se consideran pérdidas por fricción en la galería y pérdidas locales en la entrada de la galería.
- El análisis se realiza en intervalos de tiempo suficientemente cortos (menor a 5 s).

Siendo que las ecuaciones del método iterativo constituyen la base matemática que permite aproximar soluciones a problemas complejos, para el estudio, mediante un proceso repetitivo que refina los resultados hasta alcanzar la convergencia deseada, en términos de diferencias finitas, el método empleado ha planteado (Pacheco, 2019):

$$\Delta v = \frac{g}{L} \Delta t (Z - h)$$

donde:

Δv : variación de la velocidad (m/s)

g : gravedad (m/s²)

L : longitud de la galería de presión (m)

Δt : intervalo de tiempo (s)

Z : desnivel entre el embalse y la chimenea de equilibrio (m)

h : pérdida de carga en la galería (m)

Para la variación de masa de la chimenea, en el método se ha planteado además:

$$\Delta Z = \frac{(Q - vF)\Delta t}{F_s}$$

donde:

ΔZ : variación del nivel (m)

Q : caudal (m³/s)

v : velocidad de la galería (m/s)

F : área de la galería (m²)

F_s : área de la chimenea (m²)

Para las pérdidas por fricción y en la entrada de la galería, el procedimiento ha contemplado (Pacheco, 2019):

$$h = h_f + h_e = \left(\frac{vn}{R^{2/3}} \right)^2 L + \frac{v^2}{2g\mu^2}$$

Donde:

- h : pérdida de carga en la galería (m)
- h_f : pérdida por fricción (m)
- h_e : pérdidas en la entrada de la galería (m)
- v : velocidad en la tubería (m/s)
- R : radio hidráulico de la tubería (m)
- n : número de Manning
- L : longitud de la tubería (m)
- g : gravedad (m/s²)
- μ : coeficiente de derrame

Para el coeficiente de derrame se recomienda $\mu = 0.80$, si la entrada tiene forma de embudo redondeado y se tiene una rejilla con barrotes espaciados (Pacheco & Carrillo, 2024).

Adicionalmente, considerando los niveles extremos en el caso de estudio se describe: para el nivel máximo, caso de cierre brusco de una válvula, donde la variación de consumo será ($Q_o = Q_{max} \rightarrow Q = 0$), en el método se ha planteado utilizar una rugosidad mínima, mientras que, para el nivel mínimo, caso de apertura brusca de una válvula, donde la variación de consumo será ($Q_o = 0 \rightarrow Q = Q_{max}$), se ha utilizado una rugosidad máxima (Pacheco, 2019).

El procedimiento numérico-iterativo empleado para el presente trabajo se ha sintetizado en los siguientes pasos:

1. Definir un lapso corto de tiempo para Δt en el rango 1-5 s.
2. Calcular las condiciones iniciales, velocidad de la galería y las pérdidas, por fricción y en la entrada de la galería, v_o y h_o para el Q_o seleccionado, y la cota de equilibrio en el instante cero.
3. Imponer una velocidad inicial v^*_1 para un tiempo $t_1 = \Delta t$.
4. Calcular la variación de nivel ΔZ_1 y $Z_1 = Z_0 \pm \Delta Z_1$, según el caso que se esté estudiando (*apertura o cierre*)
5. Calcular la pérdida de carga h en la galería incluyendo la pérdida en la entrada
6. Calcular la variación de velocidad Δv_1 y $v_1 = v_o \pm \Delta v_1$, según el caso que se esté estudiando (*apertura o cierre*)
7. Iterar las veces necesarias hasta que la diferencia entre la velocidad impuesta y la calculada sea cero, $v^*_1 - v_1 = 0$

8. Calcular la diferencia producida entre la línea de energía de la galería y el nuevo nivel de la chimenea $Z_1 - h_0$.
9. Repetir el proceso para un tiempo $t_{i+1} = t_i + \Delta t$ hasta que la velocidad de la galería llegue a la velocidad del caudal de análisis Q .

4.3. Aplicación al caso de estudio

A continuación, se presenta un esquema del caso de estudio para la aplicación del método, considerando la simplificación del análisis de una chimenea de equilibrio simple.

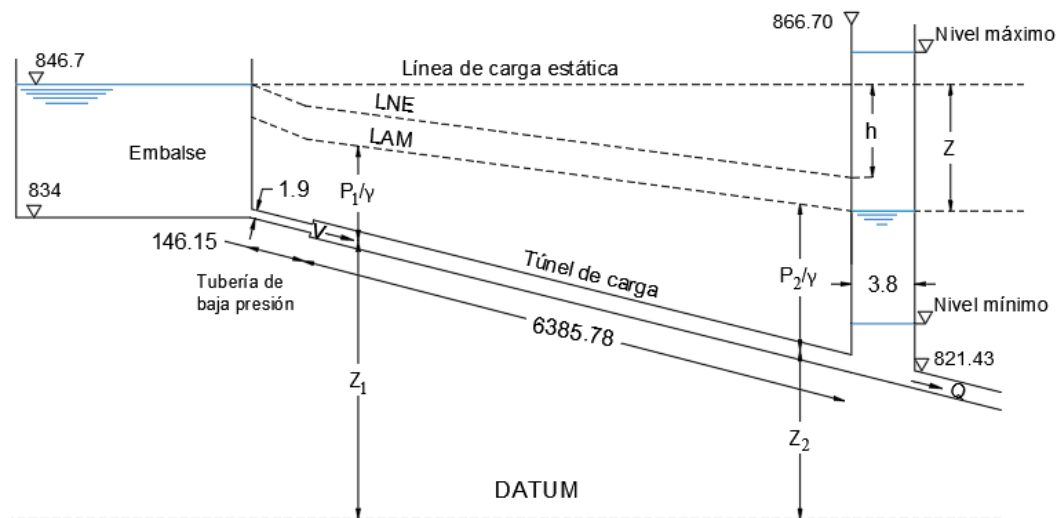


Figura 11 Esquema representativo proyecto Ocaña 1

Para el análisis del caudal distribuido en el sistema, se ha utilizado registros horarios proporcionados por ELECAUSTRO S.A., que abarcan desde las 05:00 del 1 de enero de 2023 hasta las 15:00 del 23 de diciembre de 2024. Para evaluar el caso más desfavorable, se ha empleado el caudal máximo registrado en el sistema. A partir de estos datos, se ha calculado el promedio de los valores máximos, el cual ha sido considerado como el caudal de referencia para el estudio.

$$Q_{max_{prom}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{max_i} = 5.307$$

Para la aplicación, se ha analizado el caso de un cierre brusco de una válvula ($Q_{max} \rightarrow Q = 0$) y apertura brusca de una válvula ($Q = 0 \rightarrow Q_{max}$) para determinar las variaciones de niveles como también los máximos y mínimos alcanzados por el agua en la chimenea de equilibrio, se ha usado $\Delta t = 1$ y $\Delta t = 5$ con fines comparativos. Adicionalmente, se cuenta con la siguiente información relevante:

Tabla 2 Datos iniciales del caso de estudio

Cota embalse lleno (msnm)	846.70
---------------------------	--------

Diámetro tubería baja presión (m) Dtb	1.9
Longitud tubería baja presión (m) Ltb	146.15
Ancho galería (m) B	2.7
Altura galería (m) H	3.05
Radio galería (m) R	1.35
Longitud galería (m) L	6385.78
Cota fondo de chimenea (msnm)	821.43
Diámetro chimenea de equilibrio (m) Dc	3.8
Caudal máximo (m ³ /s)	5.307

Se ha calculado las áreas de la tubería de baja presión, galería o túnel de carga y chimenea, de igual manera el perímetro mojado de la galería y tubería de baja presión, obteniéndose:

Área de la tubería de baja presión:

$$F_{tb} = \pi \times \frac{D^2}{4} = \pi \times \frac{1.9^2}{4} = 2.835 \text{ m}^2$$

Área de la galería:

$$F = B \times (H - R) + \pi \times \frac{R^2}{2} = 2.7 \times (3.05 - 1.35) + \pi \times \frac{1.35^2}{2} = 7.453 \text{ m}^2$$

Área de la chimenea de equilibrio:

$$F_s = \pi \times \frac{D^2}{4} = \pi \times \frac{3.8^2}{4} = 11.341 \text{ m}^2$$

Perímetro mojado de la tubería de baja presión:

$$Pm_{tb} = \pi \sqrt{\frac{F_{tb} \times 4}{\pi}} = \pi \sqrt{\frac{2.835 \times 4}{\pi}} = 5.969 \text{ m}$$

Perímetro mojado de la galería:

$$Pm_g = B + 2 \times (H - R) + \pi \times R = 2.7 + 2 \times (3.05 - 1.35) + \pi \times 1.35 = 10.341 \text{ m}$$

Se ha calculado la amplitud y periodo para el caso más desfavorable, despreciando la fricción, obteniéndose:

Amplitud:

$$Z_o = Q_o \sqrt{\frac{L}{gF_s F}} = 5.307 \sqrt{\frac{6385.78}{9.8 \times 11.341 \times 7.453}} = 14.735 \text{ m}$$

Periodo:

$$T_o = 2\pi \sqrt{\frac{LF_s}{gF}} = 2\pi \sqrt{\frac{6385.78 \times 11.341}{9.8 \times 7.453}} = 197.853 \text{ s}$$

4.3.1. Estudio para cierre brusco de una válvula ($Q_o = Q_{max} \rightarrow Q = 0$):

Se ha calculado las condiciones iniciales, velocidad de la galería, velocidad de la tubería de baja presión y las pérdidas, por fricción y en la entrada de la galería, v_o y h_o , y la cota de equilibrio en el instante cero para Q_{max} adoptándose $\mu = 0.8$ y $n = 0.011$ para analizar el caso más desfavorable.

Velocidad de la galería:

$$v = \frac{Q_{max}}{F} = \frac{5.307}{7.453} = 0.712 \text{ m/s}$$

Velocidad de la tubería de baja presión:

$$v_{tb} = \frac{Q_{max}}{F_{tb}} = \frac{5.307}{2.835} = 1.872 \text{ m/s}$$

Pérdidas por fricción de la tubería de baja presión:

$$h_{ftb} = \left(\frac{v_{tb} n}{\frac{F_{tb}}{Pm_{tb}}^{2/3}} \right)^2 \times L_{tb} = \left(\frac{1.872 \times 0.011}{\frac{2.835^{2/3}}{5.969}} \right)^2 \times 146.15$$

Pérdidas por fricción de la galería:

$$h_{fg} = \left(\frac{vn}{\frac{F}{Pm_g}^{2/3}} \right)^2 \times L = \left(\frac{0.712 \times 0.011}{\frac{7.453^{2/3}}{10.341}} \right)^2 \times 6385.78$$

Pérdidas en la entrada:

$$h_e = \frac{v_{tb}^2}{2g\mu^2} = \frac{1.872^2}{2 \times 9.8 \times 0.8^2}$$

Pérdidas totales:

$$h_o = h_{ftb} + h_{fg} + h_e = 0.998 \text{ m}$$

Definiendo $\Delta t = 5 \text{ s}$ y a partir de un t_1 se impone un v^* con el cual se calcula $v^*F\Delta t$ y $Q\Delta t$, para calcular ΔZF_s con la ecuación:

$$\Delta ZF_s = Q\Delta t - vF\Delta t$$

Luego se ha calculado ΔZ , el cual se debe tener en cuenta el signo con el cual trabajar:

$$\Delta Z = \frac{\Delta ZF_s}{F_s} = \frac{Q\Delta t - vF\Delta t}{F_s}$$

Se ha calculado:

$$Z_1 = Z_0 - \Delta Z_1$$

De la misma manera ya descrita, variando las velocidades, para la velocidad de la tubería de baja presión se ha aplicado la ecuación de conservación de masa para calcular la velocidad correspondiente al tiempo con:

$$v_{tb} = \frac{Fv_1}{F_{tb}}$$

Se ha calculado las pérdidas de carga:

$$h_1 = h_{ftb} + h_{fg} + h_e$$

Se ha calculado Δv , el cual se debe tener en cuenta el signo con el cual trabajar:

$$\Delta v = \frac{g}{L} \Delta t (Z_1 - h_1)$$

Se ha calculado:

$$v_1 = v_0 + \Delta v_1$$

Se ha iterado las veces necesarias hasta que la diferencia entre la velocidad impuesta y la calculada sea cero, $v^*_1 - v_1 = 0$. Se ha calculado $Z_1 - h_1$, diferencia producida entre la línea de energía de la galería y el nuevo nivel de la chimenea. Se ha iterado para un tiempo $t_{i+1} = t_i + \Delta t$ hasta que la velocidad de la galería llegue a cero, la velocidad del caudal de análisis $Q = 0$.

En este punto se ha encontrado el nivel máximo que alcanza la chimenea de equilibrio. Se ha repetido el proceso para cuando el nivel baja, cambiando únicamente los signos de $\Delta Z, \Delta v$ teniendo:

$$Z_1 = Z_0 + \Delta Z_1 \quad y \quad v_1 = v_0 - \Delta v_1$$

Se ha iterado el proceso para un tiempo $t_{i+1} = t_i + \Delta t$ hasta que la velocidad de la galería se aproxime a la velocidad del caudal $Q_{max} = 5.307$, sin llegar a ser la misma ni mayor dado que la energía se disipa por acción de la fricción y va perdiendo velocidad.

Se ha repetido el proceso nuevamente con las ecuaciones para cuando el nivel de la chimenea asciende hasta que la velocidad de la galería llegue a cero, la velocidad del caudal de análisis $Q = 0$.

Se ha repetido nuevamente con las ecuaciones para cuando el nivel de la chimenea baja hasta que la velocidad de la galería se aproxime a la velocidad del último pico bajo sin llegar a ser la misma ni mayor.

De manera recursiva se ha repetido el proceso, tomando en cuenta que la velocidad va a disminuir hasta cero con el paso del tiempo, hasta que llega al nuevo nivel de equilibrio.

Se ha obtenido la siguiente tabla, (tabla completa en el anexo H), donde las filas resaltadas representan los picos altos y bajos de la oscilación. Además, el siguiente gráfico representa las oscilaciones del nivel en la chimenea de equilibrio a lo largo del tiempo, alcanzando un nivel máximo de 859.168 msnm.

Tabla 3 Fracción de oscilaciones de nivel en chimenea simple por cierre brusco con $\Delta t=5$ s

t	v*	vFΔt	QΔt	ΔZ Fs	ΔZ	Z	v tb	h	Δv	v	Z-h	Cota en chimenea	v*-v
0	0.712	26.535	0.00			0.998		0.9976		0.7121		845.702	0.000
5	0.6950	25.900	0.00	25.900	2.284	-1.286	1.827	0.9504	-0.0172	0.6949	-2.2365	847.986	0.000
10	0.6619	24.664	0.00	24.664	2.175	-3.461	1.740	0.8619	-0.0332	0.6617	-4.3227	850.161	0.000
15	0.6141	22.886	0.00	22.886	2.018	-5.479	1.614	0.7421	-0.0477	0.6140	-6.2208	852.179	0.000
20	0.5535	20.627	0.00	20.627	1.819	-7.298	1.455	0.6028	-0.0606	0.5534	-7.9004	853.998	0.000
25	0.4819	17.957	0.00	17.957	1.583	-8.881	1.267	0.4569	-0.0717	0.4817	-9.3378	855.581	0.000
30	0.4012	14.951	0.00	14.951	1.318	-10.199	1.055	0.3167	-0.0807	0.4010	-10.5160	856.899	0.000
35	0.3136	11.685	0.00	11.685	1.030	-11.230	0.824	0.1935	-0.0877	0.3134	-11.4230	857.930	0.000
40	0.2210	8.234	0.00	8.234	0.726	-11.956	0.581	0.0960	-0.0925	0.2209	-12.0516	858.656	0.000
45	0.1258	4.689	0.00	4.689	0.413	-12.369	0.331	0.0312	-0.0952	0.1258	-12.4002	859.069	0.000
50	0.0301	1.122	0.00	1.122	0.099	-12.468	0.079	0.0018	-0.0957	0.0301	-12.4697	859.168	0.000
55	0.1229	4.578		-4.578	-0.404	-12.064	0.323	0.0297	-0.0928	0.1229	-12.0940	858.764	0.000
60	0.2106	7.849		-7.849	-0.692	-11.372	0.554	0.0873	-0.0879	0.2108	-11.4595	858.072	0.000
65	0.2918	10.875		-10.875	-0.959	-10.413	0.767	0.1676	-0.0812	0.2920	-10.5809	857.113	0.000

70	0.3647	13.590		-13.590	-1.198	-9.215	0.959	0.2617	-0.0727	0.3647	-9.4767	855.915	0.000
75	0.4273	15.924		-15.924	-1.404	-7.811	1.123	0.3593	-0.0627	0.4274	-8.1702	854.511	0.000
80	0.4787	17.839		-17.839	-1.573	-6.238	1.258	0.4509	-0.0513	0.4787	-6.6889	852.938	0.000
85	0.5175	19.285		-19.285	-1.700	-4.538	1.360	0.5269	-0.0389	0.5176	-5.0645	851.238	0.000
90	0.5432	20.240		-20.240	-1.785	-2.753	1.428	0.5804	-0.0256	0.5432	-3.3333	849.453	0.000
95	0.5549	20.679		-20.679	-1.823	-0.930	1.459	0.6058	-0.0118	0.5550	-1.5354	847.630	0.000

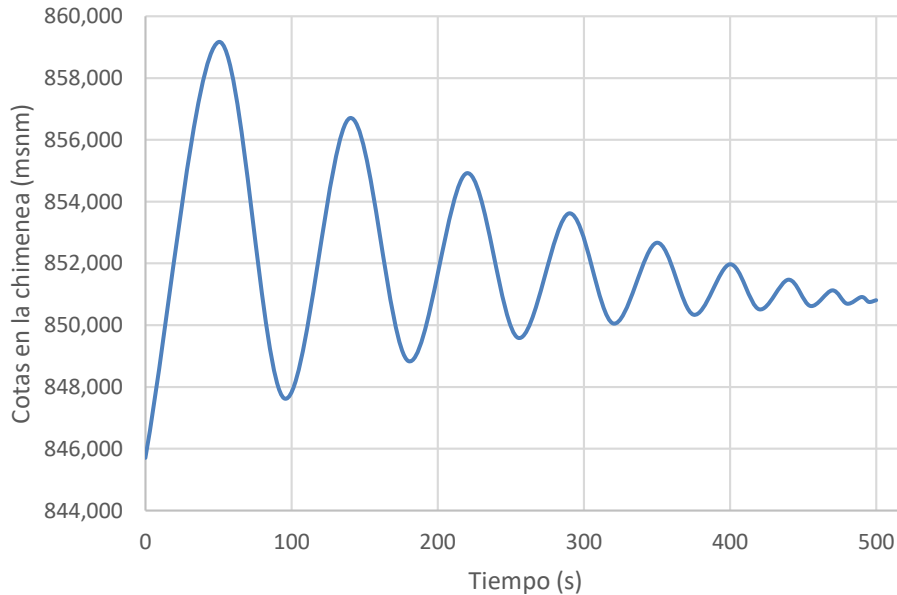


Figura 12 Oscilaciones en chimenea de equilibrio simple en un cierre de válvula con $\Delta t = 5$ s

De igual manera se ha repetido el proceso con un $\Delta t = 1$ s obteniéndose la tabla siguiente, (tabla completa en anexo I) y el siguiente gráfico, alcanzando un nivel máximo de 860.431 msnm.

Tabla 4 Fracción de oscilaciones de nivel en chimenea simple por cierre brusco con $\Delta t=1$ s

t	v*	vFΔt	QΔt	ΔZ Fs	ΔZ	Z	v tb	h	Δv	v	Z-h	Cota en chimenea	v*-v
1	0.712	5.307	0.00			0.998		0.9976		0.7121		845.702	0.000
2	0.7114	5.302	0.00	5.302	0.467	0.530	1.870	0.9956	-0.0007	0.7114	-0.4655	846.170	0.000
3	0.7100	5.291	0.00	5.291	0.467	0.064	1.866	0.9917	-0.0014	0.7099	-0.9281	846.636	0.000
4	0.7078	5.275	0.00	5.275	0.465	-0.402	1.861	0.9857	-0.0021	0.7078	-1.3873	847.102	0.000
5	0.7050	5.254	0.00	5.254	0.463	-0.865	1.853	0.9779	-0.0028	0.7050	-1.8428	847.565	0.000
6	0.7015	5.228	0.00	5.228	0.461	-1.326	1.844	0.9681	-0.0035	0.7015	-2.2940	848.026	0.000
7	0.6973	5.197	0.00	5.197	0.458	-1.784	1.833	0.9565	-0.0042	0.6973	-2.7406	848.484	0.000
8	0.6924	5.160	0.00	5.160	0.455	-2.239	1.820	0.9432	-0.0049	0.6924	-3.1823	848.939	0.000
9	0.6868	5.119	0.00	5.119	0.451	-2.690	1.805	0.9281	-0.0056	0.6868	-3.6186	849.390	0.000
10	0.6806	5.073	0.00	5.073	0.447	-3.138	1.789	0.9114	-0.0062	0.6806	-4.0491	849.838	0.000
11	0.6738	5.021	0.00	5.021	0.443	-3.580	1.771	0.8931	-0.0069	0.6737	-4.4736	850.280	0.000
12	0.6663	4.965	0.00	4.965	0.438	-4.018	1.751	0.8733	-0.0075	0.6662	-4.8916	850.718	0.000
13	0.6581	4.905	0.00	4.905	0.432	-4.451	1.730	0.8521	-0.0081	0.6581	-5.3029	851.151	0.000

14	0.6494	4.840	0.00	4.840	0.427	-4.878	1.707	0.8296	-0.0088	0.6493	-5.7071	851.578	0.000
15	0.6400	4.770	0.00	4.770	0.421	-5.298	1.682	0.8058	-0.0094	0.6400	-6.1039	851.998	0.000
16	0.6300	4.695	0.00	4.695	0.414	-5.712	1.656	0.7809	-0.0100	0.6300	-6.4930	852.412	0.000
17	0.6195	4.617	0.00	4.617	0.407	-6.119	1.628	0.7550	-0.0105	0.6195	-6.8742	852.819	0.000
18	0.6084	4.534	0.00	4.534	0.400	-6.519	1.599	0.7281	-0.0111	0.6083	-7.2471	853.219	0.000
19	0.5967	4.447	0.00	4.447	0.392	-6.911	1.568	0.7004	-0.0117	0.5967	-7.6115	853.611	0.000
20	0.5845	4.356	0.00	4.356	0.384	-7.295	1.536	0.6720	-0.0122	0.5844	-7.9672	853.995	0.000
21	0.5717	4.261	0.00	4.261	0.376	-7.671	1.503	0.6430	-0.0128	0.5717	-8.3138	854.371	0.000
22	0.5584	4.162	0.00	4.162	0.367	-8.038	1.468	0.6135	-0.0133	0.5584	-8.6513	854.738	0.000
23	0.5446	4.059	0.00	4.059	0.358	-8.396	1.432	0.5836	-0.0138	0.5446	-8.9793	855.096	0.000
24	0.5304	3.953	0.00	3.953	0.349	-8.744	1.394	0.5534	-0.0143	0.5303	-9.2976	855.444	0.000
25	0.5156	3.843	0.00	3.843	0.339	-9.083	1.355	0.5231	-0.0147	0.5156	-9.6062	855.783	0.000
26	0.5004	3.730	0.00	3.730	0.329	-9.412	1.315	0.4927	-0.0152	0.5004	-9.9046	856.112	0.000
27	0.4848	3.613	0.00	3.613	0.319	-9.731	1.274	0.4624	-0.0156	0.4848	-10.1929	856.431	0.000
28	0.4687	3.493	0.00	3.493	0.308	-10.039	1.232	0.4322	-0.0161	0.4687	-10.4708	856.739	0.000
29	0.4522	3.370	0.00	3.370	0.297	-10.336	1.189	0.4024	-0.0165	0.4522	-10.7381	857.036	0.000
30	0.4354	3.245	0.00	3.245	0.286	-10.622	1.144	0.3729	-0.0169	0.4353	-10.9947	857.322	0.000

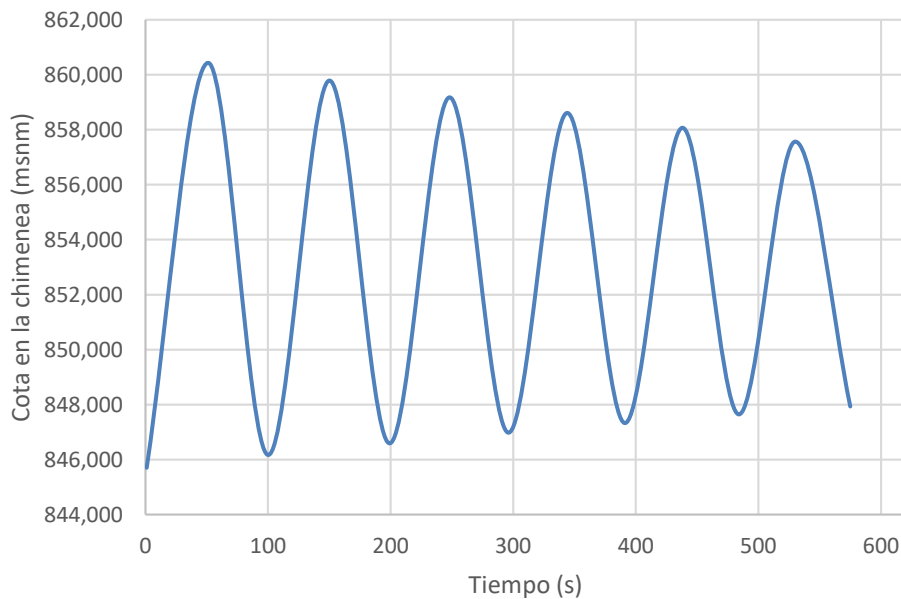


Figura 13 Oscilaciones en chimenea de equilibrio simple en un cierre de válvula con $\Delta t = 1$ s

4.3.2. Estudio para abertura brusca de una válvula ($Q_o = 0 \rightarrow Q = Q_{max}$):

Se ha adoptado $n = 0.015$ y se ha obtenido las condiciones iniciales para $Q_o = 0$

Velocidad de la galería:

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{0}{7.453} = 0 \text{ m/s}$$

Velocidad de la tubería de baja presión:

$$v_{tb} = \frac{Q}{F_{tb}} = \frac{0}{2.835} = 0 \text{ m/s}$$

Pérdidas por fricción de la tubería de baja presión:

$$h_{ftb} = \left(\frac{v_{tb} n}{\frac{F_{tb}}{Pm_{tb}}^{2/3}} \right)^2 \times L_{tb} = \left(\frac{0 * 0.015}{\frac{2.835^{\frac{2}{3}}}{5.969}} \right)^2 \times 146.15$$

Pérdidas por fricción de la galería:

$$h_{fg} = \left(\frac{vn}{\frac{F}{Pm_g}^{2/3}} \right)^2 \times L = \left(\frac{0 * 0.015}{\frac{7.453^{\frac{2}{3}}}{10.341}} \right)^2 \times 6385.78$$

Pérdidas en la entrada:

$$h_e = \frac{v_{tb}^2}{2g\mu^2} = \frac{0^2}{2 \times 9.8 \times 0.8^2}$$

Pérdidas totales:

$$h_o = h_{ftb} + h_{fg} + h_e = 0 \text{ m}$$

Se ha repetido el proceso con $\Delta t = 5 \text{ s}$ con la variación de los signos en ΔZ y Δv :

$$Z_1 = Z_0 + \Delta Z_1$$

$$v_1 = v_0 + \Delta v_1$$

En este punto se encuentra el nivel mínimo que alcanza la chimenea de equilibrio. Ahora se repite el proceso para cuando el nivel sube, cambiando únicamente los signos de $\Delta Z, \Delta v$ teniendo:

$$Z_1 = Z_0 - \Delta Z_1 \quad y \quad v_1 = v_0 - \Delta v_1$$

De manera recursiva se repite el proceso. Se ha obtenido la siguiente tabla (tabla completa en anexo J). Además, el siguiente gráfico representa las oscilaciones del nivel, alcanzando un nivel mínimo de 833.410 msnm.

Tabla 5 Fracción de oscilaciones de nivel en chimenea simple por apertura brusca con $\Delta t=5$ s

t	v*	vFΔt	QΔt	ΔZ Fs	ΔZ	Z	v tb	h	Δv	v	Z-h	Cota en chimenea	v*-v
0	0	0		0.000	0.000		0.000	0.0000	0	0	0	846.700	0.00
5	0.0175	0.652	26.53	25.882	2.282	2.282	0.046	0.0010	0.0175	0.0175	2.281	844.418	0.00
10	0.0516	1.923	26.53	24.612	2.170	4.452	0.136	0.0090	0.0341	0.0516	4.443	842.248	0.00
15	0.1009	3.761	26.53	22.774	2.008	6.460	0.265	0.0345	0.0493	0.1009	6.426	840.240	0.00
20	0.1637	6.099	26.53	20.436	1.802	8.262	0.430	0.0907	0.0627	0.1636	8.172	838.438	0.00
25	0.2377	8.856	26.53	17.679	1.559	9.821	0.625	0.1913	0.0739	0.2375	9.630	836.879	0.00
30	0.3204	11.938	26.53	14.596	1.287	11.108	0.842	0.3477	0.0826	0.3201	10.760	835.592	0.00
35	0.4092	15.250	26.53	11.285	0.995	12.103	1.076	0.5673	0.0885	0.4086	11.536	834.597	0.00
40	0.5003	18.643	26.53	7.892	0.696	12.799	1.315	0.8479	0.0917	0.5003	11.951	833.901	0.00
45	0.5924	22.075	26.53	4.459	0.393	13.192	1.557	1.1888	0.0921	0.5924	12.003	833.508	0.00
50	0.6823	25.425	26.53	1.110	0.098	13.290	1.793	1.5770	0.0899	0.6823	11.713	833.410	0.00
55	0.5920	22.062	26.53	-4.473	-0.394	12.896	1.556	1.1874	0.0898	0.5924	11.708	833.804	0.00
60	0.5049	18.814	26.53	-7.721	-0.681	12.215	1.327	0.8635	0.0871	0.5053	11.351	834.485	0.00
65	0.4228	15.757	26.53	-10.778	-0.950	11.265	1.111	0.6057	0.0818	0.4235	10.659	835.435	0.00
70	0.3494	13.021	26.53	-13.513	-1.192	10.073	0.919	0.4136	0.0741	0.3494	9.659	836.627	0.00
75	0.2851	10.622	26.53	-15.913	-1.403	8.670	0.749	0.2752	0.0644	0.2850	8.395	838.030	0.00
80	0.2314	8.624	26.53	-17.911	-1.579	7.091	0.608	0.1814	0.0530	0.2320	6.909	839.609	0.00
85	0.1917	7.142	26.53	-19.393	-1.710	5.381	0.504	0.1244	0.0403	0.1917	5.256	841.319	0.00
90	0.1649	6.144	26.53	-20.391	-1.798	3.583	0.433	0.0921	0.0268	0.1649	3.491	843.117	0.00
95	0.1521	5.668	26.53	-20.867	-1.840	1.743	0.400	0.0784	0.0128	0.1521	1.665	844.957	0.00

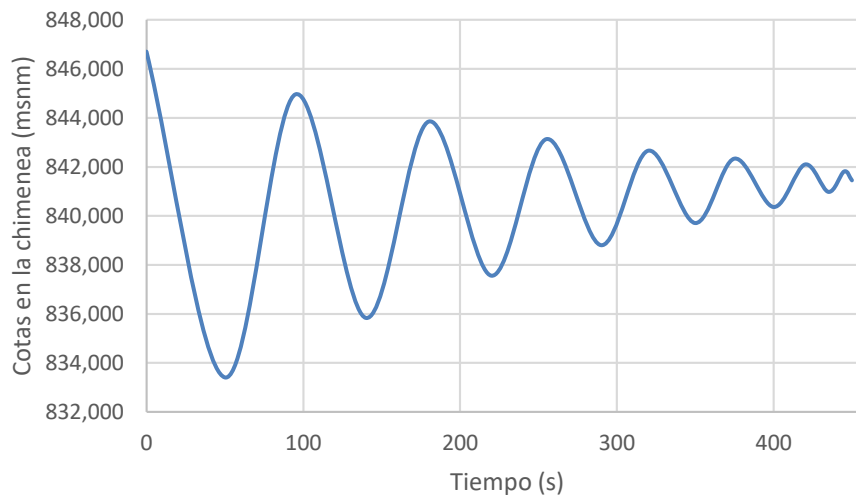


Figura 14 Oscilaciones en chimenea de equilibrio simple en una apertura de válvula con $\Delta t = 5$ s

De igual manera se ha repetido todo el proceso con un $\Delta t = 1$ s. Obteniendo la siguiente tabla, (tabla completa en anexo K) y el siguiente gráfico, alcanzando un nivel mínimo de 832.114msnm.

Tabla 6 Fracción de oscilaciones de nivel en chimenea simple por apertura brusca con $\Delta t=1$ s

t	v*	vFA _t	QΔt	ΔZ F _s	ΔZ	Z	v _{tb}	h	Δv	v	Z-h	Cota en chimenea	v*-v
0	0	0		0.000	0.000		0.000	0.0000	0	0	0	846.700	
1	0.0009	0.007	5.31	5.300	0.467	0.467	0.002	0.0000	0.0007	0.0007	0.467	846.233	0.00
2	0.0022	0.017	5.31	5.290	0.466	0.934	0.006	0.0000	0.0014	0.0022	0.934	845.766	0.00
3	0.0048	0.035	5.31	5.272	0.465	1.399	0.012	0.0001	0.0021	0.0043	1.399	845.301	0.00
4	0.0069	0.051	5.31	5.256	0.463	1.862	0.018	0.0002	0.0029	0.0072	1.862	844.838	0.00
5	0.0102	0.076	5.31	5.231	0.461	2.323	0.027	0.0004	0.0036	0.0107	2.323	844.377	0.00
6	0.0147	0.110	5.31	5.197	0.458	2.782	0.039	0.0007	0.0043	0.0150	2.781	843.918	0.00
7	0.0200	0.149	5.31	5.158	0.455	3.236	0.052	0.0013	0.0050	0.0200	3.235	843.464	0.00
8	0.0256	0.191	5.31	5.116	0.451	3.687	0.067	0.0022	0.0057	0.0256	3.685	843.013	0.00
9	0.0319	0.238	5.31	5.069	0.447	4.134	0.084	0.0035	0.0063	0.0319	4.131	842.566	0.00
10	0.0390	0.290	5.31	5.017	0.442	4.577	0.102	0.0051	0.0070	0.0390	4.572	842.123	0.00
11	0.0466	0.348	5.31	4.959	0.437	5.014	0.123	0.0074	0.0077	0.0466	5.007	841.686	0.00
12	0.0550	0.410	5.31	4.897	0.432	5.446	0.145	0.0102	0.0083	0.0550	5.436	841.254	0.00
13	0.0640	0.477	5.31	4.830	0.426	5.872	0.168	0.0139	0.0090	0.0640	5.858	840.828	0.00
14	0.0736	0.549	5.31	4.758	0.420	6.291	0.193	0.0184	0.0096	0.0736	6.273	840.409	0.00
15	0.0839	0.625	5.31	4.682	0.413	6.704	0.220	0.0238	0.0103	0.0839	6.680	839.996	0.00
16	0.0947	0.706	5.31	4.601	0.406	7.110	0.249	0.0304	0.0109	0.0947	7.079	839.590	0.00
17	0.1062	0.791	5.31	4.516	0.398	7.508	0.279	0.0382	0.0115	0.1062	7.470	839.192	0.00
18	0.1182	0.881	5.31	4.426	0.390	7.898	0.311	0.0474	0.0120	0.1182	7.851	838.802	0.00
19	0.1309	0.975	5.31	4.332	0.382	8.280	0.344	0.0580	0.0126	0.1309	8.222	838.420	0.00
20	0.1440	1.073	5.31	4.234	0.373	8.653	0.379	0.0703	0.0132	0.1440	8.583	838.047	0.00
21	0.1577	1.176	5.31	4.131	0.364	9.018	0.415	0.0843	0.0137	0.1577	8.933	837.682	0.00
22	0.1720	1.282	5.31	4.025	0.355	9.373	0.452	0.1002	0.0142	0.1720	9.272	837.327	0.00
23	0.1867	1.392	5.31	3.915	0.345	9.718	0.491	0.1181	0.0147	0.1867	9.600	836.982	0.00
24	0.2019	1.505	5.31	3.802	0.335	10.053	0.531	0.1382	0.0152	0.2019	9.915	836.647	0.00
25	0.2176	1.622	5.31	3.685	0.325	10.378	0.572	0.1605	0.0157	0.2176	10.218	836.322	0.00
26	0.2338	1.742	5.31	3.565	0.314	10.692	0.615	0.1851	0.0161	0.2337	10.507	836.008	0.00
27	0.2503	1.865	5.31	3.442	0.303	10.996	0.658	0.2122	0.0165	0.2503	10.784	835.704	0.00
28	0.2672	1.992	5.31	3.315	0.292	11.288	0.702	0.2419	0.0170	0.2672	11.046	835.412	0.00
29	0.2846	2.121	5.31	3.186	0.281	11.569	0.748	0.2743	0.0173	0.2846	11.295	835.131	0.00
30	0.3023	2.253	5.31	3.054	0.269	11.838	0.795	0.3095	0.0177	0.3022	11.529	834.862	0.00
31	0.3203	2.387	5.31	2.920	0.257	12.096	0.842	0.3476	0.0180	0.3203	11.748	834.604	0.00
32	0.3387	2.524	5.31	2.783	0.245	12.341	0.890	0.3886	0.0183	0.3386	11.953	834.359	0.00
33	0.3573	2.663	5.31	2.644	0.233	12.574	0.939	0.4326	0.0186	0.3573	12.142	834.126	0.00
34	0.3763	2.804	5.31	2.503	0.221	12.795	0.989	0.4796	0.0189	0.3762	12.315	833.905	0.00
35	0.3954	2.947	5.31	2.360	0.208	13.003	1.039	0.5297	0.0191	0.3953	12.473	833.697	0.00
36	0.4148	3.092	5.31	2.215	0.195	13.198	1.090	0.5829	0.0194	0.4147	12.615	833.502	0.00
37	0.4344	3.238	5.31	2.069	0.182	13.381	1.142	0.6393	0.0196	0.4342	12.742	833.319	0.00
38	0.4542	3.385	5.31	1.922	0.169	13.550	1.194	0.6987	0.0197	0.4539	12.852	833.150	0.00

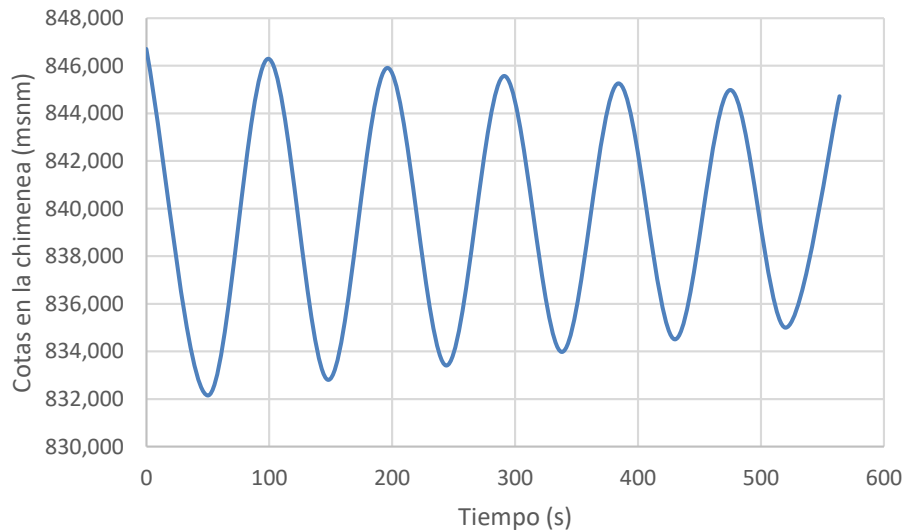


Figura 15 Oscilaciones en chimenea de equilibrio simple en una apertura de válvula con $\Delta t = 1$ s

5. Discusión y conclusiones

El diseño de chimeneas de equilibrio y columnas piezométricas en proyectos hidroeléctricos combina fundamentos teóricos y prácticos esenciales. Integrando principios de dinámica de fluidos y ecuaciones diferenciales que describen transitorios hidráulicos, con consideraciones prácticas relacionadas con la topografía, las propiedades geológicas, los materiales disponibles y las características hidráulicas del sistema, como caudales y presiones máximas. Estos factores destacan la necesidad de adaptar las estructuras a las condiciones específicas de cada proyecto, asegurando su funcionalidad, estabilidad operativa a largo plazo.

En la práctica constructiva, los estudios geotécnicos detallados y las técnicas avanzadas de construcción son clave para garantizar la estabilidad y durabilidad estructural de las infraestructuras. Herramientas como revestimientos especializados, estrategias para mitigar el golpe de ariete y simulaciones computacionales en tiempo real permiten optimizar el desempeño hidráulico y reducir riesgos operativos. Este enfoque integral, que combina teoría y práctica, asegura soluciones técnicas eficientes y seguras en proyectos hidroeléctricos, maximizando la funcionalidad de las infraestructuras.

La experiencia profesional recopilada resalta la importancia de combinar modelos teóricos con observaciones prácticas para desarrollar diseños precisos y adaptables. Esta integración, vinculada al análisis de metodologías técnicas, permite reducir incertidumbres, abordar variables dinámicas y proponer metodologías alineadas con los objetivos específicos de cada diseño hidráulico. Las mejores prácticas identificadas incluyen el uso de simulaciones

computacionales para validar diseños y optimizar recursos, garantizando así la seguridad y sostenibilidad de las infraestructuras.

En Ecuador, las chimeneas de equilibrio diseñadas para proyectos hidroeléctricos como Minas-San Francisco, Sopladora, Alluriquín, etc., representan soluciones técnicas clave para manejar transitorios hidráulicos en sistemas de conducción. Estas estructuras se han diseñado considerando características topográficas y geológicas específicas, aplicando metodologías modernas que aseguran estabilidad y funcionalidad. Además, su análisis resalta la importancia de adaptar los diseños a condiciones cambiantes, respondiendo a las crecientes demandas energéticas del país y fortaleciendo la eficiencia de las infraestructuras hidráulicas.

El análisis de modelos para chimeneas de equilibrio demuestra la importancia de seleccionar enfoques que se ajusten a las dinámicas específicas del fenómeno hidráulico. El modelo cuasi-estático está diseñado para analizar sistemas donde las variaciones de flujo son muy lentas y las condiciones de contorno cambian de manera gradual, no es adecuado para describir las oscilaciones en una chimenea de equilibrio. Este modelo descarta los efectos inerciales, lo que limita su capacidad para capturar las aceleraciones y desaceleraciones del fluido, elementos esenciales en las oscilaciones de masa. Además, no puede representar las fluctuaciones dinámicas de presión y velocidad que son intrínsecas al fenómeno.

Por otro lado, el modelo rígido es ampliamente utilizado y recomendado para el análisis de las oscilaciones en el nivel de agua en una chimenea de equilibrio, debido a su capacidad para representar adecuadamente las dinámicas principales que gobiernan este fenómeno. Las oscilaciones en una chimenea de equilibrio son un tipo de transitorio hidráulico caracterizado por los efectos inerciales del fluido y las pérdidas por fricción en la galería y la conexión con la chimenea. Estas oscilaciones se producen debido a la interacción entre el flujo en la galería de presión y el volumen adicional proporcionado por la chimenea, lo que genera movimientos oscilatorios en el nivel del agua. El modelo rígido simplifica el análisis al asumir que el fluido es incompresible y que las paredes de las conducciones son indeformables, lo que es válido en este contexto, ya que los efectos elásticos y de compresibilidad son despreciables en las oscilaciones de masa.

En contraste, el modelo elástico incluye los efectos de compresibilidad del fluido y elasticidad de las paredes, lo que lo hace ideal para analizar transitorios rápidos como el golpe de ariete. Sin embargo, en el caso de las oscilaciones de una chimenea de equilibrio, estos efectos son mínimos y no influyen significativamente en el comportamiento del sistema. El uso del modelo elástico en este contexto introduce una complejidad innecesaria, al requerir herramientas

numéricas avanzadas y considerar aspectos que no son dominantes en este fenómeno específico.

El análisis comparativo, destacó la eficiencia del modelo rígido en términos de simplicidad y precisión, ya que captura con precisión los efectos inerciales y las dinámicas principales. Aunque las simplificaciones inherentes al modelo pueden limitar su aplicabilidad en escenarios más complejos. En contraste, el modelo cuasi-estático es ineficaz por descartar estos efectos, y el modelo elástico, aunque ideal para transitorios rápidos, introduce una complejidad innecesaria al considerar aspectos poco relevantes en este contexto. La elección del modelo debe alinearse con la naturaleza del fenómeno analizado.

Los métodos iterativos, como el desarrollado en esta investigación, han demostrado ser herramientas clave para calcular dimensiones críticas, como altura y diámetros de chimeneas de equilibrio. Este análisis sistemático permitió controlar los transitorios hidráulicos y asegura diseños funcionales. La integración de herramientas computacionales avanzadas, como simulaciones hidráulicas, complementa estos modelos al validar y optimizar los diseños propuestos, facilitando la identificación de posibles fallos y permitiendo la adaptación de las infraestructuras a diferentes condiciones operativas.

La metodología desarrollada en esta investigación ofrece un marco sólido para estandarizar los procesos de diseño de chimeneas de equilibrio. Al sistematizar los enfoques teóricos y prácticos, se reduce la incertidumbre y se mejora la replicabilidad del modelo en proyectos futuros, lo que contribuye significativamente a la consolidación de metodologías técnicas en el campo de la ingeniería hidráulica.

La validación del método iterativo propuesto se realizó a través de un caso de estudio representativo, evaluando su precisión y eficacia en condiciones operativas reales. Se integraron parámetros como caudales, presiones y características topográficas, permitiendo calcular dimensiones críticas de la chimenea y evaluar su comportamiento frente a transitorios hidráulicos como el golpe de ariete. Los resultados evidenciaron una alta correlación entre las predicciones del modelo y las condiciones operativas esperadas, validando su capacidad para manejar variaciones de presión y flujo.

Se puede observar en las simulaciones de las oscilaciones en la chimenea la amortiguación debida a la fricción, razón por la cual va disminuyendo la amplitud de cada onda oscilatoria con el paso del tiempo. Los resultados reflejan cómo estos valores de tiempo afectan las variaciones en las magnitudes del flujo y las cotas de la chimenea. Para el análisis con $\Delta t = 1$, se presentan un ajuste más gradual ante las perturbaciones, con fluctuaciones controladas

en los niveles de agua y caudal lo que favorece la estabilidad hidráulica. En comparación con $\Delta t = 5$ muestra un ajuste más abrupto y una posible amplificación de las oscilaciones, reflejando menor precisión.

Es fundamental, por tanto, ajustar adecuadamente el valor de Δt para la simulación en función de la naturaleza del sistema y el tipo de estudio requerido. A intervalos de tiempo más pequeños, se puede obtener una mayor precisión, especialmente en sistemas sensibles a transitorios rápidos, mientras que un mayor valor de Δt puede ser adecuado para simulaciones más generales o cuando la resolución fina no es crítica.

Comparando los valores de los niveles máximos alcanzados con la amplitud para el caso más desfavorable ($Z_o = 14.735$), se tiene que para $\Delta t = 5$, el nivel máximo ($Z = 13.466$), mostró una diferencia de 1.269 m respecto al valor de referencia. Mientras que para $\Delta t = 1$, el nivel máximo ($Z = 14.728$), presentó una diferencia mínima de 0.007 m. de manera similar los niveles mínimos alcanzados con $\Delta t = 5$ el nivel mínimo ($Z = 13.290$), estuvieron 1.445 m por debajo del valor de referencia. Mientras que con $\Delta t = 1$ el nivel mínimo ($Z = 14.556$), la diferencia fue apenas 0.180 m. Esto confirma que intervalos de tiempo más pequeños garantizan una mayor precisión en la simulación de oscilaciones, especialmente en fenómenos sensibles como transitorios rápidos.

El análisis comparativo de los niveles máximos y mínimos alcanzados bajo diferentes intervalos de tiempo (Δt) evidencia la influencia directa de la resolución temporal en la precisión del modelo. Esto resalta la importancia de ajustar el intervalo de tiempo según la naturaleza del sistema, priorizando valores pequeños para fenómenos sensibles y transitorios rápidos, garantizando así la seguridad y exactitud del análisis.

A partir del caso de estudio, se identificaron oportunidades de mejora en el diseño y operación de chimeneas de equilibrio. La incorporación de tecnologías avanzadas, como sistemas inteligentes de monitoreo, y el uso de materiales innovadores permitirán optimizar el desempeño y la sostenibilidad de las infraestructuras. Estas recomendaciones, derivadas del análisis práctico del modelo, amplían su impacto y garantizan su relevancia en proyectos futuros.

Las principales limitaciones del estudio incluyen la falta de validación en una mayor variedad de escenarios y las simplificaciones del modelo rígido y del método iterativo, que podrían afectar su precisión en condiciones extremas. Sin embargo, la metodología desarrollada proporciona una base sólida y adaptable para el diseño de chimeneas de equilibrio en proyectos hidroeléctricos. La integración de herramientas computacionales avanzadas y

datos más diversos permitirá ampliar su alcance y relevancia en contextos más complejos, fortaleciendo su impacto en la ingeniería hidráulica contemporánea.

Referencias

- Abreu, J. M., Acosta, A., Andreu, M., Cabrera, E., Cataldo, J., Espert, V. B., Fuertes, V. S., García, A., García Serra, J., Guarga, R., Iglesias, P. L., Izquierdo, J., Martínez, F., Pérez, R., Vela, A. F., & Vidal, M. R. (1995). *Transitorios y Oscilaciones en Sistemas Hidráulicos a Presión* (1.ª ed.).
- ASTEC. (s. f.). *PROYECTO HIDROELÉCTRICO AGOYÁN*. <https://astec.com.ec>
- Bardini, D. (2018). *Direct Simulation of Surge Tank Stability* [M.Sc. Thesis]. Norwegian University of Science and Technology Trondheim.
- Boillat, J. L., & Souza, P. de. (2004). Modélisation des systèmes hydrauliques à écoulements transitoires en charge. *Lausanne: EPFL-LCH, Communication 16*, 107.
- CELEC EP. (s. f.). *Corporación Eléctrica del Ecuador*.
- Chaudhry, M. H. (2014). *Applied Hydraulic Transients* (3.ª ed.). Springer Science & Business Media.
- ELECAUSTRO S.A. (s. f.). *Empresa Electro Generadora del Austro* [Dataset].
- Gomsrud, D. (2015). *Design of a Surge Tank Throttle for Tonstad Hydropower Plant* [M.Sc. Thesis]. Norwegian University of Science and Technology.
- Henderson, F. M. (1966). *Open Channel Flow*. Macmillan Publishing Co. Inc.
- Karney, B. W., & McInnis, D. (1992). Efficient Calculation of Transient Flow in Simple Pipe Networks. *Journal of Hydraulic Engineering*, 118(7), 1014-1030.
- Martínez Alzamora, F., Alemany, V. B. E., & Andreu Navarro, M. (1995). Chimeneas de equilibrio. El problema de la estabilidad hidráulica en las centrales. En *Transitorios y Oscilaciones en Sistemas Hidráulicos a Presión* (1.ª ed.). 762.
- Ministerio de Energía y Minas. (s. f.). *Proyecto Hidroeléctrico Delsitanisagua*. <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/proyecto-hidroelectrico-delsitanisagua/>
- Pacheco, E. (2019). *Procedimiento simplificado para el dimensionamiento de una chimenea de equilibrio mediante el modelo inercial* (No. Rep. Int. LH&DF No. 011). Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Cuenca.
- Pacheco, E., & Carrillo, V. (2024). *Lectura: Chimenea de equilibrio*. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Cuenca.
- Schoklitsch, A. (1926). Über die bemessung von wasserschlossern. En *Wasserkraft-Jahrbuch* (p. 214). München-Bayern.
- Schoklitsch, A. (1962). *Handbuch des Wasserbaus* (3.ª ed.). Springer-Verlag.
- Thorley, A. R. D. (2004). *Fluid Transients in Pipeline Systems* (2.ª ed.). Professional Engineering Publishing Limited.
- Wylie, E. B., & Streeter, V. L. (1982). *Fluid Transients*. McGraw Hill Inc.

Anexos

Anexo A:

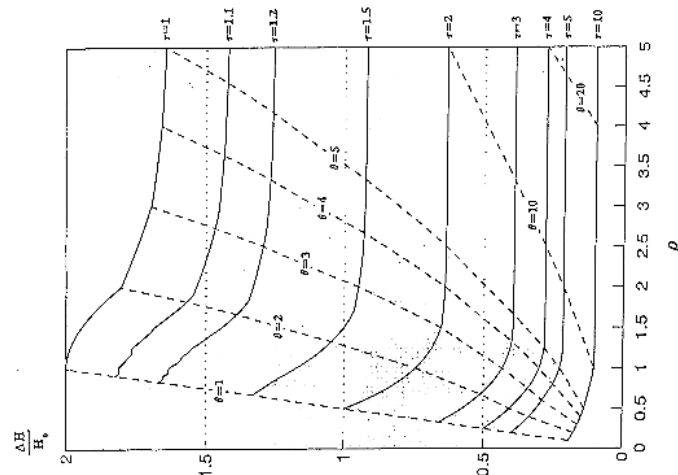


Figura 16 Fronteras entre modelo rígido y elástico para cierre ($\varphi_0 = 0$)(Abreu et al., 1995)

Anexo B:

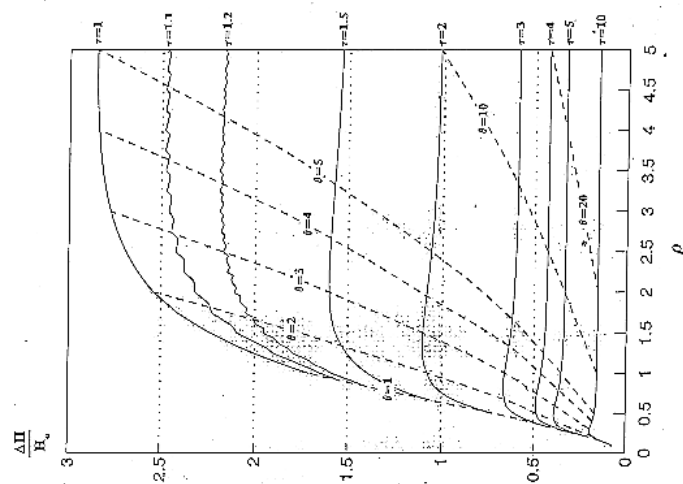


Figura 17 Fronteras entre modelo rígido y elástico para cierre ($\varphi_0 = 1$)(Abreu et al., 1995)

Anexo C:

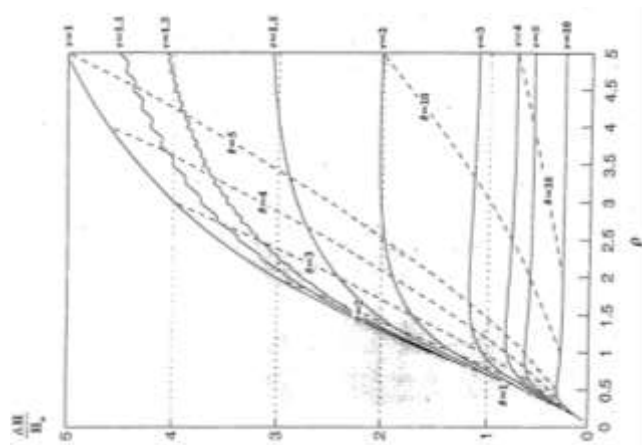


Figura 18 Fronteras entre modelo rígido y elástico para cierre ($\varphi_0 = 4$)(Abreu et al., 1995)

Anexo D:

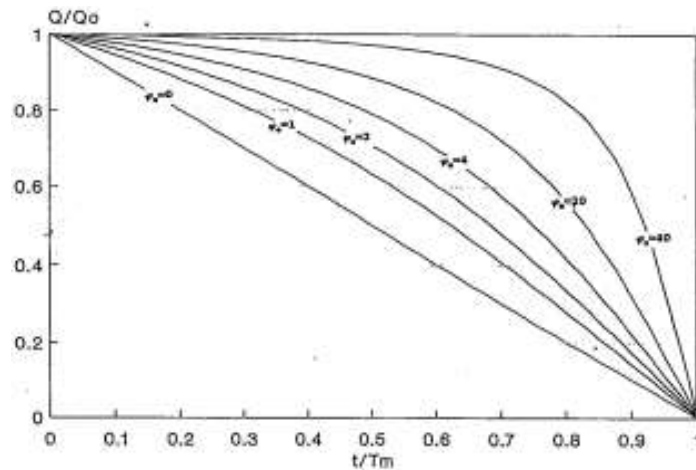


Figura 19 Variación del caudal en un cierre en función de (φ_0) (Abreu et al., 1995)

Anexo E:

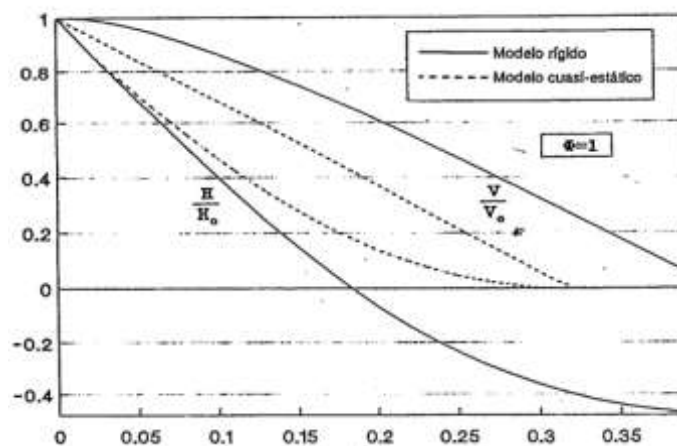


Figura 20 Modelo rígido y cuasi-estático, flujo entre dos depósitos ($\phi = 1$)(Abreu et al., 1995)

Anexo F:

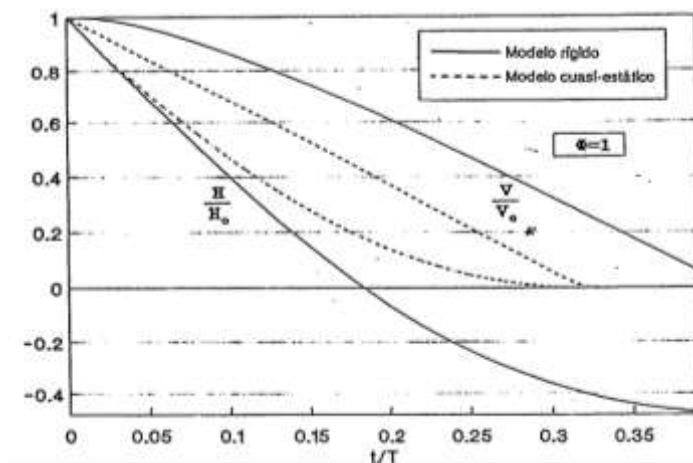


Figura 21 Modelo rígido y cuasi-estático, flujo entre dos depósitos ($\phi = 20$)(Abreu et al., 1995)

Anexo G:

Chimenea con orificio

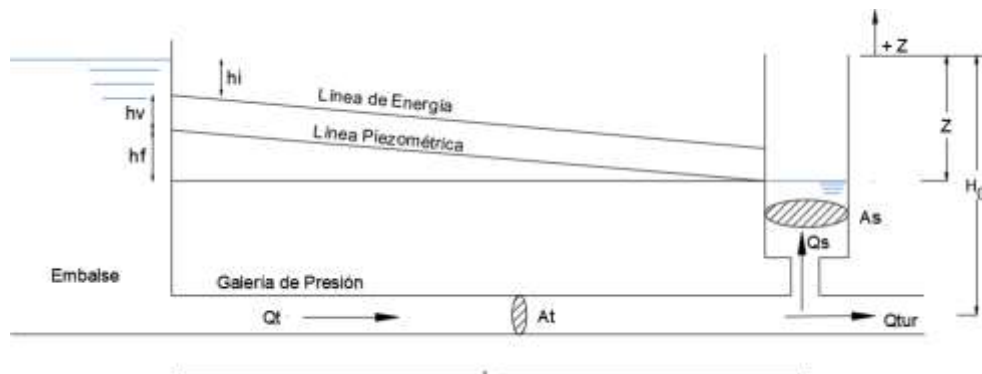


Figura 22 Nomenclatura para chimeneas con orificio

Ecuación de movimiento

$$\frac{dQ_t}{dt} = \frac{gA_t}{L} (-z - cQ_t|Q_t| - c_{orf}Q_s|Q_s|)$$

Donde:

- z : desnivel de la chimenea respecto al embalse (m)
- L : longitud de la galería de presión (m)
- A_t : área de la sección transversal de la galería a presión (m^2)
- Q_t : caudal de la galería de presión (m^3/s)
- Q_s : caudal de la chimenea de equilibrio (m^3/s)
- t : tiempo (s)
- g : gravedad (m/s^2)
- c : coeficiente de pérdidas por fricción, en la entrada, por la velocidad
- c_{orf} : coeficiente de pérdidas en el orificio (Martínez Alzamora et al., 1995)

La ecuación de continuidad:

$$\frac{dz}{dt} = \frac{1}{A_s} (Q_t - Q_{tur})$$

Donde:

- Q_t : caudal de la galería de presión (m^3/s)
- Q_{tur} : caudal de la tubería forzada (m^3/s)
- z : desnivel de la chimenea respecto al embalse (m)
- A_s : área de la sección transversal de la chimenea (m^2)

t : tiempo (s) (Martínez Alzamora et al., 1995)

Chimenea diferencial

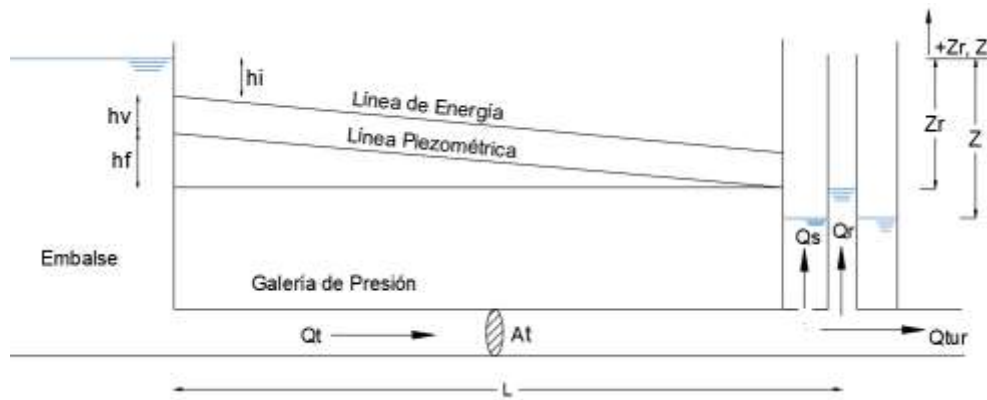


Figura 23 Nomenclatura para chimeneas diferenciales

Ecuación de movimiento

$$\frac{dQ_t}{dt} = \frac{gA_t}{L}(-z_r - cQ_t|Q_t|)$$

Donde:

- z_r : desnivel de la chimenea interior respecto al embalse (m)
- A_t : área de la sección transversal de la galería a presión (m^2)
- Q_t : caudal de la galería de presión (m^3/s)
- t : tiempo (s)
- g : gravedad (m/s^2)
- c : coeficiente de pérdidas por fricción, en la entrada, por la velocidad
- L : longitud de la galería a presión (m) (Martínez Alzamora et al., 1995)

si la chimenea exterior llegara a inundar la interior, entonces habría que sustituir z_r por la variable única z que es el desnivel de la chimenea exterior respecto al embalse.

Ecuación de la continuidad.

$$Q_t = Q_s + Q_r + Q_{turb}$$

Donde:

- Q_t : caudal de la galería de presión (m^3/s)
- Q_s : caudal de la chimenea exterior (m^3/s)
- Q_r : caudal de la chimenea interior (m^3/s)
- Q_{turb} : caudal de la tubería forzada (m^3/s)(Martínez Alzamora et al., 1995)

mientras la chimenea no desborde.

$$\frac{dz}{dt} = \frac{1}{A_s} Q_s \quad y \quad \frac{dz_r}{dt} = \frac{1}{A_r} (Q_t - Q_s - Q_{tur})$$

Donde:

- z : desnivel de la chimenea exterior respecto al embalse (m)
- A_s es el área de la sección transversal de la chimenea exterior (m²)
- Q_s : caudal de la chimenea exterior (m³/s)
- z_r : desnivel de la chimenea respecto al embalse (m)
- A_r : área de la sección transversal de la chimenea interior (m²)
- Q_t : caudal de la galería de presión (m³/s)
- Q_{tur} : caudal de la tubería forzada (m³/s)
- t : tiempo (s) (Martínez Alzamora et al., 1995)

En caso de desbordamiento.

$$\frac{dz}{dt} = \frac{1}{A_s} (Q_t - Q_{tur})$$

Ecuación de la descarga a través del orificio

$$Q_s = \pm C_d A_{orf} \sqrt{2g|z_r - z|}$$

Donde:

- C_d : coeficiente de descarga del orificio
- A_{orf} : área de la sección transversal del orificio (m²)
- z_r : desnivel de la chimenea respecto al embalse (m)
- z : desnivel de la chimenea exterior respecto al embalse (m)
- Q_s : caudal de la chimenea exterior (m³/s)
- g : gravedad (m/s²) (Martínez Alzamora et al., 1995)

Chimenea cerrada

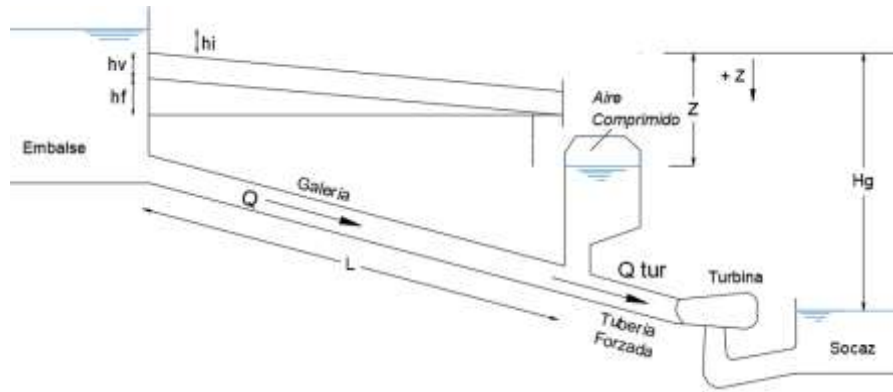


Figura 24 Nomenclatura para chimeneas cerradas

El aire encerrado sigue una evolución politrópica. Ecuación de la dinámica:

$$\frac{dQ_t}{dt} = \frac{gA_t}{L} (-p + z - cQ_t|Q_t|)$$

Donde:

- z : desnivel de la chimenea respecto al embalse (m)
- A_t : área de la sección transversal de la galería a presión (m^2)
- Q_t : caudal de la galería de presión (m^3/s)
- L : longitud de la galería a presión (m)
- t : tiempo (s)
- g : gravedad (m/s^2)
- c : coeficiente de pérdidas por fricción, en la entrada, por la velocidad
- p : presión manométrica del aire encerrado (mca) (Martínez Alzamora et al., 1995)

Ecuación de la continuidad:

$$\frac{dz}{dt} = \frac{1}{A_s} (Q_{tur} - Q_t) = \frac{1}{A_s} \frac{dV}{dt}$$

Donde:

- z : desnivel respecto al embalse (positiva hacia abajo) (m)
- A_s : área de la sección transversal de la chimenea (m^2)
- Q_t : caudal de la galería de presión (m^3/s)
- Q_{tur} : caudal de la tubería forzada (m^3/s)
- V : volumen del aire encerrado (m^3)
- t : tiempo (s) (Martínez Alzamora et al., 1995)

Balance de presiones:

$$(p + p_a)V^n = (p_o + p_a)V_o^n$$

Donde:

p : presión manométrica del aire encerrado (mca)

p_a : presión atmosférica (mca)

p_o : presión inicial del aire encerrado (mca)

V : volumen del aire encerrado (m^3)

V_o : volumen inicial del aire encerrado (m^3)

n : exponente politrópico de la evolución del aire (Martínez Alzamora et al., 1995)

Anexo H:

Tabla 7 Oscilaciones en la chimenea en un cierre brusco con $\Delta t = 5$ s

t	v [*]	vFAt	QAt	ΔZ F _s	ΔZ	Z	v tbp	h	Δv	v	Z-h	Cota en chimenea	v [*] -v
0	0.712	26.535	0.00			0.998		0.9976		0.7121		845.702	0.000
5	0.6950	25.900	0.00	25.900	2.284	-1.286	1.827	0.9504	-0.0172	0.6949	-2.2365	847.986	0.000
10	0.6619	24.664	0.00	24.664	2.175	-3.461	1.740	0.8619	-0.0332	0.6617	-4.3227	850.161	0.000
15	0.6141	22.886	0.00	22.886	2.018	-5.479	1.614	0.7421	-0.0477	0.6140	-6.2208	852.179	0.000
20	0.5535	20.627	0.00	20.627	1.819	-7.298	1.455	0.6028	-0.0606	0.5534	-7.9004	853.998	0.000
25	0.4819	17.957	0.00	17.957	1.583	-8.881	1.267	0.4569	-0.0717	0.4817	-9.3378	855.581	0.000
30	0.4012	14.951	0.00	14.951	1.318	-10.199	1.055	0.3167	-0.0807	0.4010	-10.5160	856.899	0.000
35	0.3136	11.685	0.00	11.685	1.030	-11.230	0.824	0.1935	-0.0877	0.3134	-11.4230	857.930	0.000
40	0.2210	8.234	0.00	8.234	0.726	-11.956	0.581	0.0960	-0.0925	0.2209	-12.0516	858.656	0.000
45	0.1258	4.689	0.00	4.689	0.413	-12.369	0.331	0.0312	-0.0952	0.1258	-12.4002	859.069	0.000
50	0.0301	1.122	0.00	1.122	0.099	-12.468	0.079	0.0018	-0.0957	0.0301	-12.4697	859.168	0.000
55	0.1229	4.578		-4.578	-0.404	-12.064	0.323	0.0297	-0.0928	0.1229	-12.0940	858.764	0.000
60	0.2106	7.849		-7.849	-0.692	-11.372	0.554	0.0873	-0.0879	0.2108	-11.4595	858.072	0.000
65	0.2918	10.875		-10.875	-0.959	-10.413	0.767	0.1676	-0.0812	0.2920	-10.5809	857.113	0.000
70	0.3647	13.590		-13.590	-1.198	-9.215	0.959	0.2617	-0.0727	0.3647	-9.4767	855.915	0.000
75	0.4273	15.924		-15.924	-1.404	-7.811	1.123	0.3593	-0.0627	0.4274	-8.1702	854.511	0.000
80	0.4787	17.839		-17.839	-1.573	-6.238	1.258	0.4509	-0.0513	0.4787	-6.6889	852.938	0.000
85	0.5175	19.285		-19.285	-1.700	-4.538	1.360	0.5269	-0.0389	0.5176	-5.0645	851.238	0.000
90	0.5432	20.240		-20.240	-1.785	-2.753	1.428	0.5804	-0.0256	0.5432	-3.3333	849.453	0.000
95	0.5549	20.679		-20.679	-1.823	-0.930	1.459	0.6058	-0.0118	0.5550	-1.5354	847.630	0.000
100	0.5299	19.745	0.00	19.745	1.741	-2.671	1.393	0.5524	-0.0247	0.5302	-3.2230	849.371	0.000
105	0.4936	18.394	0.00	18.394	1.622	-4.292	1.297	0.4794	-0.0366	0.4936	-4.7718	850.992	0.000
110	0.4465	16.637	0.00	16.637	1.467	-5.759	1.174	0.3921	-0.0472	0.4464	-6.1515	852.459	0.000
115	0.3902	14.542	0.00	14.542	1.282	-7.042	1.026	0.2996	-0.0563	0.3901	-7.3412	853.742	0.000
120	0.3263	12.158	0.00	12.158	1.072	-8.114	0.858	0.2094	-0.0639	0.3262	-8.3230	854.814	0.000
125	0.2567	9.564	0.00	9.564	0.843	-8.957	0.675	0.1296	-0.0697	0.2565	-9.0865	855.657	0.000
130	0.1830	6.818	0.00	6.818	0.601	-9.558	0.481	0.0659	-0.0738	0.1826	-9.6239	856.258	0.000
135	0.1064	3.967	0.00	3.967	0.350	-9.908	0.280	0.0223	-0.0762	0.1065	-9.9301	856.608	0.000
140	0.0298	1.111	0.00	1.111	0.098	-10.006	0.078	0.0017	-0.0768	0.0297	-10.0076	856.706	0.000
145	0.1037	3.863		-3.863	-0.341	-9.665	0.272	0.0211	-0.0743	0.1040	-9.6864	856.365	0.000
150	0.1741	6.487		-6.487	-0.572	-9.093	0.458	0.0596	-0.0702	0.1742	-9.1528	855.793	0.000
155	0.2388	8.899		-8.899	-0.785	-8.309	0.628	0.1122	-0.0646	0.2388	-8.4208	855.009	0.000
160	0.2963	11.041		-11.041	-0.973	-7.335	0.779	0.1727	-0.0576	0.2964	-7.5078	854.035	0.000
165	0.3454	12.872		-12.872	-1.135	-6.200	0.908	0.2348	-0.0494	0.3458	-6.4348	852.900	0.000
170	0.3859	14.380		-14.380	-1.268	-4.932	1.014	0.2930	-0.0401	0.3859	-5.2251	851.632	0.000
175	0.4159	15.497		-15.497	-1.366	-3.566	1.093	0.3403	-0.0300	0.4159	-3.9059	850.266	0.000
180	0.4351	16.234		-16.234	-1.430	-2.136	1.144	0.3725	-0.0192	0.4351	-2.5085	848.836	0.000
185	0.4070	15.165	0.00	15.165	1.337	-3.473	1.070	0.3258	-0.0292	0.4060	-3.7990	850.173	0.001
190	0.3680	13.714	0.00	13.714	1.209	-4.682	0.967	0.2665	-0.0380	0.3680	-4.9489	851.382	0.000
195	0.3224	12.014	0.00	12.014	1.059	-5.742	0.847	0.2045	-0.0456	0.3224	-5.9463	852.442	0.000
200	0.2705	10.079	0.00	10.079	0.889	-6.630	0.711	0.1439	-0.0520	0.2704	-6.7743	853.330	0.000
205	0.2135	7.954	0.00	7.954	0.701	-7.332	0.561	0.0896	-0.0569	0.2135	-7.4214	854.032	0.000
210	0.1530	5.702	0.00	5.702	0.503	-7.835	0.402	0.0461	-0.0605	0.1530	-7.8806	854.535	0.000
215	0.0905	3.374	0.00	3.374	0.297	-8.132	0.238	0.0161	-0.0625	0.0905	-8.1482	854.832	0.000

220	0.0274	1.020	0.00	1.020	0.090	-8.222	0.072	0.0015	-0.0631	0.0274	-8.2235	854.922	0.000
225	0.0883	3.292		-3.292	-0.290	-7.932	0.232	0.0154	-0.0610	0.0883	-7.9471	854.632	0.000
230	0.1458	5.435		-5.435	-0.479	-7.453	0.383	0.0418	-0.0575	0.1458	-7.4944	854.153	0.000
235	0.1980	7.378		-7.378	-0.651	-6.802	0.520	0.0771	-0.0528	0.1986	-6.8791	853.502	-0.001
240	0.2453	9.139		-9.139	-0.806	-5.996	0.645	0.1183	-0.0469	0.2455	-6.1145	852.696	0.000
245	0.2855	10.639		-10.639	-0.938	-5.058	0.750	0.1604	-0.0400	0.2856	-5.2184	851.758	0.000
250	0.3179	11.847		-11.847	-1.045	-4.014	0.836	0.1988	-0.0323	0.3179	-4.2124	850.714	0.000
255	0.3417	12.733		-12.733	-1.123	-2.891	0.898	0.2297	-0.0239	0.3419	-3.1205	849.591	0.000
260	0.3104	11.567	0.00	11.567	1.020	-3.911	0.816	0.1896	-0.0315	0.3104	-4.1002	850.611	0.000
265	0.2724	10.151	0.00	10.151	0.895	-4.806	0.716	0.1460	-0.0380	0.2724	-4.9517	851.506	0.000
270	0.2290	8.533	0.00	8.533	0.752	-5.558	0.602	0.1032	-0.0434	0.2290	-5.6612	852.258	0.000
275	0.1813	6.755	0.00	6.755	0.596	-6.154	0.476	0.0647	-0.0477	0.1812	-6.2183	852.854	0.000
280	0.1306	4.868	0.00	4.868	0.429	-6.583	0.343	0.0336	-0.0508	0.1305	-6.6165	853.283	0.000
285	0.0779	2.904	0.00	2.904	0.256	-6.839	0.205	0.0119	-0.0526	0.0779	-6.8510	853.539	0.000
290	0.0250	0.931	0.00	0.931	0.082	-6.921	0.066	0.0012	-0.0531	0.0248	-6.9223	853.621	0.000
295	0.0761	2.834		-2.834	-0.250	-6.671	0.200	0.0114	-0.0513	0.0761	-6.6826	853.371	0.000
300	0.1243	4.634		-4.634	-0.409	-6.263	0.327	0.0304	-0.0483	0.1244	-6.2931	852.963	0.000
305	0.1686	6.282		-6.282	-0.554	-5.709	0.443	0.0559	-0.0442	0.1686	-5.7646	852.409	0.000
310	0.2078	7.744		-7.744	-0.683	-5.026	0.546	0.0850	-0.0392	0.2078	-5.1109	851.726	0.000
315	0.2405	8.961		-8.961	-0.790	-4.236	0.632	0.1138	-0.0334	0.2412	-4.3496	850.936	-0.001
320	0.2677	9.975		-9.975	-0.880	-3.356	0.704	0.1410	-0.0268	0.2680	-3.4973	850.056	0.000
325	0.2356	8.778	0.00	8.778	0.774	-4.130	0.619	0.1092	-0.0325	0.2355	-4.2394	850.830	0.000
330	0.1982	7.387	0.00	7.387	0.651	-4.782	0.521	0.0773	-0.0373	0.1982	-4.8589	851.482	0.000
335	0.1572	5.857	0.00	5.857	0.516	-5.298	0.413	0.0486	-0.0410	0.1572	-5.3466	851.998	0.000
340	0.1135	4.229	0.00	4.229	0.373	-5.671	0.298	0.0253	-0.0437	0.1135	-5.6962	852.371	0.000
345	0.0683	2.544	0.00	2.544	0.224	-5.895	0.179	0.0092	-0.0453	0.0682	-5.9043	852.595	0.000
350	0.0214	0.836	0.00	0.836	0.074	-5.969	0.059	0.0010	-0.0458	0.0214	-5.9698	852.669	0.000
355	0.0665	2.479		-2.479	-0.219	-5.750	0.175	0.0087	-0.0442	0.0665	-5.7590	852.450	0.000
360	0.1081	4.028		-4.028	-0.355	-5.395	0.284	0.0230	-0.0416	0.1081	-5.4181	852.095	0.000
365	0.1461	5.446		-5.446	-0.480	-4.915	0.384	0.0420	-0.0380	0.1462	-4.9569	851.615	0.000
370	0.1798	6.701		-6.701	-0.591	-4.324	0.473	0.0636	-0.0337	0.1798	-4.3877	851.024	0.000
375	0.2084	7.766		-7.766	-0.685	-3.639	0.548	0.0854	-0.0286	0.2084	-3.7247	850.339	0.000
380	0.1755	6.540	0.00	6.540	0.577	-4.216	0.461	0.0606	-0.0328	0.1756	-4.2765	850.916	0.000
385	0.1394	5.194	0.00	5.194	0.458	-4.674	0.366	0.0382	-0.0362	0.1394	-4.7121	851.374	0.000
390	0.1008	3.758	0.00	3.758	0.331	-5.005	0.265	0.0200	-0.0386	0.1009	-5.0253	851.705	0.000
395	0.0609	2.268	0.00	2.268	0.200	-5.205	0.160	0.0073	-0.0400	0.0609	-5.2125	851.905	0.000
400	0.0204	0.760	0.00	0.760	0.067	-5.272	0.054	0.0008	-0.0405	0.0204	-5.2731	851.972	0.000
405	0.0593	2.212		-2.212	-0.195	-5.077	0.156	0.0069	-0.0390	0.0594	-5.0842	851.777	0.000
410	0.0960	3.579		-3.579	-0.316	-4.762	0.252	0.0182	-0.0367	0.0961	-4.7798	851.462	0.000
415	0.1296	4.829		-4.829	-0.426	-4.336	0.341	0.0330	-0.0335	0.1296	-4.3689	851.036	0.000
420	0.1592	5.934		-5.934	-0.523	-3.813	0.419	0.0499	-0.0296	0.1593	-3.8625	850.513	0.000
425	0.1264	4.708	0.00	4.708	0.415	-4.228	0.332	0.0314	-0.0327	0.1266	-4.2592	850.928	0.000
430	0.0916	3.412	0.00	3.412	0.301	-4.529	0.241	0.0165	-0.0349	0.0917	-4.5452	851.229	0.000
435	0.0554	2.066	0.00	2.066	0.182	-4.711	0.146	0.0060	-0.0362	0.0555	-4.7169	851.411	0.000
440	0.0188	0.702	0.00	0.702	0.062	-4.773	0.050	0.0007	-0.0366	0.0189	-4.7734	851.473	0.000
445	0.0540	2.014		-2.014	-0.178	-4.595	0.142	0.0057	-0.0353	0.0542	-4.6009	851.295	0.000
450	0.0873	3.252		-3.252	-0.287	-4.308	0.229	0.0150	-0.0332	0.0874	-4.3234	851.008	0.000
455	0.1176	4.382		-4.382	-0.386	-3.922	0.309	0.0272	-0.0303	0.1177	-3.9493	850.622	0.000
460	0.0848	3.160	0.00	3.160	0.279	-4.201	0.223	0.0141	-0.0323	0.0853	-4.2149	850.901	-0.001
465	0.0514	1.916	0.00	1.916	0.169	-4.370	0.135	0.0052	-0.0336	0.0518	-4.3749	851.070	0.000
470	0.0176	0.655	0.00	0.655	0.058	-4.427	0.046	0.0006	-0.0340	0.0178	-4.4280	851.127	0.000
475	0.0502	1.872		-1.872	-0.165	-4.262	0.132	0.0050	-0.0327	0.0505	-4.2673	850.962	0.000
480	0.0811	3.021		-3.021	-0.266	-3.996	0.213	0.0129	-0.0308	0.0813	-4.0089	850.696	0.000
485	0.0493	1.839	0.00	1.839	0.162	-4.158	0.130	0.0048	-0.0319	0.0493	-4.1628	850.858	0.000
490	0.0163	0.607	0.00	0.607	0.054	-4.212	0.043	0.0005	-0.0323	0.0170	-4.2121	850.912	-0.001
495	0.0481	1.794		-1.794	-0.158	-4.053	0.127	0.0046	-0.0311	0.0482	-4.0580	850.753	0.000
500	0.0168	0.620	0.00	0.620	0.055	-4.108	0.044	0.0005	-0.0315	0.0168	-4.1086	850.808	0.000

Anexo I:

Tabla 8 Oscilaciones en la chimenea en un cierre brusco con $\Delta t = 1$ s

t	v*	v Δt	Q Δt	ΔZ Fs	ΔZ	z	v tb	h	Δv	v	Z-h	Cota en chimenea	v*-v
1	0.712	5.307	0.00			0.998		0.9976		0.7121		845.702	0.000
2	0.7114	5.302	0.00	5.302	0.467	0.530	1.870	0.9956	-0.0007	0.7114	-0.4655	846.170	0.000
3	0.7100	5.291	0.00	5.291	0.467	0.064	1.866	0.9917	-0.0014	0.7099	-0.9281	846.636	0.000
4	0.7078	5.275	0.00	5.275	0.465	-0.402	1.861	0.9857	-0.0021	0.7078	-1.3873	847.102	0.000
5	0.7050	5.254	0.00	5.254	0.463	-0.865	1.853	0.9779	-0.0028	0.7050	-1.8428	847.565	0.000
6	0.7015	5.228	0.00	5.228	0.461	-1.326	1.844	0.9681	-0.0035	0.7015	-2.2940	848.026	0.000
7	0.6973	5.197	0.00	5.197	0.458	-1.784	1.833	0.9565	-0.0042	0.6973	-2.7406	848.484	0.000

8	0.6924	5.160	0.00	5.160	0.455	-2.239	1.820	0.9432	-0.0049	0.6924	-3.1823	848.939	0.000
9	0.6868	5.119	0.00	5.119	0.451	-2.690	1.805	0.9281	-0.0056	0.6868	-3.6186	849.390	0.000
10	0.6806	5.073	0.00	5.073	0.447	-3.138	1.789	0.9114	-0.0062	0.6806	-4.0491	849.838	0.000
11	0.6738	5.021	0.00	5.021	0.443	-3.580	1.771	0.8991	-0.0069	0.6737	-4.4736	850.280	0.000
12	0.6663	4.965	0.00	4.965	0.438	-4.018	1.751	0.8733	-0.0075	0.6662	-4.8916	850.718	0.000
13	0.6581	4.905	0.00	4.905	0.432	-4.451	1.730	0.8521	-0.0081	0.6581	-5.3029	851.151	0.000
14	0.6494	4.840	0.00	4.840	0.427	-4.878	1.707	0.8296	-0.0088	0.6493	-5.7071	851.578	0.000
15	0.6400	4.770	0.00	4.770	0.421	-5.298	1.682	0.8058	-0.0094	0.6400	-6.1039	851.998	0.000
16	0.6300	4.695	0.00	4.695	0.414	-5.712	1.656	0.7809	-0.0100	0.6300	-6.4930	852.412	0.000
17	0.6195	4.617	0.00	4.617	0.407	-6.119	1.628	0.7550	-0.0105	0.6195	-6.8742	852.819	0.000
18	0.6084	4.534	0.00	4.534	0.400	-6.519	1.599	0.7281	-0.0111	0.6083	-7.2471	853.219	0.000
19	0.5967	4.447	0.00	4.447	0.392	-6.911	1.568	0.7004	-0.0117	0.5967	-7.6115	853.611	0.000
20	0.5845	4.356	0.00	4.356	0.384	-7.295	1.536	0.6720	-0.0122	0.5844	-7.9672	853.995	0.000
21	0.5717	4.261	0.00	4.261	0.376	-7.671	1.503	0.6430	-0.0128	0.5717	-8.3138	854.371	0.000
22	0.5584	4.162	0.00	4.162	0.367	-8.038	1.468	0.6135	-0.0133	0.5584	-8.6513	854.738	0.000
23	0.5446	4.059	0.00	4.059	0.358	-8.396	1.432	0.5836	-0.0138	0.5446	-8.9793	855.096	0.000
24	0.5304	3.953	0.00	3.953	0.349	-8.744	1.394	0.5534	-0.0143	0.5303	-9.2976	855.444	0.000
25	0.5156	3.843	0.00	3.843	0.339	-9.083	1.355	0.5231	-0.0147	0.5156	-9.6062	855.783	0.000
26	0.5004	3.730	0.00	3.730	0.329	-9.412	1.315	0.4927	-0.0152	0.5004	-9.9046	856.112	0.000
27	0.4848	3.613	0.00	3.613	0.319	-9.731	1.274	0.4624	-0.0156	0.4848	-10.1929	856.431	0.000
28	0.4687	3.493	0.00	3.493	0.308	-10.039	1.232	0.4322	-0.0161	0.4687	-10.4708	856.739	0.000
29	0.4522	3.370	0.00	3.370	0.297	-10.336	1.189	0.4024	-0.0165	0.4522	-10.7381	857.036	0.000
30	0.4354	3.245	0.00	3.245	0.286	-10.622	1.144	0.3729	-0.0169	0.4353	-10.9947	857.322	0.000
31	0.4181	3.116	0.00	3.116	0.275	-10.897	1.099	0.3439	-0.0173	0.4181	-11.2405	857.597	0.000
32	0.4005	2.985	0.00	2.985	0.263	-11.160	1.053	0.3156	-0.0176	0.4005	-11.4753	857.860	0.000
33	0.3826	2.851	0.00	2.851	0.251	-11.411	1.006	0.2879	-0.0180	0.3825	-11.6991	858.111	0.000
34	0.3643	2.715	0.00	2.715	0.239	-11.651	0.958	0.2611	-0.0183	0.3642	-11.9116	858.351	0.000
35	0.3457	2.576	0.00	2.576	0.227	-11.878	0.909	0.2351	-0.0186	0.3456	-12.1128	858.578	0.000
36	0.3268	2.436	0.00	2.436	0.215	-12.092	0.859	0.2101	-0.0189	0.3268	-12.3026	858.792	0.000
37	0.3076	2.293	0.00	2.293	0.202	-12.295	0.809	0.1862	-0.0192	0.3076	-12.4808	858.995	0.000
38	0.2882	2.148	0.00	2.148	0.189	-12.484	0.758	0.1634	-0.0194	0.2882	-12.6474	859.184	0.000
39	0.2686	2.002	0.00	2.002	0.176	-12.660	0.706	0.1419	-0.0196	0.2686	-12.8024	859.360	0.000
40	0.2487	1.853	0.00	1.853	0.163	-12.824	0.654	0.1217	-0.0199	0.2487	-12.9456	859.524	0.000
41	0.2286	1.704	0.00	1.704	0.150	-12.974	0.601	0.1028	-0.0201	0.2286	-13.0770	859.674	0.000
42	0.2084	1.553	0.00	1.553	0.137	-13.111	0.548	0.0854	-0.0203	0.2084	-13.1965	859.811	0.000
43	0.1880	1.401	0.00	1.401	0.124	-13.235	0.494	0.0695	-0.0204	0.1880	-13.3041	859.935	0.000
44	0.1674	1.248	0.00	1.248	0.110	-13.345	0.440	0.0551	-0.0206	0.1674	-13.3998	860.045	0.000
45	0.1467	1.093	0.00	1.093	0.096	-13.441	0.386	0.0423	-0.0207	0.1467	-13.4834	860.141	0.000
46	0.1259	0.938	0.00	0.938	0.083	-13.524	0.331	0.0312	-0.0208	0.1259	-13.5550	860.224	0.000
47	0.1050	0.783	0.00	0.783	0.069	-13.593	0.276	0.0217	-0.0209	0.1050	-13.6145	860.293	0.000
48	0.0841	0.626	0.00	0.626	0.055	-13.648	0.221	0.0139	-0.0210	0.0840	-13.6619	860.348	0.000
49	0.0630	0.470	0.00	0.470	0.041	-13.689	0.166	0.0078	-0.0210	0.0630	-13.6973	860.389	0.000
50	0.0420	0.313	0.00	0.313	0.028	-13.717	0.110	0.0035	-0.0211	0.0420	-13.7205	860.417	0.000
51	0.0209	0.156	0.00	0.156	0.014	-13.731	0.055	0.0009	-0.0211	0.0209	-13.7316	860.431	0.000
52	0.0418	0.311	0.00	-0.311	-0.027	-13.703	0.110	0.0034	-0.0210	0.0419	-13.7057	860.403	0.000
53	0.0628	0.468	0.00	-0.468	-0.041	-13.662	0.165	0.0078	-0.0210	0.0629	-13.6698	860.362	0.000
54	0.0838	0.624	0.00	-0.624	-0.055	-13.607	0.220	0.0138	-0.0209	0.0838	-13.6208	860.307	0.000
55	0.1046	0.779	0.00	-0.779	-0.069	-13.538	0.275	0.0215	-0.0208	0.1046	-13.5597	860.238	0.000
56	0.1253	0.934	0.00	-0.934	-0.082	-13.456	0.329	0.0309	-0.0207	0.1253	-13.4868	860.156	0.000
57	0.1459	1.087	0.00	-1.087	-0.096	-13.360	0.383	0.0419	-0.0206	0.1459	-13.4019	860.060	0.000
58	0.1662	1.239	0.00	-1.239	-0.109	-13.251	0.437	0.0544	-0.0204	0.1663	-13.3051	859.951	0.000
59	0.1865	1.390	0.00	-1.390	-0.123	-13.128	0.490	0.0684	-0.0203	0.1865	-13.1967	859.828	0.000
60	0.2065	1.539	0.00	-1.539	-0.136	-12.992	0.543	0.0839	-0.0201	0.2066	-13.0764	859.692	0.000
61	0.2264	1.687	0.00	-1.687	-0.149	-12.844	0.595	0.1009	-0.0199	0.2265	-12.9446	859.544	0.000
62	0.2461	1.834	0.00	-1.834	-0.162	-12.682	0.647	0.1192	-0.0196	0.2461	-12.8011	859.382	0.000
63	0.2655	1.978	0.00	-1.978	-0.174	-12.508	0.698	0.1387	-0.0194	0.2655	-12.6462	859.208	0.000
64	0.2846	2.121	0.00	-2.121	-0.187	-12.320	0.748	0.1594	-0.0192	0.2847	-12.4799	859.020	0.000
65	0.3035	2.262	0.00	-2.262	-0.199	-12.121	0.798	0.1813	-0.0189	0.3036	-12.3023	858.821	0.000
66	0.3221	2.400	0.00	-2.400	-0.212	-11.909	0.847	0.2041	-0.0186	0.3222	-12.1135	858.609	0.000
67	0.3404	2.537	0.00	-2.537	-0.224	-11.686	0.895	0.2280	-0.0183	0.3404	-11.9136	858.386	0.000
68	0.3584	2.671	0.00	-2.671	-0.236	-11.450	0.942	0.2527	-0.0180	0.3584	-11.7028	858.150	0.000
69	0.3760	2.802	0.00	-2.802	-0.247	-11.203	0.988	0.2782	-0.0176	0.3760	-11.4812	857.903	0.000
70	0.3932	2.931	0.00	-2.931	-0.258	-10.945	1.034	0.3042	-0.0173	0.3933	-11.2489	857.645	0.000
71	0.4101	3.057	0.00	-3.057	-0.270	-10.675	1.078	0.3309	-0.0169	0.4102	-11.0061	857.375	0.000
72	0.4266	3.180	0.00	-3.180	-0.280	-10.395	1.121	0.3581	-0.0165	0.4267	-10.7529	857.095	0.000
73	0.4427	3.300	0.00	-3.300	-0.291	-10.104	1.164	0.3857	-0.0161	0.4428	-10.4895	856.804	0.000
74	0.4584	3.417	0.00	-3.417	-0.301	-9.803	1.205	0.4135	-0.0157	0.4584	-10.2160	856.503	0.000
75	0.4737	3.530	0.00	-3.530	-0.311	-9.491	1.245	0.4414	-0.0152	0.4737	-9.9327	856.191	0.000
76	0.4885	3.641	0.00	-3.641	-0.321	-9.170	1.284	0.4695	-0.0148	0.4885	-9.6398	855.870	0.000
77	0.5028	3.747	0.00	-3.747	-0.330	-8.840	1.322	0.4973	-0.0143	0.5028	-9.3372	855.540	0.000
78	0.5166	3.850	0.00	-3.850	-0.339	-8.500	1.358	0.5251	-0.0139	0.5167	-9.0255	855.200	0.000
79	0.5300	3.950	0.00	-3.950	-0.348	-8.152	1.393	0.5526	-0.0134	0.5300	-8.7048	854.852	0.000
80	0.5428	4.046	0.00	-4.046	-0.357	-7.795	1.427	0.5798	-0.0129	0.5429	-8.3752	854.495	0.000
81	0.5552	4.138	0.00	-4.138	-0.365	-7.431	1.459	0.6064	-0.0123	0.5552	-8.0370	854.131	0.000
82	0.5670	4.226	0.00	-4.226	-0.373	-7.058	1.490	0.6325	-0.0118	0.5670	-7.6905	853.758	0.000

83	0.5783	4.310		-4.310	-0.380	-6.678	1.520	0.6579	-0.0113	0.5783	-7.3358	853.378	0.000
84	0.5890	4.389		-4.389	-0.387	-6.291	1.548	0.6824	-0.0107	0.5890	-6.9734	852.991	0.000
85	0.5991	4.465		-4.465	-0.394	-5.897	1.575	0.7061	-0.0101	0.5991	-6.6034	852.597	0.000
86	0.6087	4.536		-4.536	-0.400	-5.497	1.600	0.7289	-0.0096	0.6087	-6.2261	852.197	0.000
87	0.6167	4.596		-4.596	-0.405	-5.092	1.621	0.7482	-0.0090	0.6176	-5.8402	851.792	-0.001
88	0.6260	4.665		-4.665	-0.411	-4.681	1.645	0.7709	-0.0084	0.6260	-5.4516	851.381	0.000
89	0.6337	4.723		-4.723	-0.416	-4.264	1.666	0.7901	-0.0078	0.6337	-5.0544	850.964	0.000
90	0.6409	4.776		-4.776	-0.421	-3.843	1.685	0.8080	-0.0071	0.6409	-4.6511	850.543	0.000
91	0.6474	4.825		-4.825	-0.425	-3.418	1.702	0.8245	-0.0065	0.6474	-4.2422	850.118	0.000
92	0.6533	4.869		-4.869	-0.429	-2.988	1.717	0.8396	-0.0059	0.6533	-3.8280	849.688	0.000
93	0.6585	4.908		-4.908	-0.433	-2.556	1.731	0.8531	-0.0052	0.6585	-3.4088	849.256	0.000
94	0.6631	4.942		-4.942	-0.436	-2.120	1.743	0.8650	-0.0046	0.6631	-2.9849	848.820	0.000
95	0.6670	4.971		-4.971	-0.438	-1.682	1.753	0.8753	-0.0039	0.6670	-2.5569	848.382	0.000
96	0.6703	4.995		-4.995	-0.440	-1.241	1.762	0.8839	-0.0033	0.6703	-2.1250	847.941	0.000
97	0.6729	5.015		-5.015	-0.442	-0.799	1.769	0.8907	-0.0026	0.6729	-1.6897	847.499	0.000
98	0.6748	5.029		-5.029	-0.443	-0.356	1.774	0.8958	-0.0019	0.6748	-1.2514	847.056	0.000
99	0.6760	5.038		-5.038	-0.444	0.089	1.777	0.8991	-0.0012	0.6760	-0.8104	846.611	0.000
100	0.6766	5.042		-5.042	-0.445	0.533	1.778	0.9006	-0.0006	0.6766	-0.3673	846.167	0.000
101	0.6754	5.033	0.00	5.033	0.444	0.089	1.775	0.8973	-0.0012	0.6754	-0.8079	846.611	0.000
102	0.6734	5.019	0.00	5.019	0.443	-0.353	1.770	0.8923	-0.0019	0.6734	-1.2454	847.053	0.000
103	0.6709	5.000	0.00	5.000	0.441	-0.794	1.763	0.8854	-0.0026	0.6709	-1.6794	847.494	0.000
104	0.6676	4.976	0.00	4.976	0.439	-1.233	1.755	0.8769	-0.0032	0.6676	-2.1096	847.933	0.000
105	0.6637	4.947	0.00	4.947	0.436	-1.669	1.745	0.8667	-0.0039	0.6637	-2.5356	848.369	0.000
106	0.6592	4.913	0.00	4.913	0.433	-2.102	1.733	0.8549	-0.0045	0.6592	-2.9570	848.802	0.000
107	0.6540	4.874	0.00	4.874	0.430	-2.532	1.719	0.8415	-0.0052	0.6540	-3.3734	849.232	0.000
108	0.6482	4.831	0.00	4.831	0.426	-2.958	1.704	0.8267	-0.0058	0.6482	-3.7844	849.658	0.000
109	0.6418	4.783	0.00	4.783	0.422	-3.380	1.687	0.8103	-0.0064	0.6418	-4.1899	850.080	0.000
110	0.6347	4.731	0.00	4.731	0.417	-3.797	1.668	0.7926	-0.0070	0.6347	-4.5893	850.497	0.000
111	0.6271	4.674	0.00	4.674	0.412	-4.209	1.648	0.7737	-0.0076	0.6271	-4.9824	850.909	0.000
112	0.6189	4.612	0.00	4.612	0.407	-4.615	1.627	0.7535	-0.0082	0.6189	-5.3689	851.315	0.000
113	0.6100	4.546	0.00	4.546	0.401	-5.016	1.604	0.7321	-0.0088	0.6100	-5.7484	851.716	0.000
114	0.6006	4.476	0.00	4.476	0.395	-5.411	1.579	0.7098	-0.0094	0.6006	-6.1208	852.111	0.000
115	0.5907	4.402	0.00	4.402	0.388	-5.799	1.553	0.6865	-0.0100	0.5907	-6.4856	852.499	0.000
116	0.5802	4.324	0.00	4.324	0.381	-6.180	1.525	0.6623	-0.0105	0.5802	-6.8427	852.880	0.000
117	0.5692	4.242	0.00	4.242	0.374	-6.554	1.496	0.6373	-0.0110	0.5692	-7.1918	853.254	0.000
118	0.5576	4.156	0.00	4.156	0.366	-6.921	1.466	0.6117	-0.0116	0.5576	-7.5326	853.621	0.000
119	0.5455	4.066	0.00	4.066	0.358	-7.279	1.434	0.5855	-0.0121	0.5455	-7.8649	853.979	0.000
120	0.5330	3.972	0.00	3.972	0.350	-7.630	1.401	0.5589	-0.0126	0.5329	-8.1885	854.330	0.000
121	0.5199	3.875	0.00	3.875	0.342	-7.971	1.367	0.5318	-0.0130	0.5199	-8.5031	854.671	0.000
122	0.5064	3.774	0.00	3.774	0.333	-8.304	1.331	0.5046	-0.0135	0.5064	-8.8086	855.004	0.000
123	0.4924	3.670	0.00	3.670	0.324	-8.628	1.294	0.4771	-0.0140	0.4924	-9.1047	855.328	0.000
124	0.4780	3.563	0.00	3.563	0.314	-8.942	1.256	0.4495	-0.0144	0.4780	-9.3913	855.642	0.000
125	0.4632	3.452	0.00	3.452	0.304	-9.246	1.218	0.4221	-0.0148	0.4632	-9.6682	855.946	0.000
126	0.4479	3.338	0.00	3.338	0.294	-9.541	1.177	0.3948	-0.0152	0.4479	-9.9353	856.241	0.000
127	0.4323	3.222	0.00	3.222	0.284	-9.825	1.136	0.3677	-0.0156	0.4323	-10.1923	856.525	0.000
128	0.4163	3.102	0.00	3.102	0.274	-10.098	1.094	0.3409	-0.0160	0.4162	-10.4391	856.798	0.000
129	0.3999	2.980	0.00	2.980	0.263	-10.361	1.051	0.3146	-0.0164	0.3999	-10.6756	857.061	0.000
130	0.3832	2.856	0.00	2.856	0.252	-10.613	1.007	0.2889	-0.0167	0.3831	-10.9016	857.313	0.000
131	0.3661	2.729	0.00	2.729	0.241	-10.853	0.962	0.2637	-0.0171	0.3661	-11.1171	857.553	0.000
132	0.3487	2.599	0.00	2.599	0.229	-11.083	0.917	0.2393	-0.0174	0.3487	-11.3218	857.783	0.000
133	0.3310	2.467	0.00	2.467	0.218	-11.300	0.870	0.2156	-0.0177	0.3310	-11.5156	858.000	0.000
134	0.3131	2.333	0.00	2.333	0.206	-11.506	0.823	0.1928	-0.0180	0.3131	-11.6986	858.206	0.000
135	0.2949	2.198	0.00	2.198	0.194	-11.700	0.775	0.1711	-0.0182	0.2949	-11.8706	858.400	0.000
136	0.2764	2.060	0.00	2.060	0.182	-11.881	0.727	0.1503	-0.0185	0.2764	-12.0315	858.581	0.000
137	0.2577	1.921	0.00	1.921	0.169	-12.051	0.677	0.1307	-0.0187	0.2577	-12.1812	858.751	0.000
138	0.2388	1.780	0.00	1.780	0.157	-12.207	0.628	0.1122	-0.0189	0.2388	-12.3197	858.907	0.000
139	0.2197	1.637	0.00	1.637	0.144	-12.352	0.578	0.0950	-0.0191	0.2197	-12.4468	859.052	0.000
140	0.2004	1.494	0.00	1.494	0.132	-12.484	0.527	0.0790	-0.0193	0.2004	-12.5626	859.184	0.000
141	0.1810	1.349	0.00	1.349	0.119	-12.603	0.476	0.0645	-0.0194	0.1810	-12.6670	859.303	0.000
142	0.1614	1.203	0.00	1.203	0.106	-12.709	0.424	0.0513	-0.0196	0.1614	-12.7599	859.409	0.000
143	0.1417	1.056	0.00	1.056	0.093	-12.802	0.373	0.0395	-0.0197	0.1417	-12.8413	859.502	0.000
144	0.1219	0.909	0.00	0.909	0.080	-12.882	0.320	0.0292	-0.0198	0.1219	-12.9111	859.582	0.000
145	0.1020	0.760	0.00	0.760	0.067	-12.949	0.268	0.0205	-0.0199	0.1020	-12.9694	859.649	0.000
146	0.0820	0.611	0.00	0.611	0.054	-13.003	0.216	0.0132	-0.0200	0.0820	-13.0161	859.703	0.000
147	0.0620	0.462	0.00	0.462	0.041	-13.044	0.163	0.0076	-0.0200	0.0620	-13.0511	859.744	0.000
148	0.0419	0.312	0.00	0.312	0.028	-13.071	0.110	0.0035	-0.0201	0.0419	-13.0745	859.771	0.000
149	0.0218	0.163	0.00	0.163	0.014	-13.085	0.057	0.0009	-0.0201	0.0218	-13.0863	859.785	0.000
150	0.0018	0.013	0.00	0.013	0.001	-13.087	0.005	0.0000	-0.0201	0.0017	-13.0866	859.787	0.000
151	0.0218	0.162		-0.162	-0.014	-13.072	0.057	0.0009	-0.0201	0.0218	-13.0732	859.772	0.000
152	0.0418	0.312		-0.312	-0.027	-13.045	0.110	0.0034	-0.0200	0.0418	-13.0482	859.745	0.000
153	0.0618	0.460		-0.460	-0.041	-13.004	0.162	0.0075	-0.0200	0.0618	-13.0117	859.704	0.000
154	0.0807	0.601		-0.601	-0.053	-12.951	0.212	0.0128	-0.0199	0.0817	-12.9639	859.651	-0.001
155	0.1007	0.751		-0.751	-0.066	-12.885	0.265	0.0200	-0.0198	0.1015	-12.9049	859.585	-0.001
156	0.1206	0.899		-0.899	-0.079	-12.806	0.317	0.0286	-0.0197	0.1212	-12.8343	859.506	-0.001
157	0.1403	1.046		-1.046	-0.092	-12.714	0.369	0.0387	-0.0196	0.1408	-12.7522	859.414	0.000

158	0.1598	1.191		-1.191	-0.105	-12.608	0.420	0.0503	-0.0194	0.1602	-12.6588	859.308	0.000
159	0.1792	1.336		-1.336	-0.118	-12.491	0.471	0.0632	-0.0193	0.1794	-12.5539	859.191	0.000
160	0.1984	1.478		-1.478	-0.130	-12.360	0.521	0.0774	-0.0191	0.1985	-12.4378	859.060	0.000
161	0.2173	1.620		-1.620	-0.143	-12.218	0.571	0.0929	-0.0189	0.2174	-12.3105	858.918	0.000
162	0.2360	1.759		-1.759	-0.155	-12.062	0.620	0.1096	-0.0187	0.2361	-12.1721	858.762	0.000
163	0.2545	1.897		-1.897	-0.167	-11.895	0.669	0.1275	-0.0185	0.2546	-12.0226	858.595	0.000
164	0.2727	2.033		-2.033	-0.179	-11.716	0.717	0.1464	-0.0182	0.2728	-11.8623	858.416	0.000
165	0.2907	2.166		-2.166	-0.191	-11.525	0.764	0.1663	-0.0179	0.2907	-11.6912	858.225	0.000
166	0.3082	2.297		-2.297	-0.203	-11.322	0.810	0.1868	-0.0177	0.3084	-11.5093	858.022	0.000
167	0.3255	2.426		-2.426	-0.214	-11.109	0.856	0.2084	-0.0174	0.3257	-11.3170	857.809	0.000
168	0.3425	2.553		-2.553	-0.225	-10.883	0.900	0.2308	-0.0171	0.3428	-11.1142	857.583	0.000
169	0.3592	2.677		-2.677	-0.236	-10.647	0.944	0.2538	-0.0167	0.3595	-10.9012	857.347	0.000
170	0.3759	2.801		-2.801	-0.247	-10.400	0.988	0.2780	-0.0164	0.3759	-10.6783	857.100	0.000
171	0.3919	2.920		-2.920	-0.258	-10.143	1.030	0.3021	-0.0160	0.3919	-10.4450	856.843	0.000
172	0.4075	3.037		-3.037	-0.268	-9.875	1.071	0.3267	-0.0157	0.4076	-10.2018	856.575	0.000
173	0.4227	3.150		-3.150	-0.278	-9.597	1.111	0.3516	-0.0153	0.4229	-9.9489	856.297	0.000
174	0.4376	3.262		-3.262	-0.288	-9.310	1.150	0.3768	-0.0149	0.4377	-9.6865	856.010	0.000
175	0.4521	3.370		-3.370	-0.297	-9.013	1.189	0.4022	-0.0144	0.4522	-9.4148	855.713	0.000
176	0.4661	3.473		-3.473	-0.306	-8.706	1.225	0.4273	-0.0140	0.4662	-9.1336	855.406	0.000
177	0.4797	3.575		-3.575	-0.315	-8.391	1.261	0.4527	-0.0136	0.4798	-8.8437	855.091	0.000
178	0.4928	3.673		-3.673	-0.324	-8.067	1.295	0.4778	-0.0131	0.4929	-8.5451	854.767	0.000
179	0.5055	3.767		-3.767	-0.332	-7.735	1.329	0.5027	-0.0126	0.5055	-8.2378	854.435	0.000
180	0.5177	3.858		-3.858	-0.340	-7.395	1.361	0.5272	-0.0122	0.5177	-7.9221	854.095	0.000
181	0.5292	3.944		-3.944	-0.348	-7.047	1.391	0.5510	-0.0117	0.5293	-7.5981	853.747	0.000
182	0.5404	4.027		-4.027	-0.355	-6.692	1.420	0.5745	-0.0112	0.5405	-7.2665	853.392	0.000
183	0.5510	4.107		-4.107	-0.362	-6.330	1.448	0.5974	-0.0106	0.5511	-6.9273	853.030	0.000
184	0.5612	4.182		-4.182	-0.369	-5.961	1.475	0.6195	-0.0101	0.5612	-6.5807	852.661	0.000
185	0.5707	4.254		-4.254	-0.375	-5.586	1.500	0.6408	-0.0096	0.5708	-6.2269	852.286	0.000
186	0.5797	4.321		-4.321	-0.381	-5.205	1.524	0.6613	-0.0090	0.5798	-5.8664	851.905	0.000
187	0.5882	4.384		-4.384	-0.387	-4.819	1.546	0.6807	-0.0084	0.5882	-5.4992	851.519	0.000
188	0.5961	4.442		-4.442	-0.392	-4.427	1.567	0.6990	-0.0079	0.5961	-5.1259	851.127	0.000
189	0.6033	4.496		-4.496	-0.396	-4.030	1.586	0.7160	-0.0073	0.6034	-4.7464	850.730	0.000
190	0.6100	4.546		-4.546	-0.401	-3.630	1.603	0.7320	-0.0067	0.6101	-4.3616	850.330	0.000
191	0.6161	4.592		-4.592	-0.405	-3.225	1.619	0.7468	-0.0061	0.6162	-3.9715	849.925	0.000
192	0.6216	4.633		-4.633	-0.408	-2.816	1.634	0.7602	-0.0055	0.6216	-3.5764	849.516	0.000
193	0.6265	4.669		-4.669	-0.412	-2.405	1.647	0.7722	-0.0049	0.6265	-3.1767	849.105	0.000
194	0.6307	4.701		-4.701	-0.414	-1.990	1.658	0.7827	-0.0043	0.6308	-2.7728	848.690	0.000
195	0.6344	4.728		-4.728	-0.417	-1.573	1.668	0.7918	-0.0036	0.6344	-2.3649	848.273	0.000
196	0.6374	4.750		-4.750	-0.419	-1.154	1.675	0.7993	-0.0030	0.6374	-1.9536	847.854	0.000
197	0.6398	4.768		-4.768	-0.420	-0.734	1.682	0.8052	-0.0024	0.6398	-1.5391	847.434	0.000
198	0.6415	4.781		-4.781	-0.422	-0.312	1.686	0.8096	-0.0017	0.6415	-1.1219	847.012	0.000
199	0.6425	4.789		-4.789	-0.422	0.110	1.689	0.8122	-0.0011	0.6426	-0.7023	846.590	0.000
200	0.6408	4.776	0.00	4.776	0.421	-0.311	1.685	0.8080	-0.0017	0.6408	-1.1192	847.011	0.000
201	0.6385	4.759	0.00	4.759	0.420	-0.731	1.678	0.8020	-0.0024	0.6385	-1.5329	847.431	0.000
202	0.6355	4.736	0.00	4.736	0.418	-1.148	1.670	0.7946	-0.0030	0.6355	-1.9430	847.848	0.000
203	0.6319	4.709	0.00	4.709	0.415	-1.564	1.661	0.7856	-0.0036	0.6319	-2.3493	848.264	0.000
204	0.6277	4.678	0.00	4.678	0.412	-1.976	1.650	0.7751	-0.0042	0.6277	-2.7513	848.676	0.000
205	0.6229	4.642	0.00	4.642	0.409	-2.385	1.637	0.7632	-0.0048	0.6229	-3.1487	849.085	0.000
206	0.6174	4.601	0.00	4.601	0.406	-2.791	1.623	0.7500	-0.0054	0.6174	-3.5412	849.491	0.000
207	0.6114	4.557	0.00	4.557	0.402	-3.193	1.607	0.7354	-0.0060	0.6114	-3.9284	849.893	0.000
208	0.6048	4.507	0.00	4.507	0.397	-3.590	1.590	0.7196	-0.0066	0.6048	-4.3100	850.290	0.000
209	0.5966	4.446	0.00	4.446	0.392	-3.982	1.568	0.7003	-0.0072	0.5976	-4.6828	850.682	-0.001
210	0.5891	4.390	0.00	4.390	0.387	-4.370	1.548	0.6827	-0.0078	0.5898	-5.0523	851.070	-0.001
211	0.5810	4.330	0.00	4.330	0.382	-4.751	1.527	0.6640	-0.0083	0.5815	-5.4154	851.451	-0.001
212	0.5723	4.265	0.00	4.265	0.376	-5.127	1.504	0.6443	-0.0089	0.5727	-5.7717	851.827	0.000
213	0.5630	4.196	0.00	4.196	0.370	-5.497	1.480	0.6236	-0.0094	0.5633	-6.1210	852.197	0.000
214	0.5532	4.123	0.00	4.123	0.364	-5.861	1.454	0.6020	-0.0099	0.5534	-6.4629	852.561	0.000
215	0.5428	4.045	0.00	4.045	0.357	-6.218	1.427	0.5797	-0.0104	0.5429	-6.7973	852.918	0.000
216	0.5319	3.964	0.00	3.964	0.350	-6.567	1.398	0.5567	-0.0109	0.5320	-7.1238	853.267	0.000
217	0.5205	3.879	0.00	3.879	0.342	-6.909	1.368	0.5331	-0.0114	0.5206	-7.4423	853.609	0.000
218	0.5087	3.791	0.00	3.791	0.334	-7.243	1.337	0.5090	-0.0119	0.5087	-7.7525	853.943	0.000
219	0.4968	3.703	0.00	3.703	0.326	-7.570	1.306	0.4856	-0.0124	0.4963	-8.0556	854.270	0.001
220	0.4835	3.603	0.00	3.603	0.318	-7.888	1.271	0.4599	-0.0128	0.4835	-8.3476	854.588	0.000
221	0.4703	3.505	0.00	3.505	0.309	-8.197	1.236	0.4351	-0.0132	0.4703	-8.6318	854.897	0.000
222	0.4566	3.403	0.00	3.403	0.300	-8.497	1.200	0.4102	-0.0137	0.4566	-8.9070	855.197	0.000
223	0.4425	3.298	0.00	3.298	0.291	-8.788	1.163	0.3853	-0.0141	0.4425	-9.1729	855.488	0.000
224	0.4281	3.190	0.00	3.190	0.281	-9.069	1.125	0.3605	-0.0145	0.4280	-9.4295	855.769	0.000
225	0.4132	3.079	0.00	3.079	0.272	-9.340	1.086	0.3359	-0.0148	0.4132	-9.6763	856.040	0.000
226	0.3980	2.966	0.00	2.966	0.262	-9.602	1.046	0.3116	-0.0152	0.3980	-9.9136	856.302	0.000
227	0.3824	2.850	0.00	2.850	0.251	-9.853	1.005	0.2877	-0.0156	0.3824	-10.1410	856.553	0.000
228	0.3665	2.732	0.00	2.732	0.241	-10.094	0.963	0.2643	-0.0159	0.3665	-10.3585	856.794	0.000
229	0.3503	2.611	0.00	2.611	0.230	-10.324	0.921	0.2415	-0.0162	0.3503	-10.5659	857.024	0.000
230	0.3338	2.488	0.00	2.488	0.219	-10.544	0.878	0.2193	-0.0165	0.3338	-10.7630	857.244	0.000
231	0.3171	2.363	0.00	2.363	0.208	-10.752	0.833	0.1978	-0.0168	0.3170	-10.9499	857.452	0.000
232	0.3000	2.236	0.00	2.236	0.197	-10.949	0.789	0.1771	-0.0171	0.2999	-11.1263	857.649	0.000

233	0.2827	2.107	0.00	2.107	0.186	-11.135	0.743	0.1572	-0.0173	0.2826	-11.2923	857.835	0.000
234	0.2652	1.976	0.00	1.976	0.174	-11.309	0.697	0.1383	-0.0176	0.2650	-11.4476	858.009	0.000
235	0.2474	1.844	0.00	1.844	0.163	-11.472	0.650	0.1204	-0.0178	0.2472	-11.5923	858.172	0.000
236	0.2294	1.710	0.00	1.710	0.151	-11.623	0.603	0.1036	-0.0180	0.2292	-11.7262	858.323	0.000
237	0.2113	1.575	0.00	1.575	0.139	-11.761	0.555	0.0878	-0.0182	0.2110	-11.8493	858.461	0.000
238	0.1929	1.438	0.00	1.438	0.127	-11.888	0.507	0.0732	-0.0184	0.1927	-11.9615	858.588	0.000
239	0.1742	1.298	0.00	1.298	0.114	-12.003	0.458	0.0597	-0.0185	0.1742	-12.0624	858.703	0.000
240	0.1555	1.159	0.00	1.159	0.102	-12.105	0.409	0.0476	-0.0186	0.1555	-12.1525	858.805	0.000
241	0.1368	1.019	0.00	1.019	0.090	-12.195	0.360	0.0368	-0.0188	0.1367	-12.2316	858.895	0.000
242	0.1179	0.879	0.00	0.879	0.077	-12.272	0.310	0.0274	-0.0189	0.1179	-12.2996	858.972	0.000
243	0.0990	0.738	0.00	0.738	0.065	-12.337	0.260	0.0193	-0.0190	0.0989	-12.3566	859.037	0.000
244	0.0800	0.596	0.00	0.596	0.053	-12.390	0.210	0.0126	-0.0190	0.0799	-12.4024	859.090	0.000
245	0.0609	0.454	0.00	0.454	0.040	-12.430	0.160	0.0073	-0.0191	0.0608	-12.4372	859.130	0.000
246	0.0418	0.312	0.00	0.312	0.027	-12.457	0.110	0.0034	-0.0191	0.0417	-12.4608	859.157	0.000
247	0.0227	0.169	0.00	0.169	0.015	-12.472	0.060	0.0010	-0.0191	0.0225	-12.4733	859.172	0.000
248	0.0036	0.027	0.00	0.027	0.002	-12.475	0.009	0.0000	-0.0191	0.0034	-12.4746	859.175	0.000
249	0.0221	0.165		-0.165	-0.015	-12.460	0.058	0.0010	-0.0191	0.0225	-12.4610	859.160	0.000
250	0.0412	0.307		-0.307	-0.027	-12.433	0.108	0.0033	-0.0191	0.0416	-12.4363	859.133	0.000
251	0.0602	0.448		-0.448	-0.040	-12.393	0.158	0.0071	-0.0190	0.0606	-12.4006	859.093	0.000
252	0.0791	0.590		-0.590	-0.052	-12.341	0.208	0.0123	-0.0190	0.0796	-12.3538	859.041	0.000
253	0.0979	0.730		-0.730	-0.064	-12.277	0.257	0.0189	-0.0189	0.0984	-12.2960	858.977	-0.001
254	0.1167	0.870		-0.870	-0.077	-12.200	0.307	0.0268	-0.0188	0.1172	-12.2272	858.900	-0.001
255	0.1353	1.008		-1.008	-0.089	-12.112	0.356	0.0360	-0.0186	0.1358	-12.1476	858.812	-0.001
256	0.1538	1.146		-1.146	-0.101	-12.011	0.404	0.0465	-0.0185	0.1544	-12.0570	858.711	-0.001
257	0.1721	1.282		-1.282	-0.113	-11.897	0.452	0.0582	-0.0183	0.1727	-11.9557	858.597	-0.001
258	0.1902	1.418		-1.418	-0.125	-11.772	0.500	0.0712	-0.0182	0.1909	-11.8436	858.472	-0.001
259	0.2082	1.551		-1.551	-0.137	-11.636	0.547	0.0853	-0.0180	0.2089	-11.7209	858.336	-0.001
260	0.2259	1.684		-1.684	-0.148	-11.487	0.594	0.1004	-0.0178	0.2266	-11.5876	858.187	-0.001
261	0.2434	1.814		-1.814	-0.160	-11.327	0.640	0.1166	-0.0176	0.2442	-11.4438	858.027	-0.001
262	0.2607	1.943		-1.943	-0.171	-11.156	0.685	0.1338	-0.0173	0.2615	-11.2896	857.856	-0.001
263	0.2786	2.076		-2.076	-0.183	-10.973	0.732	0.1527	-0.0171	0.2786	-11.1255	857.673	0.000
264	0.2954	2.201		-2.201	-0.194	-10.779	0.776	0.1716	-0.0168	0.2954	-10.9503	857.479	0.000
265	0.3118	2.324		-2.324	-0.205	-10.574	0.820	0.1913	-0.0165	0.3119	-10.7651	857.274	0.000
266	0.3280	2.445		-2.445	-0.216	-10.358	0.862	0.2117	-0.0162	0.3282	-10.5699	857.058	0.000
267	0.3439	2.563		-2.563	-0.226	-10.132	0.904	0.2327	-0.0159	0.3441	-10.3649	856.832	0.000
268	0.3594	2.679		-2.679	-0.236	-9.896	0.945	0.2542	-0.0156	0.3596	-10.1502	856.596	0.000
269	0.3746	2.792		-2.792	-0.246	-9.650	0.985	0.2761	-0.0152	0.3749	-9.9259	856.350	0.000
270	0.3895	2.903		-2.903	-0.256	-9.394	1.024	0.2984	-0.0149	0.3897	-9.6923	856.094	0.000
271	0.4039	3.010		-3.010	-0.265	-9.128	1.062	0.3210	-0.0145	0.4042	-9.4494	855.828	0.000
272	0.4180	3.115		-3.115	-0.275	-8.854	1.099	0.3438	-0.0141	0.4184	-9.1975	855.554	0.000
273	0.4317	3.217		-3.217	-0.284	-8.570	1.135	0.3666	-0.0137	0.4321	-8.9367	855.270	0.000
274	0.4449	3.316		-3.316	-0.292	-8.278	1.170	0.3895	-0.0133	0.4454	-8.6672	854.978	0.000
275	0.4578	3.412		-3.412	-0.301	-7.977	1.203	0.4123	-0.0129	0.4583	-8.3891	854.677	0.000
276	0.4702	3.504		-3.504	-0.309	-7.668	1.236	0.4349	-0.0124	0.4707	-8.1028	854.368	-0.001
277	0.4821	3.593		-3.593	-0.317	-7.351	1.267	0.4573	-0.0120	0.4827	-7.8084	854.051	-0.001
278	0.4936	3.679		-3.679	-0.324	-7.027	1.297	0.4793	-0.0115	0.4942	-7.5060	853.727	-0.001
279	0.5046	3.761		-3.761	-0.332	-6.695	1.326	0.5009	-0.0110	0.5052	-7.1960	853.395	-0.001
280	0.5151	3.839		-3.839	-0.338	-6.357	1.354	0.5220	-0.0106	0.5158	-6.8786	853.057	-0.001
281	0.5258	3.919		-3.919	-0.346	-6.011	1.382	0.5439	-0.0101	0.5258	-6.5550	852.711	0.000
282	0.5353	3.990		-3.990	-0.352	-5.659	1.407	0.5638	-0.0096	0.5354	-6.2231	852.359	0.000
283	0.5443	4.056		-4.056	-0.358	-5.302	1.431	0.5828	-0.0090	0.5444	-5.8845	852.002	0.000
284	0.5527	4.119		-4.119	-0.363	-4.938	1.453	0.6010	-0.0085	0.5529	-5.5395	851.638	0.000
285	0.5606	4.178		-4.178	-0.368	-4.570	1.474	0.6183	-0.0080	0.5609	-5.1883	851.270	0.000
286	0.5679	4.233		-4.233	-0.373	-4.197	1.493	0.6346	-0.0074	0.5683	-4.8314	850.897	0.000
287	0.5747	4.283		-4.283	-0.378	-3.819	1.511	0.6498	-0.0069	0.5752	-4.4690	850.519	0.000
288	0.5809	4.329		-4.329	-0.382	-3.437	1.527	0.6639	-0.0063	0.5815	-4.1014	850.137	-0.001
289	0.5871	4.375		-4.375	-0.386	-3.052	1.543	0.6780	-0.0057	0.5872	-3.7297	849.752	0.000
290	0.5921	4.412		-4.412	-0.389	-2.663	1.556	0.6896	-0.0051	0.5923	-3.3522	849.363	0.000
291	0.5964	4.445		-4.445	-0.392	-2.271	1.568	0.6999	-0.0046	0.5969	-2.9705	848.971	0.000
292	0.6006	4.476		-4.476	-0.395	-1.876	1.579	0.7097	-0.0040	0.6009	-2.5857	848.576	0.000
293	0.6040	4.501		-4.501	-0.397	-1.479	1.588	0.7176	-0.0034	0.6042	-2.1967	848.179	0.000
294	0.6070	4.524		-4.524	-0.399	-1.080	1.595	0.7248	-0.0028	0.6070	-1.8050	847.780	0.000
295	0.6091	4.540		-4.540	-0.400	-0.680	1.601	0.7300	-0.0022	0.6092	-1.4099	847.380	0.000
296	0.6107	4.551		-4.551	-0.401	-0.279	1.605	0.7336	-0.0016	0.6107	-1.0125	846.979	0.000
297	0.6087	4.537	0.00	4.537	0.400	-0.679	1.600	0.7290	-0.0022	0.6086	-1.4076	847.379	0.000
298	0.6059	4.515	0.00	4.515	0.398	-1.077	1.593	0.7222	-0.0028	0.6058	-1.7990	847.777	0.000
299	0.6025	4.490	0.00	4.490	0.396	-1.473	1.584	0.7141	-0.0034	0.6024	-2.1868	848.173	0.000
300	0.5987	4.462	0.00	4.462	0.393	-1.866	1.574	0.7053	-0.0039	0.5985	-2.5714	848.566	0.000
301	0.5941	4.428	0.00	4.428	0.390	-2.257	1.562	0.6945	-0.0045	0.5940	-2.9511	848.957	0.000
302	0.5890	4.390	0.00	4.390	0.387	-2.644	1.548	0.6825	-0.0051	0.5889	-3.3262	849.344	0.000
303	0.5833	4.347	0.00	4.347	0.383	-3.027	1.533	0.6693	-0.0057	0.5832	-3.6963	849.727	0.000
304	0.5770	4.300	0.00	4.300	0.379	-3.406	1.517	0.6550	-0.0062	0.5770	-4.0612	850.106	0.000
305	0.5702	4.250	0.00	4.250	0.375	-3.781	1.499	0.6397	-0.0068	0.5702	-4.4205	850.481	0.000
306	0.5628	4.195	0.00	4.195	0.370	-4.151	1.479	0.6233	-0.0073	0.5628	-4.7740	850.851	0.000
307	0.5551	4.137	0.00	4.137	0.365	-4.516	1.459	0.6062	-0.0079	0.5550	-5.1217	851.216	0.000
308	0.5467	4.074	0.00	4.074	0.359	-4.875	1.437	0.5880	-0.0084	0.5466	-5.4627	851.575	0.000

309	0.5378	4.008	0.00	4.008	0.353	-5.228	1.414	0.5689	-0.0089	0.5377	-5.7971	851.928	0.00
310	0.5283	3.938	0.00	3.938	0.347	-5.575	1.389	0.5492	-0.0094	0.5283	-6.1245	852.275	0.00
311	0.5184	3.864	0.00	3.864	0.341	-5.916	1.363	0.5288	-0.0099	0.5184	-6.4448	852.616	0.00
312	0.5080	3.786	0.00	3.786	0.334	-6.250	1.335	0.5078	-0.0104	0.5080	-6.7577	852.950	0.00
313	0.4972	3.706	0.00	3.706	0.327	-6.577	1.307	0.4864	-0.0108	0.4972	-7.0631	853.277	0.00
314	0.4859	3.622	0.00	3.622	0.319	-6.896	1.277	0.4646	-0.0113	0.4859	-7.3605	853.596	0.00
315	0.4742	3.534	0.00	3.534	0.312	-7.208	1.246	0.4424	-0.0117	0.4742	-7.6499	853.908	0.00
316	0.4620	3.443	0.00	3.443	0.304	-7.511	1.214	0.4199	-0.0122	0.4620	-7.9311	854.211	0.00
317	0.4494	3.349	0.00	3.349	0.295	-7.807	1.181	0.3974	-0.0126	0.4494	-8.2039	854.507	0.00
318	0.4364	3.253	0.00	3.253	0.287	-8.093	1.147	0.3747	-0.0130	0.4364	-8.4680	854.793	0.00
319	0.4230	3.153	0.00	3.153	0.278	-8.371	1.112	0.3521	-0.0134	0.4230	-8.7234	855.071	0.00
320	0.4093	3.050	0.00	3.050	0.269	-8.640	1.076	0.3295	-0.0138	0.4093	-8.9698	855.340	0.00
321	0.3951	2.945	0.00	2.945	0.260	-8.900	1.039	0.3072	-0.0141	0.3951	-9.2070	855.600	0.00
322	0.3806	2.837	0.00	2.837	0.250	-9.150	1.001	0.2851	-0.0145	0.3806	-9.4351	855.850	0.00
323	0.3658	2.726	0.00	2.726	0.240	-9.390	0.962	0.2633	-0.0148	0.3658	-9.6537	856.090	0.00
324	0.3507	2.614	0.00	2.614	0.230	-9.621	0.922	0.2420	-0.0151	0.3507	-9.8629	856.321	0.00
325	0.3353	2.499	0.00	2.499	0.220	-9.841	0.881	0.2212	-0.0154	0.3353	-10.0624	856.541	0.00
326	0.3195	2.381	0.00	2.381	0.210	-10.051	0.840	0.2009	-0.0157	0.3195	-10.2521	856.751	0.00
327	0.3035	2.262	0.00	2.262	0.199	-10.251	0.798	0.1812	-0.0160	0.3035	-10.4319	856.951	0.00
328	0.2873	2.141	0.00	2.141	0.189	-10.439	0.755	0.1623	-0.0163	0.2873	-10.6018	857.139	0.00
329	0.2708	2.018	0.00	2.018	0.178	-10.617	0.712	0.1442	-0.0165	0.2707	-10.7616	857.317	0.00
330	0.2540	1.893	0.00	1.893	0.167	-10.784	0.668	0.1270	-0.0167	0.2540	-10.9113	857.484	0.00
331	0.2371	1.767	0.00	1.767	0.156	-10.940	0.623	0.1106	-0.0170	0.2370	-11.0507	857.640	0.00
332	0.2200	1.639	0.00	1.639	0.145	-11.085	0.578	0.0952	-0.0172	0.2199	-11.1799	857.785	0.00
333	0.2027	1.510	0.00	1.510	0.133	-11.218	0.533	0.0808	-0.0173	0.2025	-11.2986	857.918	0.00
334	0.1852	1.380	0.00	1.380	0.122	-11.340	0.487	0.0675	-0.0175	0.1850	-11.4070	858.040	0.00
335	0.1676	1.249	0.00	1.249	0.110	-11.450	0.440	0.0552	-0.0177	0.1674	-11.5049	858.150	0.00
336	0.1496	1.115	0.00	1.115	0.098	-11.548	0.393	0.0440	-0.0178	0.1496	-11.5920	858.248	0.00
337	0.1317	0.981	0.00	0.981	0.087	-11.634	0.346	0.0341	-0.0179	0.1317	-11.6686	858.334	0.00
338	0.1137	0.847	0.00	0.847	0.075	-11.709	0.299	0.0254	-0.0180	0.1137	-11.7346	858.409	0.00
339	0.0956	0.713	0.00	0.713	0.063	-11.772	0.251	0.0180	-0.0181	0.0956	-11.7900	858.472	0.00
340	0.0775	0.578	0.00	0.578	0.051	-11.823	0.204	0.0118	-0.0182	0.0774	-11.8348	858.523	0.00
341	0.0593	0.442	0.00	0.442	0.039	-11.862	0.156	0.0069	-0.0182	0.0592	-11.8689	858.562	0.00
342	0.0411	0.306	0.00	0.306	0.027	-11.889	0.108	0.0033	-0.0183	0.0409	-11.8923	858.589	0.00
343	0.0228	0.170	0.00	0.170	0.015	-11.904	0.060	0.0010	-0.0183	0.0227	-11.9050	858.604	0.00
344	0.0046	0.034	0.00	0.034	0.003	-11.907	0.012	0.0000	-0.0183	0.0044	-11.9070	858.607	0.00
345	0.0226	0.168	0.00	-0.168	-0.015	-11.892	0.059	0.0010	-0.0183	0.0226	-11.8931	858.592	0.00
346	0.0408	0.304	0.00	-0.304	-0.027	-11.865	0.107	0.0033	-0.0182	0.0409	-11.8686	858.565	0.00
347	0.0590	0.439	0.00	-0.439	-0.039	-11.827	0.155	0.0068	-0.0182	0.0590	-11.8334	858.527	0.00
348	0.0770	0.574	0.00	-0.574	-0.051	-11.776	0.203	0.0117	-0.0181	0.0771	-11.7876	858.476	0.00
349	0.0951	0.709	0.00	-0.709	-0.062	-11.713	0.250	0.0178	-0.0180	0.0951	-11.7312	858.413	0.00
350	0.1130	0.842	0.00	-0.842	-0.074	-11.639	0.297	0.0251	-0.0179	0.1130	-11.6643	858.339	0.00
351	0.1308	0.974	0.00	-0.974	-0.086	-11.553	0.344	0.0336	-0.0178	0.1308	-11.5869	858.253	0.00
352	0.1484	1.106	0.00	-1.106	-0.098	-11.456	0.390	0.0433	-0.0176	0.1484	-11.4991	858.156	0.00
353	0.1659	1.237	0.00	-1.237	-0.109	-11.347	0.436	0.0542	-0.0175	0.1659	-11.4009	858.047	0.00
354	0.1832	1.366	0.00	-1.366	-0.120	-11.226	0.482	0.0661	-0.0173	0.1833	-11.2923	857.926	0.00
355	0.2004	1.493	0.00	-1.493	-0.132	-11.095	0.527	0.0790	-0.0171	0.2004	-11.1736	857.795	0.00
356	0.2173	1.620	0.00	-1.620	-0.143	-10.952	0.571	0.0929	-0.0169	0.2174	-11.0447	857.652	0.00
357	0.2341	1.744	0.00	-1.744	-0.154	-10.798	0.615	0.1078	-0.0167	0.2341	-10.9058	857.498	0.00
358	0.2506	1.867	0.00	-1.867	-0.165	-10.633	0.659	0.1235	-0.0165	0.2506	-10.7568	857.333	0.00
359	0.2669	1.989	0.00	-1.989	-0.175	-10.458	0.701	0.1401	-0.0163	0.2669	-10.5981	857.158	0.00
360	0.2829	2.108	0.00	-2.108	-0.186	-10.272	0.744	0.1574	-0.0160	0.2829	-10.4295	856.972	0.00
361	0.2986	2.225	0.00	-2.225	-0.196	-10.076	0.785	0.1754	-0.0157	0.2986	-10.2512	856.776	0.00
362	0.3140	2.340	0.00	-2.340	-0.206	-9.870	0.825	0.1940	-0.0154	0.3141	-10.0635	856.570	0.00
363	0.3292	2.453	0.00	-2.453	-0.216	-9.653	0.865	0.2132	-0.0151	0.3292	-9.8664	856.353	0.00
364	0.3440	2.563	0.00	-2.563	-0.226	-9.427	0.904	0.2328	-0.0148	0.3440	-9.6599	856.127	0.00
365	0.3585	2.672	0.00	-2.672	-0.236	-9.192	0.942	0.2528	-0.0145	0.3585	-9.4444	855.892	0.00
366	0.3726	2.777	0.00	-2.777	-0.245	-8.947	0.980	0.2732	-0.0141	0.3727	-9.2199	855.647	0.00
367	0.3864	2.880	0.00	-2.880	-0.254	-8.693	1.016	0.2938	-0.0138	0.3865	-8.9866	855.393	0.00
368	0.3999	2.980	0.00	-2.980	-0.263	-8.430	1.051	0.3146	-0.0134	0.3999	-8.7446	855.130	0.00
369	0.4128	3.077	0.00	-3.077	-0.271	-8.159	1.085	0.3353	-0.0130	0.4129	-8.4940	854.859	0.00
370	0.4255	3.171	0.00	-3.171	-0.280	-7.879	1.118	0.3562	-0.0126	0.4256	-8.2352	854.579	0.00
371	0.4377	3.262	0.00	-3.262	-0.288	-7.591	1.151	0.3770	-0.0122	0.4378	-7.9684	854.291	0.00
372	0.4495	3.350	0.00	-3.350	-0.295	-7.296	1.182	0.3976	-0.0118	0.4496	-7.6936	853.996	0.00
373	0.4609	3.435	0.00	-3.435	-0.303	-6.993	1.212	0.4180	-0.0114	0.4610	-7.4111	853.693	0.00
374	0.4719	3.517	0.00	-3.517	-0.310	-6.683	1.240	0.4381	-0.0109	0.4719	-7.1211	853.383	0.00
375	0.4823	3.595	0.00	-3.595	-0.317	-6.366	1.268	0.4577	-0.0105	0.4824	-6.8238	853.066	0.00
376	0.4924	3.669	0.00	-3.669	-0.324	-6.042	1.294	0.4769	-0.0100	0.4924	-6.5194	852.742	0.00
377	0.5018	3.740	0.00	-3.740	-0.330	-5.713	1.319	0.4955	-0.0095	0.5019	-6.2082	852.413	0.00
378	0.5109	3.807	0.00	-3.807	-0.336	-5.377	1.343	0.5135	-0.0090	0.5109	-5.8905	852.077	0.00
379	0.5194	3.871	0.00	-3.871	-0.341	-5.036	1.365	0.5308	-0.0085	0.5195	-5.5665	851.736	0.00
380	0.5275	3.931	0.00	-3.931	-0.347	-4.689	1.387	0.5474	-0.0080	0.5275	-5.2364	851.389	0.00
381	0.5350	3.987	0.00	-3.987	-0.352	-4.337	1.406	0.5631	-0.0075	0.5350	-4.9005	851.037	0.00
382	0.5420	4.039	0.00	-4.039	-0.356	-3.981	1.425	0.5780	-0.0070	0.5420	-4.5592	850.681	0.00
383	0.5485	4.088	0.00	-4.088	-0.360	-3.621	1.442	0.5918	-0.0065	0.5485	-4.2127	850.321	0.00

384	0.5544	4.132		-4.132	-0.364	-3.256	1.457	0.6047	-0.0059	0.5544	-3.8612	849.956	0.000
385	0.5598	4.172		-4.172	-0.368	-2.889	1.471	0.6165	-0.0054	0.5598	-3.5051	849.589	0.000
386	0.5646	4.208		-4.208	-0.371	-2.518	1.484	0.6272	-0.0048	0.5646	-3.1448	849.218	0.000
387	0.5689	4.240		-4.240	-0.374	-2.144	1.495	0.6366	-0.0043	0.5689	-2.7804	848.844	0.000
388	0.5726	4.267		-4.267	-0.376	-1.768	1.505	0.6450	-0.0037	0.5726	-2.4125	848.468	0.000
389	0.5757	4.291		-4.291	-0.378	-1.389	1.513	0.6521	-0.0031	0.5757	-2.0413	848.089	0.000
390	0.5783	4.310		-4.310	-0.380	-1.009	1.520	0.6579	-0.0026	0.5783	-1.6671	847.709	0.000
391	0.5803	4.324		-4.324	-0.381	-0.628	1.525	0.6624	-0.0020	0.5803	-1.2903	847.328	0.000
392	0.5785	4.311	0.00	4.311	0.380	-1.008	1.521	0.6584	-0.0026	0.5777	-1.6664	847.708	0.001
393	0.5740	4.278	0.00	4.278	0.377	-1.385	1.509	0.6482	-0.0031	0.5746	-2.0334	848.085	-0.001
394	0.5715	4.259	0.00	4.259	0.376	-1.761	1.502	0.6425	-0.0037	0.5709	-2.4032	848.461	0.001
395	0.5667	4.223	0.00	4.223	0.372	-2.133	1.489	0.6317	-0.0042	0.5667	-2.7649	848.833	0.000
396	0.5619	4.187	0.00	4.187	0.369	-2.502	1.477	0.6211	-0.0048	0.5619	-3.1234	849.202	0.000
397	0.5565	4.148	0.00	4.148	0.366	-2.868	1.463	0.6093	-0.0053	0.5565	-3.4774	849.568	0.000
398	0.5507	4.104	0.00	4.104	0.362	-3.230	1.447	0.5966	-0.0059	0.5507	-3.8265	849.930	0.000
399	0.5443	4.056	0.00	4.056	0.358	-3.588	1.431	0.5828	-0.0064	0.5443	-4.1703	850.288	0.000
400	0.5373	4.005	0.00	4.005	0.353	-3.941	1.412	0.5680	-0.0069	0.5373	-4.5087	850.641	0.000
401	0.5299	3.949	0.00	3.949	0.348	-4.289	1.393	0.5524	-0.0074	0.5299	-4.8414	850.989	0.000
402	0.5220	3.890	0.00	3.890	0.343	-4.632	1.372	0.5360	-0.0079	0.5220	-5.1680	851.332	0.000
403	0.5136	3.827	0.00	3.827	0.337	-4.969	1.350	0.5189	-0.0084	0.5136	-5.4883	851.669	0.000
404	0.5046	3.761	0.00	3.761	0.332	-5.301	1.327	0.5010	-0.0089	0.5046	-5.8021	852.001	0.000
405	0.4953	3.691	0.00	3.691	0.325	-5.626	1.302	0.4826	-0.0094	0.4953	-6.1091	852.326	0.000
406	0.4854	3.618	0.00	3.618	0.319	-5.945	1.276	0.4636	-0.0098	0.4854	-6.4091	852.645	0.000
407	0.4752	3.541	0.00	3.541	0.312	-6.258	1.249	0.4442	-0.0103	0.4752	-6.7019	852.958	0.000
408	0.4644	3.461	0.00	3.461	0.305	-6.563	1.221	0.4244	-0.0107	0.4644	-6.9873	853.263	0.000
409	0.4533	3.378	0.00	3.378	0.298	-6.861	1.191	0.4042	-0.0111	0.4533	-7.2650	853.561	0.000
410	0.4417	3.292	0.00	3.292	0.290	-7.151	1.161	0.3839	-0.0116	0.4417	-7.5349	853.851	0.000
411	0.4297	3.203	0.00	3.203	0.282	-7.433	1.130	0.3633	-0.0120	0.4297	-7.7968	854.133	0.000
412	0.4174	3.111	0.00	3.111	0.274	-7.708	1.097	0.3428	-0.0124	0.4174	-8.0505	854.408	0.000
413	0.4047	3.016	0.00	3.016	0.266	-7.974	1.064	0.3222	-0.0127	0.4047	-8.2959	854.674	0.000
414	0.3916	2.918	0.00	2.918	0.257	-8.231	1.029	0.3017	-0.0131	0.3916	-8.5327	854.931	0.000
415	0.3781	2.818	0.00	2.818	0.248	-8.479	0.994	0.2813	-0.0134	0.3781	-8.7608	855.179	0.000
416	0.3643	2.715	0.00	2.715	0.239	-8.719	0.958	0.2612	-0.0138	0.3643	-8.9801	855.419	0.000
417	0.3502	2.610	0.00	2.610	0.230	-8.949	0.921	0.2413	-0.0141	0.3502	-9.1904	855.649	0.000
418	0.3358	2.503	0.00	2.503	0.221	-9.170	0.883	0.2219	-0.0144	0.3358	-9.3916	855.870	0.000
419	0.3211	2.393	0.00	2.393	0.211	-9.381	0.844	0.2029	-0.0147	0.3211	-9.5837	856.081	0.000
420	0.3061	2.282	0.00	2.282	0.201	-9.582	0.805	0.1844	-0.0150	0.3061	-9.7663	856.282	0.000
421	0.2909	2.168	0.00	2.168	0.191	-9.773	0.765	0.1665	-0.0153	0.2909	-9.9396	856.473	0.000
422	0.2754	2.052	0.00	2.052	0.181	-9.954	0.724	0.1492	-0.0155	0.2754	-10.1033	856.654	0.000
423	0.2596	1.935	0.00	1.935	0.171	-10.125	0.682	0.1326	-0.0157	0.2596	-10.2573	856.825	0.000
424	0.2437	1.816	0.00	1.816	0.160	-10.285	0.640	0.1168	-0.0160	0.2437	-10.4016	856.985	0.000
425	0.2275	1.695	0.00	1.695	0.149	-10.434	0.598	0.1018	-0.0162	0.2275	-10.5361	857.134	0.000
426	0.2111	1.574	0.00	1.574	0.139	-10.573	0.555	0.0877	-0.0164	0.2111	-10.6608	857.273	0.000
427	0.1946	1.450	0.00	1.450	0.128	-10.701	0.512	0.0745	-0.0165	0.1946	-10.7754	857.401	0.000
428	0.1779	1.326	0.00	1.326	0.117	-10.818	0.468	0.0623	-0.0167	0.1779	-10.8801	857.518	0.000
429	0.1611	1.200	0.00	1.200	0.106	-10.924	0.423	0.0510	-0.0168	0.1611	-10.9747	857.624	0.000
430	0.1441	1.074	0.00	1.074	0.095	-11.018	0.379	0.0408	-0.0170	0.1441	-11.0592	857.718	0.000
431	0.1270	0.947	0.00	0.947	0.083	-11.102	0.334	0.0317	-0.0171	0.1270	-11.1336	857.802	0.000
432	0.1098	0.818	0.00	0.818	0.072	-11.174	0.289	0.0237	-0.0172	0.1098	-11.1977	857.874	0.000
433	0.0926	0.690	0.00	0.690	0.061	-11.235	0.243	0.0169	-0.0173	0.0925	-11.2517	857.935	0.000
434	0.0758	0.565	0.00	0.565	0.050	-11.285	0.199	0.0113	-0.0173	0.0752	-11.2959	857.985	0.001
435	0.0578	0.431	0.00	0.431	0.038	-11.323	0.152	0.0066	-0.0174	0.0578	-11.3292	858.023	0.000
436	0.0404	0.301	0.00	0.301	0.027	-11.349	0.106	0.0032	-0.0174	0.0404	-11.3524	858.049	0.000
437	0.0230	0.171	0.00	0.171	0.015	-11.364	0.060	0.0010	-0.0174	0.0230	-11.3653	858.064	0.000
438	0.0055	0.041	0.00	0.041	0.004	-11.368	0.015	0.0001	-0.0174	0.0055	-11.3670	858.068	0.000
439	0.0229	0.171		-0.171	-0.015	-11.353	0.060	0.0010	-0.0174	0.0229	-11.3538	858.053	0.000
440	0.0396	0.295		-0.295	-0.026	-11.327	0.104	0.0031	-0.0174	0.0403	-11.3299	858.027	-0.001
441	0.0577	0.430		-0.430	-0.038	-11.289	0.152	0.0065	-0.0173	0.0577	-11.2954	857.989	0.000
442	0.0749	0.558		-0.558	-0.049	-11.240	0.197	0.0110	-0.0173	0.0749	-11.2507	857.940	0.000
443	0.0921	0.686		-0.686	-0.061	-11.179	0.242	0.0167	-0.0172	0.0921	-11.1958	857.879	0.000
444	0.1092	0.814		-0.814	-0.072	-11.107	0.287	0.0235	-0.0171	0.1092	-11.1308	857.807	0.000
445	0.1262	0.940		-0.940	-0.083	-11.024	0.332	0.0313	-0.0170	0.1262	-11.0558	857.724	0.000
446	0.1424	1.061		-1.061	-0.094	-10.931	0.374	0.0399	-0.0168	0.1430	-10.9708	857.631	-0.001
447	0.1597	1.190		-1.190	-0.105	-10.826	0.420	0.0502	-0.0167	0.1597	-10.8761	857.526	0.000
448	0.1762	1.313		-1.313	-0.116	-10.710	0.463	0.0611	-0.0165	0.1762	-10.7712	857.410	0.000
449	0.1926	1.435		-1.435	-0.127	-10.584	0.506	0.0730	-0.0164	0.1926	-10.6566	857.284	0.000
450	0.2087	1.556		-1.556	-0.137	-10.446	0.549	0.0857	-0.0162	0.2087	-10.5321	857.146	0.000
451	0.2247	1.675		-1.675	-0.148	-10.299	0.591	0.0993	-0.0160	0.2247	-10.3981	856.999	0.000
452	0.2404	1.792		-1.792	-0.158	-10.141	0.632	0.1137	-0.0157	0.2404	-10.2545	856.841	0.000
453	0.2559	1.907		-1.907	-0.168	-9.973	0.673	0.1289	-0.0155	0.2559	-10.1015	856.673	0.000
454	0.2712	2.021		-2.021	-0.178	-9.794	0.713	0.1447	-0.0153	0.2712	-9.9391	856.494	0.000
455	0.2862	2.133		-2.133	-0.188	-9.606	0.752	0.1611	-0.0150	0.2862	-9.7674	856.306	0.000
456	0.3007	2.241		-2.241	-0.198	-9.409	0.790	0.1779	-0.0147	0.3009	-9.5866	856.109	0.000
457	0.3153	2.350		-2.350	-0.207	-9.202	0.829	0.1956	-0.0144	0.3153	-9.3971	855.902	0.000
458	0.3294	2.455		-2.455	-0.216	-8.985	0.866	0.2135	-0.0141	0.3294	-9.1985	855.685	0.000

459	0.3432	2.558		-2.558	-0.226	-8.759	0.902	0.2318	-0.0138	0.3432	-8.9912	855.459	0.000
460	0.3567	2.658		-2.658	-0.234	-8.525	0.938	0.2503	-0.0135	0.3567	-8.7754	855.225	0.000
461	0.3698	2.756		-2.756	-0.243	-8.282	0.972	0.2691	-0.0131	0.3698	-8.5511	854.982	0.000
462	0.3826	2.851		-2.851	-0.251	-8.031	1.006	0.2880	-0.0128	0.3826	-8.3186	854.731	0.000
463	0.3950	2.944		-2.944	-0.260	-7.771	1.038	0.3069	-0.0124	0.3950	-8.0780	854.471	0.000
464	0.4070	3.033		-3.033	-0.267	-7.504	1.070	0.3259	-0.0120	0.4070	-7.8295	854.204	0.000
465	0.4186	3.120		-3.120	-0.275	-7.229	1.100	0.3448	-0.0116	0.4186	-7.5733	853.929	0.000
466	0.4298	3.203		-3.203	-0.282	-6.946	1.130	0.3635	-0.0112	0.4298	-7.3096	853.646	0.000
467	0.4406	3.284		-3.284	-0.290	-6.657	1.158	0.3820	-0.0108	0.4406	-7.0385	853.357	0.000
468	0.4510	3.361		-3.361	-0.296	-6.360	1.186	0.4002	-0.0104	0.4510	-6.7603	853.060	0.000
469	0.4609	3.435		-3.435	-0.303	-6.057	1.212	0.4180	-0.0099	0.4609	-6.4753	852.757	0.000
470	0.4704	3.506		-3.506	-0.309	-5.748	1.237	0.4354	-0.0095	0.4704	-6.1835	852.448	0.000
471	0.4795	3.573		-3.573	-0.315	-5.433	1.260	0.4523	-0.0090	0.4795	-5.8853	852.133	0.000
472	0.4880	3.637		-3.637	-0.321	-5.112	1.283	0.4686	-0.0086	0.4880	-5.5809	851.812	0.000
473	0.4961	3.697		-3.697	-0.326	-4.786	1.304	0.4842	-0.0081	0.4961	-5.2705	851.486	0.000
474	0.5037	3.754		-3.754	-0.331	-4.455	1.324	0.4992	-0.0076	0.5037	-4.9545	851.155	0.000
475	0.5108	3.807		-3.807	-0.336	-4.120	1.343	0.5134	-0.0071	0.5108	-4.6330	850.820	0.000
476	0.5174	3.856		-3.856	-0.340	-3.780	1.360	0.5268	-0.0066	0.5174	-4.3063	850.480	0.000
477	0.5235	3.902		-3.902	-0.344	-3.436	1.376	0.5393	-0.0061	0.5235	-3.9748	850.136	0.000
478	0.5291	3.943		-3.943	-0.348	-3.088	1.391	0.5508	-0.0056	0.5291	-3.6386	849.788	0.000
479	0.5342	3.981		-3.981	-0.351	-2.737	1.404	0.5614	-0.0051	0.5342	-3.2982	849.437	0.000
480	0.5387	4.015		-4.015	-0.354	-2.383	1.416	0.5710	-0.0045	0.5387	-2.9537	849.083	0.000
481	0.5427	4.045		-4.045	-0.357	-2.026	1.427	0.5795	-0.0040	0.5427	-2.6056	848.726	0.000
482	0.5462	4.071		-4.071	-0.359	-1.667	1.436	0.5869	-0.0035	0.5462	-2.2541	848.367	0.000
483	0.5491	4.092		-4.092	-0.361	-1.306	1.443	0.5932	-0.0029	0.5491	-1.8995	848.006	0.000
484	0.5512	4.108		-4.108	-0.362	-0.944	1.449	0.5977	-0.0024	0.5512	-1.5418	847.644	0.000
485	0.5486	4.088	0.00	4.088	0.360	-1.305	1.442	0.5920	-0.0029	0.5486	-1.8966	848.005	0.000
486	0.5451	4.063	0.00	4.063	0.358	-1.663	1.433	0.5846	-0.0034	0.5451	-2.2474	848.363	0.000
487	0.5411	4.033	0.00	4.033	0.356	-2.018	1.422	0.5761	-0.0040	0.5411	-2.5945	848.718	0.000
488	0.5366	3.999	0.00	3.999	0.353	-2.371	1.411	0.5665	-0.0045	0.5366	-2.9376	849.071	0.000
489	0.5316	3.962	0.00	3.962	0.349	-2.720	1.397	0.5560	-0.0050	0.5316	-3.2763	849.420	0.000
490	0.5260	3.920	0.00	3.920	0.346	-3.066	1.383	0.5444	-0.0055	0.5260	-3.6105	849.766	0.000
491	0.5200	3.875	0.00	3.875	0.342	-3.408	1.367	0.5320	-0.0060	0.5200	-3.9397	850.108	0.000
492	0.5135	3.827	0.00	3.827	0.337	-3.745	1.350	0.5187	-0.0065	0.5135	-4.2639	850.445	0.000
493	0.5064	3.774	0.00	3.774	0.333	-4.078	1.331	0.5046	-0.0070	0.5064	-4.5825	850.778	0.000
494	0.4989	3.718	0.00	3.718	0.328	-4.406	1.311	0.4897	-0.0075	0.4989	-4.8955	851.106	0.000
495	0.4909	3.659	0.00	3.659	0.323	-4.728	1.290	0.4742	-0.0080	0.4909	-5.2026	851.428	0.000
496	0.4825	3.596	0.00	3.596	0.317	-5.045	1.268	0.4580	-0.0084	0.4825	-5.5035	851.745	0.000
497	0.4736	3.530	0.00	3.530	0.311	-5.357	1.245	0.4412	-0.0089	0.4736	-5.7980	852.057	0.000
498	0.4642	3.460	0.00	3.460	0.305	-5.662	1.220	0.4240	-0.0093	0.4642	-6.0858	852.362	0.000
499	0.4545	3.387	0.00	3.387	0.299	-5.960	1.195	0.4064	-0.0098	0.4545	-6.3668	852.660	0.000
500	0.4443	3.311	0.00	3.311	0.292	-6.252	1.168	0.3883	-0.0102	0.4443	-6.6407	852.952	0.000
501	0.4337	3.232	0.00	3.232	0.285	-6.537	1.140	0.3700	-0.0106	0.4337	-6.9074	853.237	0.000
502	0.4227	3.150	0.00	3.150	0.278	-6.815	1.111	0.3515	-0.0110	0.4227	-7.1667	853.515	0.000
503	0.4113	3.065	0.00	3.065	0.270	-7.085	1.081	0.3328	-0.0114	0.4113	-7.4183	853.785	0.000
504	0.3995	2.978	0.00	2.978	0.263	-7.348	1.050	0.3141	-0.0118	0.3995	-7.6621	854.048	0.000
505	0.3874	2.887	0.00	2.887	0.255	-7.603	1.018	0.2953	-0.0121	0.3874	-7.8979	854.303	0.000
506	0.3756	2.800	0.00	2.800	0.247	-7.849	0.987	0.2776	-0.0125	0.3749	-8.1271	854.549	0.001
507	0.3621	2.699	0.00	2.699	0.238	-8.087	0.952	0.2580	-0.0128	0.3621	-8.3454	854.787	0.000
508	0.3490	2.601	0.00	2.601	0.229	-8.317	0.917	0.2396	-0.0131	0.3490	-8.5564	855.017	0.000
509	0.3356	2.501	0.00	2.501	0.221	-8.537	0.882	0.2215	-0.0134	0.3356	-8.7588	855.237	0.000
510	0.3218	2.398	0.00	2.398	0.211	-8.749	0.846	0.2038	-0.0137	0.3218	-8.9525	855.449	0.000
511	0.3078	2.294	0.00	2.294	0.202	-8.951	0.809	0.1864	-0.0140	0.3078	-9.1374	855.651	0.000
512	0.2935	2.187	0.00	2.187	0.193	-9.144	0.772	0.1695	-0.0143	0.2935	-9.3134	855.844	0.000
513	0.2790	2.079	0.00	2.079	0.183	-9.327	0.733	0.1531	-0.0145	0.2790	-9.4803	856.027	0.000
514	0.2642	1.969	0.00	1.969	0.174	-9.501	0.694	0.1373	-0.0148	0.2642	-9.6381	856.201	0.000
515	0.2492	1.857	0.00	1.857	0.164	-9.665	0.655	0.1221	-0.0150	0.2491	-9.7867	856.365	0.000
516	0.2339	1.743	0.00	1.743	0.154	-9.818	0.615	0.1077	-0.0152	0.2339	-9.9259	856.518	0.000
517	0.2185	1.628	0.00	1.628	0.144	-9.962	0.574	0.0939	-0.0154	0.2185	-10.0558	856.662	0.000
518	0.2029	1.512	0.00	1.512	0.133	-10.095	0.533	0.0810	-0.0156	0.2029	-10.1761	856.795	0.000
519	0.1871	1.394	0.00	1.394	0.123	-10.218	0.492	0.0689	-0.0158	0.1871	-10.2870	856.918	0.000
520	0.1711	1.275	0.00	1.275	0.112	-10.331	0.450	0.0576	-0.0159	0.1711	-10.3882	857.031	0.000
521	0.1551	1.156	0.00	1.156	0.102	-10.432	0.408	0.0473	-0.0161	0.1551	-10.4798	857.132	0.000
522	0.1397	1.041	0.00	1.041	0.092	-10.524	0.367	0.0384	-0.0162	0.1388	-10.5627	857.224	0.001
523	0.1225	0.913	0.00	0.913	0.081	-10.605	0.322	0.0295	-0.0163	0.1225	-10.6343	857.305	0.000
524	0.1061	0.791	0.00	0.791	0.070	-10.675	0.279	0.0222	-0.0164	0.1061	-10.6967	857.375	0.000
525	0.0896	0.668	0.00	0.668	0.059	-10.733	0.236	0.0158	-0.0165	0.0896	-10.7492	857.433	0.000
526	0.0731	0.544	0.00	0.544	0.048	-10.781	0.192	0.0105	-0.0166	0.0730	-10.7919	857.481	0.000
527	0.0564	0.421	0.00	0.421	0.037	-10.819	0.148	0.0063	-0.0166	0.0564	-10.8248	857.519	0.000
528	0.0398	0.297	0.00	0.297	0.026	-10.845	0.105	0.0031	-0.0166	0.0398	-10.8478	857.545	0.000
529	0.0231	0.172	0.00	0.172	0.015	-10.860	0.061	0.0011	-0.0167	0.0231	-10.8609	857.560	0.000
530	0.0065	0.048	0.00	0.048	0.004	-10.864	0.017	0.0001	-0.0167	0.0064	-10.8642	857.564	0.000
531	0.0231	0.172		-0.172	-0.015	-10.849	0.061	0.0010	-0.0167	0.0231	-10.8500	857.549	0.000
532	0.0397	0.296		-0.296	-0.026	-10.823	0.104	0.0031	-0.0166	0.0397	-10.8260	857.523	0.000
533	0.0563	0.419		-0.419	-0.037	-10.786	0.148	0.0062	-0.0166	0.0563	-10.7921	857.486	0.000

534	0.0719	0.536		-0.536	-0.047	-10.739	0.189	0.0102	-0.0165	0.0728	-10.7488	857.439	-0.001
535	0.0892	0.665		-0.665	-0.059	-10.680	0.234	0.0156	-0.0164	0.0892	-10.6957	857.380	0.000
536	0.1055	0.786		-0.786	-0.069	-10.611	0.277	0.0219	-0.0163	0.1055	-10.6326	857.311	0.000
537	0.1217	0.907		-0.907	-0.080	-10.531	0.320	0.0291	-0.0162	0.1217	-10.5599	857.231	0.000
538	0.1378	1.027		-1.027	-0.091	-10.440	0.362	0.0373	-0.0161	0.1378	-10.4775	857.140	0.000
539	0.1537	1.146		-1.146	-0.101	-10.339	0.404	0.0465	-0.0159	0.1537	-10.3857	857.039	0.000
540	0.1695	1.263		-1.263	-0.111	-10.228	0.446	0.0565	-0.0158	0.1695	-10.2843	856.928	0.000
541	0.1851	1.380		-1.380	-0.122	-10.106	0.487	0.0674	-0.0156	0.1851	-10.1736	856.806	0.000
542	0.2005	1.495		-1.495	-0.132	-9.974	0.527	0.0791	-0.0154	0.2006	-10.0535	856.674	0.000
543	0.2158	1.608		-1.608	-0.142	-9.833	0.567	0.0916	-0.0152	0.2158	-9.9242	856.533	0.000
544	0.2308	1.720		-1.720	-0.152	-9.681	0.607	0.1048	-0.0150	0.2308	-9.7857	856.381	0.000
545	0.2456	1.830		-1.830	-0.161	-9.520	0.646	0.1187	-0.0148	0.2456	-9.6382	856.220	0.000
546	0.2601	1.939		-1.939	-0.171	-9.349	0.684	0.1331	-0.0146	0.2601	-9.4817	856.049	0.000
547	0.2744	2.045		-2.045	-0.180	-9.168	0.721	0.1482	-0.0143	0.2744	-9.3164	855.868	0.000
548	0.2885	2.150		-2.150	-0.190	-8.979	0.758	0.1637	-0.0140	0.2885	-9.1424	855.679	0.000
549	0.3022	2.252		-2.252	-0.199	-8.780	0.794	0.1797	-0.0138	0.3022	-8.9598	855.480	0.000
550	0.3157	2.353		-2.353	-0.207	-8.573	0.830	0.1961	-0.0135	0.3157	-8.7687	855.273	0.000
551	0.3288	2.451		-2.451	-0.216	-8.357	0.864	0.2127	-0.0132	0.3288	-8.5693	855.057	0.000
552	0.3417	2.546		-2.546	-0.225	-8.132	0.898	0.2297	-0.0128	0.3417	-8.3617	854.832	0.000
553	0.3542	2.639		-2.639	-0.233	-7.899	0.931	0.2468	-0.0125	0.3542	-8.1461	854.599	0.000
554	0.3663	2.730		-2.730	-0.241	-7.659	0.963	0.2640	-0.0122	0.3663	-7.9226	854.359	0.000
555	0.3781	2.818		-2.818	-0.248	-7.410	0.994	0.2813	-0.0118	0.3781	-7.6914	854.110	0.000
556	0.3896	2.903		-2.903	-0.256	-7.154	1.024	0.2986	-0.0114	0.3896	-7.4527	853.854	0.000
557	0.4006	2.986		-2.986	-0.263	-6.891	1.053	0.3158	-0.0111	0.4006	-7.2066	853.591	0.000
558	0.4113	3.065		-3.065	-0.270	-6.621	1.081	0.3328	-0.0107	0.4113	-6.9534	853.321	0.000
559	0.4216	3.142		-3.142	-0.277	-6.344	1.108	0.3496	-0.0103	0.4216	-6.6932	853.044	0.000
560	0.4314	3.215		-3.215	-0.284	-6.060	1.134	0.3662	-0.0099	0.4314	-6.4262	852.760	0.000
561	0.4409	3.286		-3.286	-0.290	-5.770	1.159	0.3824	-0.0094	0.4409	-6.1527	852.470	0.000
562	0.4499	3.353		-3.353	-0.296	-5.475	1.183	0.3982	-0.0090	0.4499	-5.8728	852.175	0.000
563	0.4585	3.417		-3.417	-0.301	-5.173	1.205	0.4135	-0.0086	0.4585	-5.5869	851.873	0.000
564	0.4666	3.477		-3.477	-0.307	-4.867	1.226	0.4283	-0.0081	0.4666	-5.2951	851.567	0.000
565	0.4742	3.534		-3.534	-0.312	-4.555	1.247	0.4425	-0.0077	0.4743	-4.9976	851.255	0.000
566	0.4815	3.588		-3.588	-0.316	-4.239	1.266	0.4560	-0.0072	0.4815	-4.6948	850.939	0.000
567	0.4882	3.638		-3.638	-0.321	-3.918	1.283	0.4689	-0.0067	0.4882	-4.3868	850.618	0.000
568	0.4944	3.685		-3.685	-0.325	-3.593	1.300	0.4810	-0.0063	0.4944	-4.0740	850.293	0.000
569	0.5002	3.728		-3.728	-0.329	-3.264	1.315	0.4923	-0.0058	0.5002	-3.7566	849.964	0.000
570	0.5055	3.767		-3.767	-0.332	-2.932	1.329	0.5027	-0.0053	0.5055	-3.4348	849.632	0.000
571	0.5102	3.803		-3.803	-0.335	-2.597	1.341	0.5122	-0.0048	0.5102	-3.1091	849.297	0.000
572	0.5145	3.835		-3.835	-0.338	-2.259	1.352	0.5208	-0.0043	0.5145	-2.7795	848.959	0.000
573	0.5183	3.863		-3.863	-0.341	-1.918	1.362	0.5284	-0.0038	0.5183	-2.4466	848.618	0.000
574	0.5215	3.887		-3.887	-0.343	-1.575	1.371	0.5351	-0.0032	0.5215	-2.1105	848.275	0.000
575	0.5242	3.907		-3.907	-0.344	-1.231	1.378	0.5407	-0.0027	0.5242	-1.7716	847.931	0.000
576	0.5212	3.884	0.00	3.884	0.342	-1.573	1.370	0.5344	-0.0032	0.5210	-2.1078	848.273	0.000
577	0.5172	3.855	0.00	3.855	0.340	-1.913	1.360	0.5264	-0.0037	0.5172	-2.4397	848.613	0.000
578	0.5130	3.823	0.00	3.823	0.337	-2.250	1.348	0.5178	-0.0042	0.5130	-2.7682	848.950	0.000

Anexo J:

Tabla 9 Oscilaciones en la chimenea en apertura brusca con $\Delta t = 5$ s

t	v*	vFat	QAt	ΔZFs	ΔZ	Z	v tbp	h	Δv	v	Z-h	Cota en chimenea	v*-v
0	0	0		0.000	0.000		0.000	0.0000	0	0	0	846.700	0.00
5	0.0175	0.652	26.53	25.882	2.282	2.282	0.046	0.0010	0.0175	0.0175	2.281	844.418	0.00
10	0.0516	1.923	26.53	24.612	2.170	4.452	0.136	0.0090	0.0341	0.0516	4.443	842.248	0.00
15	0.1009	3.761	26.53	22.774	2.008	6.460	0.265	0.0345	0.0493	0.1009	6.426	840.240	0.00
20	0.1637	6.099	26.53	20.436	1.802	8.262	0.430	0.0907	0.0627	0.1636	8.172	838.438	0.00
25	0.2377	8.856	26.53	17.679	1.559	9.821	0.625	0.1913	0.0739	0.2375	9.630	836.879	0.00
30	0.3204	11.938	26.53	14.596	1.287	11.108	0.842	0.3477	0.0826	0.3201	10.760	835.592	0.00
35	0.4092	15.250	26.53	11.285	0.995	12.103	1.076	0.5673	0.0885	0.4086	11.536	834.597	0.00
40	0.5003	18.643	26.53	7.892	0.696	12.799	1.315	0.8479	0.0917	0.5003	11.951	833.901	0.00
45	0.5924	22.075	26.53	4.459	0.393	13.192	1.557	1.1888	0.0921	0.5924	12.003	833.508	0.00
50	0.6823	25.425	26.53	1.110	0.098	13.290	1.793	1.5770	0.0899	0.6823	11.713	833.410	0.00
55	0.5920	22.062	26.53	-4.473	-0.394	12.896	1.556	1.1874	0.0898	0.5924	11.708	833.804	0.00
60	0.5049	18.814	26.53	-7.721	-0.681	12.215	1.327	0.8635	0.0871	0.5053	11.351	834.485	0.00
65	0.4228	15.757	26.53	-10.778	-0.950	11.265	1.111	0.6057	0.0818	0.4235	10.659	835.435	0.00
70	0.3494	13.021	26.53	-13.513	-1.192	10.073	0.919	0.4136	0.0741	0.3494	9.659	836.627	0.00
75	0.2851	10.622	26.53	-15.913	-1.403	8.670	0.749	0.2752	0.0644	0.2850	8.395	838.030	0.00
80	0.2314	8.624	26.53	-17.911	-1.579	7.091	0.608	0.1814	0.0530	0.2320	6.909	839.609	0.00
85	0.1917	7.142	26.53	-19.393	-1.710	5.381	0.504	0.1244	0.0403	0.1917	5.256	841.319	0.00
90	0.1649	6.144	26.53	-20.391	-1.798	3.583	0.433	0.0921	0.0268	0.1649	3.491	843.117	0.00

95	0.1321	5.668	26.53	-20.867	-1.840	1.743	0.400	0.0784	0.0128	0.1321	1.665	844.957	0.00
100	0.1781	6.637	26.53	19.897	1.754	3.497	0.468	0.1075	0.0260	0.1781	3.390	843.203	0.00
105	0.2163	8.059	26.53	18.476	1.629	5.126	0.568	0.1584	0.0381	0.2163	4.968	841.574	0.00
110	0.2650	9.876	26.53	16.659	1.469	6.595	0.697	0.2379	0.0488	0.2650	6.357	840.105	0.00
115	0.3227	12.027	26.53	14.508	1.279	7.875	0.848	0.3529	0.0577	0.3227	7.522	838.825	0.00
120	0.3875	14.438	26.53	12.097	1.067	8.941	1.018	0.5085	0.0647	0.3874	8.433	837.759	0.00
125	0.4572	17.038	26.53	9.497	0.837	9.779	1.202	0.7081	0.0696	0.4570	9.071	836.921	0.00
130	0.5295	19.733	26.53	6.802	0.600	10.378	1.392	0.9499	0.0723	0.5294	9.428	836.322	0.00
135	0.6025	22.450	26.53	4.085	0.360	10.739	1.584	1.2296	0.0730	0.6024	9.509	835.961	0.00
140	0.6740	25.114	26.53	1.420	0.125	10.864	1.772	1.5387	0.0716	0.6739	9.325	835.836	0.00
145	0.6025	22.453	26.53	-4.082	-0.360	10.504	1.584	1.2299	0.0712	0.6027	9.274	836.196	0.00
150	0.5339	19.897	26.53	-6.638	-0.585	9.919	1.404	0.9658	0.0687	0.5340	8.953	836.781	0.00
155	0.4688	17.469	26.53	-9.065	-0.799	9.119	1.232	0.7445	0.0643	0.4698	8.375	837.581	0.00
160	0.4118	15.345	26.53	-11.189	-0.987	8.133	1.082	0.5745	0.0580	0.4118	7.558	838.567	0.00
165	0.3616	13.476	26.53	-13.058	-1.151	6.981	0.951	0.4431	0.0502	0.3616	6.538	839.719	0.00
170	0.3206	11.948	26.53	-14.586	-1.286	5.695	0.843	0.3483	0.0410	0.3206	5.347	841.005	0.00
175	0.2897	10.795	26.53	-15.740	-1.388	4.307	0.761	0.2843	0.0309	0.2897	4.023	842.393	0.00
180	0.2694	10.039	26.53	-16.496	-1.455	2.853	0.708	0.2458	0.0200	0.2697	2.607	843.847	0.00
185	0.2997	11.167	26.53	15.367	1.355	4.208	0.788	0.3042	0.0300	0.2997	3.903	842.492	0.00
190	0.3385	12.613	26.53	13.921	1.228	5.435	0.890	0.3881	0.0387	0.3384	5.047	841.265	0.00
195	0.3846	14.330	26.53	12.205	1.076	6.511	1.011	0.5010	0.0461	0.3845	6.010	840.189	0.00
200	0.4366	16.269	26.53	10.266	0.905	7.417	1.148	0.6457	0.0520	0.4365	6.771	839.283	0.00
205	0.4928	18.362	26.53	8.173	0.721	8.137	1.295	0.8225	0.0561	0.4926	7.315	838.563	0.00
210	0.5514	20.546	26.53	5.989	0.528	8.665	1.449	1.0298	0.0586	0.5512	7.635	838.035	0.00
215	0.6107	22.757	26.53	3.778	0.333	8.998	1.605	1.2634	0.0594	0.6105	7.735	837.702	0.00
220	0.6691	24.934	26.53	1.601	0.141	9.139	1.759	1.5167	0.0585	0.6690	7.623	837.561	0.00
225	0.6111	22.770	26.53	-3.764	-0.332	8.808	1.606	1.2649	0.0579	0.6112	7.543	837.892	0.00
230	0.5548	20.673	26.53	-5.862	-0.517	8.291	1.458	1.0426	0.0556	0.5555	7.248	838.409	0.00
235	0.5034	18.758	26.53	-7.777	-0.686	7.605	1.323	0.8583	0.0518	0.5038	6.747	839.095	0.00
240	0.4573	17.040	26.53	-9.495	-0.837	6.768	1.202	0.7083	0.0465	0.4573	6.059	839.932	0.00
245	0.4173	15.551	26.53	-10.984	-0.969	5.799	1.097	0.5899	0.0400	0.4173	5.209	840.901	0.00
250	0.3849	14.344	26.53	-12.191	-1.075	4.724	1.012	0.5019	0.0324	0.3849	4.222	841.976	0.00
255	0.3609	13.449	26.53	-13.085	-1.154	3.570	0.949	0.4413	0.0240	0.3609	3.129	843.130	0.00
260	0.3924	14.621	26.53	11.914	1.051	4.621	1.031	0.5215	0.0315	0.3923	4.100	842.079	0.00
265	0.4302	16.032	26.53	10.503	0.926	5.547	1.131	0.6270	0.0378	0.4301	4.920	841.153	0.00
270	0.4729	17.623	26.53	8.911	0.786	6.333	1.243	0.7577	0.0428	0.4729	5.575	840.367	0.00
275	0.5195	19.358	26.53	7.177	0.633	6.966	1.366	0.9142	0.0464	0.5193	6.051	839.734	0.00
280	0.5683	21.176	26.53	5.358	0.472	7.438	1.494	1.0940	0.0487	0.5680	6.344	839.262	0.00
285	0.6179	23.025	26.53	3.510	0.309	7.748	1.624	1.2933	0.0495	0.6175	6.454	838.952	0.00
290	0.6669	24.852	26.53	1.682	0.148	7.896	1.753	1.5068	0.0490	0.6666	6.389	838.804	0.00
295	0.6182	23.037	26.53	-3.497	-0.308	7.588	1.625	1.2947	0.0483	0.6183	6.293	839.112	0.00
300	0.5716	21.300	26.53	-5.235	-0.462	7.126	1.502	1.1068	0.0462	0.5721	6.019	839.574	0.00
305	0.5292	19.719	26.53	-6.815	-0.601	6.525	1.391	0.9486	0.0428	0.5293	5.576	840.175	0.00
310	0.4905	18.278	26.53	-8.257	-0.728	5.797	1.289	0.8150	0.0382	0.4911	4.982	840.903	0.00
315	0.4584	17.083	26.53	-9.452	-0.833	4.964	1.205	0.7119	0.0326	0.4584	4.252	841.736	0.00
320	0.4313	16.072	26.53	-10.463	-0.923	4.041	1.134	0.6301	0.0262	0.4323	3.411	842.659	0.00
325	0.4639	17.288	26.53	9.247	0.815	4.856	1.219	0.7291	0.0317	0.4639	4.127	841.844	0.00
330	0.5002	18.638	26.53	7.897	0.696	5.553	1.315	0.8474	0.0361	0.5000	4.705	841.147	0.00
335	0.5395	20.103	26.53	6.432	0.567	6.120	1.418	0.9859	0.0394	0.5394	5.134	840.580	0.00
340	0.5811	21.654	26.53	4.881	0.430	6.550	1.527	1.1439	0.0415	0.5809	5.406	840.150	0.00
345	0.6236	23.239	26.53	3.295	0.291	6.841	1.639	1.3175	0.0424	0.6233	5.523	839.859	0.00
350	0.6659	24.814	26.53	1.721	0.152	6.992	1.750	1.5021	0.0421	0.6654	5.490	839.708	0.00
355	0.6241	23.256	26.53	-3.278	-0.289	6.703	1.640	1.3194	0.0413	0.6241	5.384	839.997	0.00
360	0.5845	21.779	26.53	-4.756	-0.419	6.284	1.536	1.1571	0.0393	0.5848	5.127	840.416	0.00
365	0.5476	20.407	26.53	-6.128	-0.540	5.744	1.439	1.0159	0.0363	0.5485	4.728	840.956	0.00
370	0.5159	19.223	26.53	-7.311	-0.645	5.099	1.356	0.9015	0.0322	0.5163	4.198	841.601	0.00
375	0.4885	18.202	26.53	-8.333	-0.735	4.364	1.284	0.8082	0.0273	0.4890	3.556	842.336	0.00
380	0.5203	19.388	26.53	7.147	0.630	4.994	1.368	0.9170	0.0313	0.5203	4.077	841.706	0.00
385	0.5547	20.671	26.53	5.864	0.517	5.511	1.458	1.0424	0.0343	0.5546	4.469	841.189	0.00
390	0.5909	22.018	26.53	4.516	0.398	5.910	1.553	1.1827	0.0363	0.5908	4.727	840.790	0.00
395	0.6282	23.410	26.53	3.124	0.275	6.185	1.651	1.3370	0.0372	0.6281	4.848	840.515	0.00
400	0.6655	24.800	26.53	1.734	0.153	6.338	1.749	1.5004	0.0371	0.6652	4.838	840.362	0.00
405	0.6288	23.431	26.53	-3.104	-0.274	6.064	1.653	1.3393	0.0363	0.6289	4.725	840.636	0.00
410	0.5943	22.147	26.53	-4.388	-0.387	5.678	1.562	1.1965	0.0344	0.5945	4.481	841.022	0.00
415	0.5623	20.955	26.53	-5.580	-0.492	5.186	1.478	1.0712	0.0316	0.5630	4.114	841.514	0.00
420	0.5320	19.937	26.53	-6.598	-0.582	4.604	1.406	0.9696	0.0279	0.5351	3.634	842.096	0.00
425	0.5658	21.085	26.53	5.450	0.481	5.084	1.487	1.0846	0.0307	0.5658	4.000	841.616	0.00
430	0.5985	22.301	26.53	4.234	0.373	5.458	1.573	1.2133	0.0326	0.5983	4.244	841.242	0.00
435	0.6319	23.546	26.53	2.989	0.264	5.721	1.661	1.3525	0.0335	0.6319	4.369	840.979	0.00
440	0.6000	22.360	26.53	-4.175	-0.368	5.353	1.577	1.2197	0.0317	0.6001	4.133	841.347	0.00
445	0.5709	21.275	26.53	-5.259	-0.464	4.889	1.501	1.1042	0.0290	0.5711	3.785	841.811	0.00
450	0.6020	22.434	26.53	4.100	0.362	5.251	1.583	1.2278	0.0309	0.6020	4.023	841.449	0.00

Anexo K:

Tabla 10 Oscilaciones en la chimenea en apertura brusca con $\Delta t = 1$ s

t	v*	v*Δt	QΔt	ΔZ Fs	ΔZ	Z	v tbp	h	Δv	v	Zh	Cota en chimenea	v*v
0	0	0		0.000	0.000		0.000	0.0000	0	0	0	846.700	
1	0.0009	0.007	5.31	5.300	0.467	0.467	0.002	0.0000	0.0007	0.0007	0.467	846.233	0.00
2	0.0022	0.017	5.31	5.290	0.466	0.934	0.006	0.0000	0.0014	0.0022	0.934	845.766	0.00
3	0.0048	0.035	5.31	5.272	0.465	1.399	0.012	0.0001	0.0021	0.0043	1.399	845.301	0.00
4	0.0069	0.051	5.31	5.256	0.463	1.862	0.018	0.0002	0.0029	0.0072	1.862	844.838	0.00
5	0.0102	0.076	5.31	5.231	0.461	2.323	0.027	0.0004	0.0036	0.0107	2.323	844.377	0.00
6	0.0147	0.110	5.31	5.197	0.458	2.782	0.039	0.0007	0.0043	0.0150	2.781	843.918	0.00
7	0.0200	0.149	5.31	5.158	0.455	3.236	0.052	0.0013	0.0050	0.0200	3.235	843.464	0.00
8	0.0256	0.191	5.31	5.116	0.451	3.687	0.067	0.0022	0.0057	0.0256	3.685	843.013	0.00
9	0.0319	0.238	5.31	5.069	0.447	4.134	0.084	0.0035	0.0063	0.0319	4.131	842.566	0.00
10	0.0390	0.290	5.31	5.017	0.442	4.577	0.102	0.0051	0.0070	0.0390	4.572	842.123	0.00
11	0.0466	0.348	5.31	4.959	0.437	5.014	0.123	0.0074	0.0077	0.0466	5.007	841.686	0.00
12	0.0550	0.410	5.31	4.897	0.432	5.446	0.145	0.0102	0.0083	0.0550	5.436	841.254	0.00
13	0.0640	0.477	5.31	4.830	0.426	5.872	0.168	0.0139	0.0090	0.0640	5.858	840.828	0.00
14	0.0736	0.549	5.31	4.758	0.420	6.291	0.193	0.0184	0.0096	0.0736	6.273	840.409	0.00
15	0.0839	0.625	5.31	4.682	0.413	6.704	0.220	0.0238	0.0103	0.0839	6.680	839.996	0.00
16	0.0947	0.706	5.31	4.601	0.406	7.110	0.249	0.0304	0.0109	0.0947	7.079	839.590	0.00
17	0.1062	0.791	5.31	4.516	0.398	7.508	0.279	0.0382	0.0115	0.1062	7.470	839.192	0.00
18	0.1182	0.881	5.31	4.426	0.390	7.898	0.311	0.0474	0.0120	0.1182	7.851	838.802	0.00
19	0.1309	0.975	5.31	4.332	0.382	8.280	0.344	0.0580	0.0126	0.1309	8.222	838.420	0.00
20	0.1440	1.073	5.31	4.234	0.373	8.653	0.379	0.0703	0.0132	0.1440	8.583	838.047	0.00
21	0.1577	1.176	5.31	4.131	0.364	9.018	0.415	0.0843	0.0137	0.1577	8.933	837.682	0.00
22	0.1720	1.282	5.31	4.025	0.355	9.373	0.452	0.1002	0.0142	0.1720	9.272	837.327	0.00
23	0.1867	1.392	5.31	3.915	0.345	9.718	0.491	0.1181	0.0147	0.1867	9.600	836.982	0.00
24	0.2019	1.505	5.31	3.802	0.335	10.053	0.531	0.1382	0.0152	0.2019	9.915	836.647	0.00
25	0.2176	1.622	5.31	3.685	0.325	10.378	0.572	0.1605	0.0157	0.2176	10.218	836.322	0.00
26	0.2338	1.742	5.31	3.565	0.314	10.692	0.615	0.1851	0.0161	0.2337	10.507	836.008	0.00
27	0.2503	1.865	5.31	3.442	0.303	10.996	0.658	0.2122	0.0165	0.2503	10.784	835.704	0.00
28	0.2672	1.992	5.31	3.315	0.292	11.288	0.702	0.2419	0.0170	0.2672	11.046	835.412	0.00
29	0.2846	2.121	5.31	3.186	0.281	11.569	0.748	0.2743	0.0173	0.2846	11.295	835.131	0.00
30	0.3023	2.253	5.31	3.054	0.269	11.838	0.795	0.3095	0.0177	0.3022	11.529	834.862	0.00
31	0.3203	2.387	5.31	2.920	0.257	12.096	0.842	0.3476	0.0180	0.3203	11.748	834.604	0.00
32	0.3387	2.524	5.31	2.783	0.245	12.341	0.890	0.3886	0.0183	0.3386	11.953	834.359	0.00
33	0.3573	2.663	5.31	2.644	0.233	12.574	0.939	0.4326	0.0186	0.3573	12.142	834.126	0.00
34	0.3763	2.804	5.31	2.503	0.221	12.795	0.989	0.4796	0.0189	0.3762	12.315	833.905	0.00
35	0.3954	2.947	5.31	2.360	0.208	13.003	1.039	0.5297	0.0191	0.3953	12.473	833.697	0.00
36	0.4148	3.092	5.31	2.215	0.195	13.198	1.090	0.5829	0.0194	0.4147	12.615	833.502	0.00
37	0.4344	3.238	5.31	2.069	0.182	13.381	1.142	0.6393	0.0196	0.4342	12.742	833.319	0.00
38	0.4542	3.385	5.31	1.922	0.169	13.550	1.194	0.6987	0.0197	0.4539	12.852	833.150	0.00
39	0.4741	3.533	5.31	1.774	0.156	13.707	1.246	0.7613	0.0199	0.4738	12.945	832.993	0.00
40	0.4941	3.682	5.31	1.625	0.143	13.850	1.299	0.8270	0.0200	0.4938	13.023	832.850	0.00
41	0.5142	3.832	5.31	1.475	0.130	13.980	1.352	0.8958	0.0201	0.5139	13.084	832.720	0.00
42	0.5344	3.983	5.31	1.324	0.117	14.097	1.405	0.9675	0.0201	0.5340	13.129	832.603	0.00
43	0.5542	4.130	5.31	1.177	0.104	14.200	1.457	1.0405	0.0202	0.5542	13.160	832.500	0.00
44	0.5745	4.281	5.31	1.026	0.090	14.291	1.510	1.1179	0.0202	0.5744	13.173	832.409	0.00
45	0.5947	4.432	5.31	0.875	0.077	14.368	1.563	1.1980	0.0202	0.5946	13.170	832.332	0.00
46	0.6149	4.583	5.31	0.724	0.064	14.432	1.616	1.2808	0.0202	0.6148	13.151	832.268	0.00
47	0.6350	4.733	5.31	0.574	0.051	14.483	1.669	1.3661	0.0201	0.6349	13.116	832.217	0.00
48	0.6551	4.883	5.31	0.424	0.037	14.520	1.722	1.4539	0.0201	0.6550	13.066	832.180	0.00
49	0.6751	5.031	5.31	0.276	0.024	14.544	1.775	1.5439	0.0200	0.6750	13.000	832.156	0.00
50	0.6950	5.179	5.31	0.127	0.011	14.556	1.827	1.6361	0.0198	0.6948	12.919	832.144	0.00
51	0.6748	5.029	5.31	-0.278	-0.024	14.531	1.774	1.5427	0.0199	0.6748	12.968	832.169	0.00
52	0.6548	4.880	5.31	-0.427	-0.038	14.493	1.721	1.4524	0.0200	0.6548	13.041	832.207	0.00
53	0.6347	4.731	5.31	-0.576	-0.051	14.443	1.668	1.3648	0.0201	0.6348	13.078	832.257	0.00
54	0.6146	4.580	5.31	-0.726	-0.064	14.379	1.616	1.2796	0.0201	0.6147	13.099	832.321	0.00
55	0.5944	4.430	5.31	-0.877	-0.077	14.301	1.563	1.1970	0.0201	0.5945	13.104	832.399	0.00
56	0.5743	4.280	5.31	-1.027	-0.091	14.211	1.510	1.1172	0.0201	0.5745	13.093	832.489	0.00
57	0.5544	4.132	5.31	-1.175	-0.104	14.107	1.457	1.0411	0.0201	0.5544	13.066	832.593	0.00
58	0.5344	3.982	5.31	-1.324	-0.117	13.990	1.405	0.9673	0.0200	0.5344	13.023	832.710	0.00
59	0.5144	3.834	5.31	-1.473	-0.130	13.860	1.352	0.8964	0.0199	0.5145	12.964	832.840	0.00
60	0.4946	3.686	5.31	-1.621	-0.143	13.717	1.300	0.8286	0.0198	0.4947	12.889	832.983	0.00
61	0.4749	3.539	5.31	-1.768	-0.156	13.562	1.248	0.7638	0.0196	0.4751	12.798	833.138	0.00
62	0.4553	3.393	5.31	-1.914	-0.169	13.393	1.197	0.7022	0.0195	0.4556	12.691	833.307	0.00
63	0.4359	3.249	5.31	-2.058	-0.181	13.211	1.146	0.6437	0.0193	0.4363	12.568	833.489	0.00
64	0.4167	3.106	5.31	-2.201	-0.194	13.017	1.095	0.5883	0.0191	0.4173	12.429	833.683	0.00
65	0.3978	2.965	5.31	-2.342	-0.207	12.811	1.046	0.5360	0.0188	0.3984	12.275	833.889	0.00
66	0.3791	2.825	5.31	-2.482	-0.219	12.592	0.996	0.4868	0.0186	0.3799	12.105	834.108	0.00
67	0.3607	2.688	5.31	-2.619	-0.231	12.361	0.948	0.4407	0.0183	0.3616	11.920	834.339	0.00
68	0.3436	2.561	5.31	-2.746	-0.242	12.119	0.903	0.3999	0.0180	0.3436	11.719	834.581	0.00

69	0.3259	2.429	5.31	-2.878	-0.254	11.865	0.857	0.3598	0.0177	0.3259	11.505	834.835	0.00
70	0.3086	2.300	5.31	-3.007	-0.265	11.600	0.811	0.3226	0.0173	0.3086	11.277	835.100	0.00
71	0.2916	2.174	5.31	-3.135	-0.276	11.324	0.767	0.2881	0.0169	0.2917	11.035	835.376	0.00
72	0.2751	2.050	5.31	-3.257	-0.287	11.036	0.723	0.2563	0.0165	0.2751	10.780	835.664	0.00
73	0.2589	1.929	5.31	-3.378	-0.298	10.739	0.680	0.2270	0.0161	0.2590	10.512	835.961	0.00
74	0.2431	1.812	5.31	-3.495	-0.308	10.430	0.639	0.2002	0.0157	0.2433	10.230	836.270	0.00
75	0.2278	1.698	5.31	-3.609	-0.318	10.112	0.599	0.1758	0.0152	0.2280	9.936	836.588	0.00
76	0.2130	1.587	5.31	-3.720	-0.328	9.784	0.560	0.1536	0.0148	0.2133	9.631	836.916	0.00
77	0.1986	1.480	5.31	-3.827	-0.337	9.447	0.522	0.1336	0.0143	0.1990	9.313	837.253	0.00
78	0.1848	1.377	5.31	-3.930	-0.347	9.100	0.486	0.1156	0.0138	0.1852	8.985	837.600	0.00
79	0.1714	1.278	5.31	-4.029	-0.355	8.745	0.451	0.0995	0.0133	0.1719	8.645	837.955	0.00
80	0.1586	1.182	5.31	-4.125	-0.364	8.381	0.417	0.0852	0.0127	0.1592	8.296	838.319	0.00
81	0.1464	1.091	5.31	-4.216	-0.372	8.010	0.385	0.0726	0.0122	0.1470	7.937	838.690	0.00
82	0.1347	1.004	5.31	-4.308	-0.379	7.630	0.354	0.0615	0.0116	0.1354	7.569	839.070	0.00
83	0.1236	0.921	5.31	-4.386	-0.387	7.243	0.325	0.0518	0.0110	0.1244	7.192	839.457	0.00
84	0.1131	0.843	5.31	-4.464	-0.394	6.850	0.297	0.0433	0.0104	0.1139	6.806	839.850	0.00
85	0.1032	0.769	5.31	-4.538	-0.400	6.450	0.271	0.0361	0.0098	0.1041	6.414	840.250	0.00
86	0.0939	0.700	5.31	-4.607	-0.406	6.043	0.247	0.0299	0.0092	0.0948	6.014	840.657	0.00
87	0.0853	0.635	5.31	-4.672	-0.412	5.632	0.224	0.0246	0.0086	0.0862	5.607	841.068	0.00
88	0.0783	0.583	5.31	-4.724	-0.417	5.215	0.206	0.0207	0.0080	0.0783	5.194	841.485	0.00
89	0.0709	0.529	5.31	-4.778	-0.421	4.794	0.186	0.0170	0.0073	0.0709	4.777	841.906	0.00
90	0.0643	0.479	5.31	-4.828	-0.426	4.368	0.169	0.0140	0.0067	0.0643	4.354	842.332	0.00
91	0.0582	0.434	5.31	-4.873	-0.430	3.938	0.153	0.0115	0.0060	0.0582	3.927	842.762	0.00
92	0.0529	0.394	5.31	-4.913	-0.433	3.505	0.139	0.0095	0.0054	0.0529	3.496	843.195	0.00
93	0.0482	0.359	5.31	-4.948	-0.436	3.069	0.127	0.0079	0.0047	0.0482	3.061	843.631	0.00
94	0.0441	0.329	5.31	-4.978	-0.439	2.630	0.116	0.0066	0.0040	0.0441	2.623	844.070	0.00
95	0.0408	0.304	5.31	-5.005	-0.441	2.189	0.107	0.0056	0.0034	0.0408	2.183	844.511	0.00
96	0.0381	0.284	5.31	-5.023	-0.443	1.746	0.100	0.0049	0.0027	0.0381	1.741	844.954	0.00
97	0.0361	0.269	5.31	-5.038	-0.444	1.302	0.095	0.0044	0.0020	0.0361	1.297	845.398	0.00
98	0.0348	0.259	5.31	-5.047	-0.445	0.857	0.092	0.0041	0.0013	0.0348	0.852	845.843	0.00
99	0.0342	0.255	5.31	-5.052	-0.445	0.411	0.090	0.0040	0.0006	0.0342	0.407	846.289	0.00
100	0.0346	0.258	5.31	5.049	0.445	0.856	0.091	0.0041	0.0013	0.0355	0.852	845.844	0.00
101	0.0375	0.279	5.31	5.028	0.443	1.300	0.099	0.0048	0.0020	0.0375	1.295	845.400	0.00
102	0.0401	0.299	5.31	5.008	0.442	1.741	0.106	0.0055	0.0027	0.0401	1.736	844.959	0.00
103	0.0428	0.319	5.31	4.988	0.440	2.181	0.112	0.0062	0.0033	0.0435	2.175	844.519	0.00
104	0.0475	0.354	5.31	4.953	0.437	2.618	0.125	0.0076	0.0040	0.0475	2.610	844.082	0.00
105	0.0522	0.389	5.31	4.918	0.434	3.051	0.137	0.0092	0.0047	0.0522	3.042	843.649	0.00
106	0.0576	0.429	5.31	4.878	0.430	3.482	0.151	0.0112	0.0053	0.0575	3.470	843.218	0.00
107	0.0630	0.470	5.31	4.837	0.427	3.908	0.166	0.0134	0.0060	0.0635	3.895	842.792	0.00
108	0.0691	0.515	5.31	4.792	0.423	4.331	0.182	0.0162	0.0066	0.0701	4.314	842.369	0.00
109	0.0773	0.576	5.31	4.731	0.417	4.748	0.203	0.0203	0.0073	0.0773	4.727	841.952	0.00
110	0.0852	0.635	5.31	4.672	0.412	5.160	0.224	0.0246	0.0079	0.0852	5.135	841.540	0.00
111	0.0937	0.698	5.31	4.609	0.406	5.566	0.246	0.0298	0.0085	0.0937	5.536	841.134	0.00
112	0.1028	0.766	5.31	4.541	0.400	5.966	0.270	0.0358	0.0091	0.1028	5.931	840.734	0.00
113	0.1125	0.839	5.31	4.468	0.394	6.360	0.296	0.0429	0.0097	0.1125	6.317	840.340	0.00
114	0.1228	0.915	5.31	4.392	0.387	6.748	0.323	0.0511	0.0103	0.1228	6.697	839.952	0.00
115	0.1336	0.996	5.31	4.311	0.380	7.128	0.351	0.0605	0.0108	0.1336	7.067	839.572	0.00
116	0.1450	1.081	5.31	4.226	0.373	7.500	0.381	0.0713	0.0114	0.1450	7.429	839.200	0.00
117	0.1570	1.170	5.31	4.137	0.365	7.865	0.413	0.0835	0.0119	0.1570	7.782	838.835	0.00
118	0.1694	1.263	5.31	4.044	0.357	8.222	0.445	0.0973	0.0125	0.1694	8.124	838.478	0.00
119	0.1824	1.360	5.31	3.947	0.348	8.570	0.480	0.1127	0.0130	0.1824	8.457	838.130	0.00
120	0.1959	1.460	5.31	3.847	0.339	8.909	0.515	0.1300	0.0135	0.1959	8.779	837.791	0.00
121	0.2099	1.564	5.31	3.743	0.330	9.239	0.552	0.1492	0.0139	0.2098	9.090	837.461	0.00
122	0.2243	1.671	5.31	3.636	0.321	9.560	0.590	0.1704	0.0144	0.2243	9.389	837.140	0.00
123	0.2391	1.782	5.31	3.525	0.311	9.870	0.629	0.1937	0.0149	0.2391	9.677	836.830	0.00
124	0.2544	1.896	5.31	3.411	0.301	10.171	0.669	0.2192	0.0153	0.2544	9.952	836.529	0.00
125	0.2701	2.013	5.31	3.294	0.290	10.462	0.710	0.2471	0.0157	0.2701	10.214	836.238	0.00
126	0.2861	2.132	5.31	3.175	0.280	10.741	0.752	0.2773	0.0161	0.2861	10.464	835.959	0.00
127	0.3025	2.255	5.31	3.052	0.269	11.011	0.795	0.3101	0.0164	0.3025	10.701	835.689	0.00
128	0.3193	2.380	5.31	2.927	0.258	11.269	0.839	0.3454	0.0168	0.3193	10.923	835.431	0.00
129	0.3364	2.507	5.31	2.800	0.247	11.516	0.884	0.3833	0.0171	0.3364	11.132	835.184	0.00
130	0.3538	2.637	5.31	2.670	0.235	11.751	0.930	0.4240	0.0174	0.3538	11.327	834.949	0.00
131	0.3715	2.768	5.31	2.539	0.224	11.975	0.976	0.4674	0.0177	0.3714	11.507	834.725	0.00
132	0.3894	2.902	5.31	2.405	0.212	12.187	1.024	0.5136	0.0179	0.3893	11.673	834.513	0.00
133	0.4075	3.037	5.31	2.270	0.200	12.387	1.071	0.5626	0.0181	0.4075	11.824	834.313	0.00
134	0.4259	3.174	5.31	2.133	0.188	12.575	1.120	0.6145	0.0184	0.4258	11.961	834.125	0.00
135	0.4445	3.312	5.31	1.995	0.176	12.751	1.168	0.6692	0.0185	0.4444	12.082	833.949	0.00
136	0.4632	3.452	5.31	1.855	0.164	12.915	1.217	0.7267	0.0187	0.4631	12.188	833.785	0.00
137	0.4820	3.592	5.31	1.715	0.151	13.066	1.267	0.7871	0.0188	0.4819	12.279	833.634	0.00
138	0.5010	3.734	5.31	1.573	0.139	13.204	1.317	0.8503	0.0190	0.5009	12.354	833.496	0.00
139	0.5201	3.876	5.31	1.431	0.126	13.331	1.367	0.9162	0.0191	0.5199	12.414	833.369	0.00
140	0.5392	4.019	5.31	1.288	0.114	13.444	1.417	0.9849	0.0191	0.5391	12.459	833.256	0.00
141	0.5584	4.162	5.31	1.145	0.101	13.545	1.468	1.0563	0.0192	0.5582	12.489	833.155	0.00
142	0.5776	4.305	5.31	1.002	0.088	13.634	1.518	1.1302	0.0192	0.5774	12.503	833.066	0.00
143	0.5968	4.448	5.31	0.859	0.076	13.709	1.569	1.2066	0.0192	0.5966	12.503	832.991	0.00
144	0.6160	4.591	5.31	0.716	0.063	13.772	1.619	1.2854	0.0192	0.6158	12.487	832.928	0.00
145	0.6351	4.734	5.31	0.573	0.051	13.823	1.670	1.3666	0.0191	0.6349	12.456	832.877	0.00

146	0.6542	4.876	5.31	0.431	0.038	13.861	1.720	1.4499	0.0190	0.6539	12.411	832.839	0.00
147	0.6732	5.017	5.31	0.290	0.026	13.887	1.770	1.5352	0.0190	0.6729	12.351	832.813	0.00
148	0.6921	5.158	5.31	0.149	0.013	13.900	1.819	1.6225	0.0188	0.6917	12.277	832.800	0.00
149	0.6728	5.014	5.31	-0.293	-0.026	13.874	1.768	1.5333	0.0189	0.6728	12.341	832.826	0.00
150	0.6538	4.872	5.31	-0.435	-0.038	13.836	1.719	1.4479	0.0190	0.6538	12.388	832.864	0.00
151	0.6347	4.730	5.31	-0.577	-0.051	13.785	1.668	1.3647	0.0191	0.6347	12.420	832.915	0.00
152	0.6156	4.588	5.31	-0.719	-0.063	13.721	1.618	1.2839	0.0191	0.6156	12.438	832.979	0.00
153	0.5965	4.446	5.31	-0.861	-0.076	13.645	1.568	1.2055	0.0191	0.5965	12.440	833.055	0.00
154	0.5775	4.304	5.31	-1.003	-0.088	13.557	1.518	1.1296	0.0191	0.5775	12.427	833.143	0.00
155	0.5584	4.162	5.31	-1.145	-0.101	13.456	1.468	1.0564	0.0190	0.5584	12.400	833.244	0.00
156	0.5395	4.021	5.31	-1.286	-0.113	13.343	1.418	0.9859	0.0190	0.5395	12.357	833.357	0.00
157	0.5206	3.880	5.31	-1.427	-0.126	13.217	1.368	0.9181	0.0189	0.5206	12.299	833.483	0.00
158	0.5018	3.740	5.31	-1.567	-0.138	13.079	1.319	0.8531	0.0188	0.5018	12.226	833.621	0.00
159	0.4832	3.601	5.31	-1.706	-0.150	12.928	1.270	0.7910	0.0186	0.4832	12.137	833.772	0.00
160	0.4647	3.464	5.31	-1.843	-0.163	12.766	1.222	0.7316	0.0185	0.4647	12.034	833.934	0.00
161	0.4465	3.327	5.31	-1.980	-0.175	12.591	1.174	0.6752	0.0183	0.4465	11.916	834.109	0.00
162	0.4284	3.193	5.31	-2.114	-0.186	12.405	1.126	0.6216	0.0181	0.4284	11.783	834.295	0.00
163	0.4105	3.059	5.31	-2.247	-0.198	12.207	1.079	0.5709	0.0179	0.4105	11.636	834.493	0.00
164	0.3929	2.928	5.31	-2.379	-0.210	11.997	1.033	0.5229	0.0176	0.3929	11.474	834.703	0.00
165	0.3756	2.799	5.31	-2.508	-0.221	11.776	0.987	0.4778	0.0173	0.3756	11.298	834.924	0.00
166	0.3585	2.672	5.31	-2.635	-0.232	11.543	0.942	0.4354	0.0170	0.3585	11.108	835.157	0.00
167	0.3418	2.547	5.31	-2.760	-0.243	11.300	0.898	0.3957	0.0167	0.3418	10.904	835.400	0.00
168	0.3254	2.425	5.31	-2.882	-0.254	11.046	0.855	0.3587	0.0164	0.3254	10.687	835.654	0.00
169	0.3093	2.305	5.31	-3.002	-0.265	10.781	0.813	0.3242	0.0160	0.3093	10.457	835.919	0.00
170	0.2937	2.189	5.31	-3.118	-0.275	10.506	0.772	0.2921	0.0157	0.2937	10.214	836.194	0.00
171	0.2784	2.075	5.31	-3.232	-0.285	10.221	0.732	0.2625	0.0153	0.2784	9.959	836.479	0.00
172	0.2635	1.964	5.31	-3.343	-0.295	9.926	0.693	0.2352	0.0149	0.2635	9.691	836.774	0.00
173	0.2491	1.856	5.31	-3.451	-0.304	9.622	0.655	0.2101	0.0144	0.2491	9.412	837.078	0.00
174	0.2351	1.752	5.31	-3.555	-0.313	9.309	0.618	0.1872	0.0140	0.2351	9.122	837.391	0.00
175	0.2219	1.654	5.31	-3.653	-0.322	8.987	0.583	0.1668	0.0135	0.2215	8.820	837.713	0.00
176	0.2094	1.560	5.31	-3.746	-0.330	8.656	0.550	0.1485	0.0131	0.2085	8.508	838.044	0.00
177	0.1959	1.460	5.31	-3.847	-0.339	8.317	0.515	0.1300	0.0126	0.1959	8.187	838.383	0.00
178	0.1839	1.370	5.31	-3.937	-0.347	7.970	0.483	0.1145	0.0121	0.1839	7.855	838.730	0.00
179	0.1723	1.284	5.31	-4.023	-0.355	7.615	0.453	0.1006	0.0115	0.1723	7.515	839.085	0.00
180	0.1613	1.202	5.31	-4.105	-0.362	7.253	0.424	0.0882	0.0110	0.1613	7.165	839.447	0.00
181	0.1509	1.124	5.31	-4.182	-0.369	6.885	0.397	0.0771	0.0104	0.1509	6.807	839.815	0.00
182	0.1410	1.051	5.31	-4.256	-0.375	6.509	0.371	0.0673	0.0099	0.1410	6.442	840.191	0.00
183	0.1317	0.981	5.31	-4.326	-0.381	6.128	0.346	0.0587	0.0093	0.1317	6.069	840.572	0.00
184	0.1230	0.916	5.31	-4.391	-0.387	5.741	0.323	0.0512	0.0087	0.1230	5.690	840.959	0.00
185	0.1148	0.856	5.31	-4.451	-0.392	5.348	0.302	0.0447	0.0081	0.1148	5.304	841.352	0.00
186	0.1073	0.799	5.31	-4.507	-0.397	4.951	0.282	0.0390	0.0075	0.1073	4.912	841.749	0.00
187	0.1003	0.748	5.31	-4.559	-0.402	4.549	0.264	0.0341	0.0069	0.1003	4.515	842.151	0.00
188	0.0940	0.701	5.31	-4.606	-0.406	4.143	0.247	0.0300	0.0063	0.0940	4.113	842.557	0.00
189	0.0892	0.664	5.31	-4.642	-0.409	3.733	0.234	0.0269	0.0057	0.0883	3.706	842.967	0.00
190	0.0855	0.623	5.31	-4.684	-0.413	3.320	0.220	0.0236	0.0051	0.0833	3.297	843.380	0.00
191	0.0789	0.588	5.31	-4.719	-0.416	2.904	0.207	0.0211	0.0044	0.0789	2.883	843.796	0.00
192	0.0751	0.560	5.31	-4.747	-0.419	2.486	0.197	0.0191	0.0038	0.0751	2.466	844.214	0.00
193	0.0719	0.536	5.31	-4.771	-0.421	2.065	0.189	0.0175	0.0031	0.0719	2.047	844.635	0.00
194	0.0694	0.518	5.31	-4.789	-0.422	1.643	0.183	0.0163	0.0025	0.0694	1.626	845.057	0.00
195	0.0676	0.504	5.31	-4.803	-0.424	1.219	0.178	0.0155	0.0018	0.0676	1.204	845.481	0.00
196	0.0664	0.495	5.31	-4.812	-0.424	0.795	0.175	0.0149	0.0012	0.0664	0.780	845.905	0.00
197	0.0682	0.509	5.31	4.798	0.423	1.218	0.179	0.0158	0.0018	0.0682	1.202	845.482	0.00
198	0.0707	0.527	5.31	4.780	0.421	1.639	0.186	0.0169	0.0025	0.0707	1.622	845.061	0.00
199	0.0739	0.550	5.31	4.756	0.419	2.059	0.194	0.0185	0.0031	0.0739	2.040	844.641	0.00
200	0.0776	0.579	5.31	4.728	0.417	2.476	0.204	0.0204	0.0038	0.0776	2.455	844.224	0.00
201	0.0820	0.611	5.31	4.696	0.414	2.890	0.216	0.0228	0.0044	0.0820	2.867	843.810	0.00
202	0.0871	0.649	5.31	4.658	0.411	3.300	0.229	0.0257	0.0050	0.0871	3.275	843.400	0.00
203	0.0927	0.691	5.31	4.616	0.407	3.707	0.244	0.0291	0.0056	0.0927	3.678	842.993	0.00
204	0.0990	0.738	5.31	4.569	0.403	4.110	0.260	0.0332	0.0063	0.0990	4.077	842.590	0.00
205	0.1058	0.789	5.31	4.518	0.398	4.509	0.278	0.0379	0.0069	0.1058	4.471	842.191	0.00
206	0.1133	0.844	5.31	4.463	0.394	4.902	0.298	0.0435	0.0075	0.1133	4.859	841.798	0.00
207	0.1213	0.904	5.31	4.403	0.388	5.290	0.319	0.0499	0.0080	0.1213	5.241	841.410	0.00
208	0.1299	0.968	5.31	4.339	0.383	5.673	0.342	0.0572	0.0086	0.1299	5.616	841.027	0.00
209	0.1391	1.037	5.31	4.270	0.377	6.049	0.366	0.0656	0.0092	0.1391	5.984	840.651	0.00
210	0.1489	1.109	5.31	4.198	0.370	6.420	0.391	0.0751	0.0097	0.1489	6.345	840.280	0.00
211	0.1591	1.186	5.31	4.121	0.363	6.783	0.418	0.0858	0.0103	0.1591	6.697	839.917	0.00
212	0.1699	1.267	5.31	4.040	0.356	7.139	0.447	0.0978	0.0108	0.1699	7.041	839.561	0.00
213	0.1813	1.351	5.31	3.956	0.349	7.488	0.476	0.1113	0.0113	0.1813	7.377	839.212	0.00
214	0.1931	1.439	5.31	3.868	0.341	7.829	0.508	0.1263	0.0118	0.1931	7.703	838.871	0.00
215	0.2054	1.531	5.31	3.776	0.333	8.162	0.540	0.1429	0.0123	0.2054	8.019	838.538	0.00
216	0.2182	1.626	5.31	3.681	0.325	8.487	0.573	0.1612	0.0128	0.2182	8.325	838.213	0.00
217	0.2314	1.725	5.31	3.582	0.316	8.803	0.608	0.1814	0.0132	0.2314	8.621	837.897	0.00
218	0.2451	1.826	5.31	3.481	0.307	9.109	0.644	0.2034	0.0137	0.2451	8.906	837.591	0.00
219	0.2592	1.931	5.31	3.376	0.298	9.407	0.681	0.2275	0.0141	0.2591	9.180	837.293	0.00
220	0.2736	2.039	5.31	3.268	0.288	9.695	0.719	0.2537	0.0145	0.2736	9.441	837.005	0.00
221	0.2885	2.150	5.31	3.157	0.278	9.973	0.758	0.2820	0.0149	0.2885	9.692	836.727	0.00
222	0.3038	2.264	5.31	3.043	0.268	10.242	0.798	0.3126	0.0152	0.3037	9.929	836.458	0.00
223	0.3193	2.380	5.31	2.927	0.258	10.500	0.839	0.3454	0.0156	0.3193	10.154	836.200	0.00

224	0.3352	2.499	5.31	2.808	0.248	10.748	0.881	0.3807	0.0159	0.3352	10.367	835.952	0.00
225	0.3535	2.619	5.31	2.688	0.237	10.985	0.924	0.4184	0.0162	0.3515	10.566	835.715	0.00
226	0.3680	2.742	5.31	2.565	0.226	11.211	0.967	0.4587	0.0165	0.3680	10.752	835.489	0.00
227	0.3847	2.867	5.31	2.440	0.215	11.426	1.011	0.5014	0.0168	0.3847	10.924	835.274	0.00
228	0.4037	2.994	5.31	2.313	0.204	11.630	1.056	0.5467	0.0170	0.4017	11.083	835.070	0.00
229	0.4190	3.122	5.31	2.184	0.193	11.822	1.101	0.5946	0.0172	0.4190	11.228	834.878	0.00
230	0.4364	3.252	5.31	2.055	0.181	12.003	1.147	0.6451	0.0174	0.4364	11.358	834.697	0.00
231	0.4540	3.384	5.31	1.923	0.170	12.173	1.193	0.6982	0.0176	0.4540	11.475	834.527	0.00
232	0.4738	3.516	5.31	1.791	0.158	12.331	1.240	0.7540	0.0178	0.4718	11.577	834.369	0.00
233	0.4897	3.650	5.31	1.657	0.146	12.477	1.287	0.8123	0.0179	0.4897	11.665	834.223	0.00
234	0.5077	3.784	5.31	1.523	0.134	12.611	1.335	0.8732	0.0180	0.5077	11.738	834.089	0.00
235	0.5258	3.919	5.31	1.388	0.122	12.734	1.382	0.9365	0.0181	0.5258	11.797	833.966	0.00
236	0.5440	4.054	5.31	1.253	0.110	12.844	1.430	1.0024	0.0182	0.5440	11.842	833.856	0.00
237	0.5622	4.190	5.31	1.117	0.098	12.943	1.478	1.0707	0.0182	0.5622	11.872	833.757	0.00
238	0.5804	4.326	5.31	0.981	0.087	13.029	1.526	1.1413	0.0182	0.5804	11.888	833.671	0.00
239	0.5987	4.462	5.31	0.845	0.075	13.104	1.574	1.2141	0.0182	0.5987	11.890	833.596	0.00
240	0.6169	4.598	5.31	0.709	0.063	13.166	1.622	1.2892	0.0182	0.6169	11.877	833.534	0.00
241	0.6351	4.733	5.31	0.574	0.051	13.217	1.669	1.3663	0.0182	0.6351	11.851	833.483	0.00
242	0.6532	4.868	5.31	0.439	0.039	13.256	1.717	1.4454	0.0181	0.6532	11.810	833.444	0.00
243	0.6713	5.003	5.31	0.304	0.027	13.282	1.765	1.5265	0.0180	0.6713	11.756	833.418	0.00
244	0.6892	5.137	5.31	0.170	0.015	13.297	1.812	1.6091	0.0179	0.6892	11.688	833.403	0.00
245	0.6712	5.002	5.31	-0.305	-0.027	13.271	1.764	1.5259	0.0180	0.6712	11.745	833.429	0.00
246	0.6531	4.867	5.31	-0.440	-0.039	13.232	1.717	1.4447	0.0181	0.6531	11.787	833.468	0.00
247	0.6349	4.732	5.31	-0.575	-0.051	13.181	1.669	1.3656	0.0181	0.6349	11.815	833.519	0.00
248	0.6168	4.597	5.31	-0.710	-0.063	13.118	1.621	1.2885	0.0182	0.6168	11.830	833.582	0.00
249	0.5986	4.461	5.31	-0.846	-0.075	13.044	1.573	1.2136	0.0182	0.5986	11.830	833.656	0.00
250	0.5804	4.325	5.31	-0.982	-0.087	12.957	1.526	1.1410	0.0181	0.5805	11.816	833.743	0.00
251	0.5622	4.190	5.31	-1.117	-0.098	12.859	1.478	1.0707	0.0181	0.5624	11.788	833.841	0.00
252	0.5444	4.057	5.31	-1.250	-0.110	12.749	1.431	1.0038	0.0180	0.5444	11.745	833.951	0.00
253	0.5264	3.923	5.31	-1.384	-0.122	12.627	1.384	0.9386	0.0179	0.5265	11.688	834.073	0.00
254	0.5085	3.790	5.31	-1.517	-0.134	12.493	1.337	0.8760	0.0178	0.5086	11.617	834.207	0.00
255	0.4908	3.658	5.31	-1.649	-0.145	12.347	1.290	0.8159	0.0177	0.4909	11.532	834.353	0.00
256	0.4731	3.526	5.31	-1.781	-0.157	12.190	1.244	0.7584	0.0175	0.4734	11.432	834.510	0.00
257	0.4557	3.396	5.31	-1.911	-0.168	12.022	1.198	0.7035	0.0174	0.4560	11.318	834.678	0.00
258	0.4385	3.268	5.31	-2.039	-0.180	11.842	1.153	0.6512	0.0172	0.4388	11.191	834.858	0.00
259	0.4214	3.141	5.31	-2.166	-0.191	11.651	1.108	0.6016	0.0170	0.4219	11.050	835.049	0.00
260	0.4046	3.015	5.31	-2.292	-0.202	11.449	1.064	0.5545	0.0167	0.4052	10.895	835.251	0.00
261	0.3880	2.892	5.31	-2.415	-0.213	11.236	1.020	0.5101	0.0165	0.3887	10.726	835.464	0.00
262	0.3717	2.771	5.31	-2.536	-0.224	11.012	0.977	0.4681	0.0162	0.3725	10.544	835.688	0.00
263	0.3560	2.653	5.31	-2.654	-0.234	10.778	0.936	0.4293	0.0159	0.3566	10.349	835.922	0.00
264	0.3404	2.537	5.31	-2.770	-0.244	10.534	0.895	0.3924	0.0156	0.3411	10.142	836.166	0.00
265	0.3251	2.423	5.31	-2.884	-0.254	10.280	0.854	0.3579	0.0152	0.3258	9.922	836.420	0.00
266	0.3101	2.311	5.31	-2.996	-0.264	10.016	0.815	0.3258	0.0149	0.3110	9.690	836.684	0.00
267	0.2955	2.202	5.31	-3.104	-0.274	9.742	0.777	0.2958	0.0145	0.2965	9.446	836.958	0.00
268	0.2824	2.104	5.31	-3.202	-0.282	9.460	0.742	0.2701	0.0141	0.2824	9.189	837.240	0.00
269	0.2687	2.002	5.31	-3.305	-0.291	9.168	0.706	0.2445	0.0137	0.2687	8.924	837.532	0.00
270	0.2554	1.903	5.31	-3.404	-0.300	8.868	0.671	0.2209	0.0133	0.2554	8.647	837.832	0.00
271	0.2425	1.807	5.31	-3.500	-0.309	8.559	0.637	0.1992	0.0128	0.2426	8.360	838.141	0.00
272	0.2301	1.715	5.31	-3.592	-0.317	8.243	0.605	0.1794	0.0124	0.2302	8.063	838.457	0.00
273	0.2182	1.626	5.31	-3.681	-0.325	7.918	0.573	0.1612	0.0119	0.2183	7.757	838.782	0.00
274	0.2067	1.541	5.31	-3.766	-0.332	7.586	0.543	0.1447	0.0114	0.2069	7.441	839.114	0.00
275	0.1957	1.459	5.31	-3.848	-0.339	7.247	0.515	0.1298	0.0109	0.1960	7.117	839.453	0.00
276	0.1853	1.381	5.31	-3.926	-0.346	6.901	0.487	0.1163	0.0104	0.1855	6.784	839.799	0.00
277	0.1754	1.307	5.31	-4.000	-0.353	6.548	0.461	0.1042	0.0099	0.1757	6.444	840.152	0.00
278	0.1660	1.237	5.31	-4.070	-0.359	6.189	0.436	0.0933	0.0094	0.1663	6.096	840.511	0.00
279	0.1571	1.171	5.31	-4.136	-0.365	5.824	0.413	0.0836	0.0088	0.1575	5.741	840.876	0.00
280	0.1488	1.109	5.31	-4.198	-0.370	5.454	0.391	0.0750	0.0083	0.1492	5.379	841.246	0.00
281	0.1411	1.052	5.31	-4.255	-0.375	5.079	0.371	0.0675	0.0077	0.1415	5.012	841.621	0.00
282	0.1340	0.998	5.31	-4.309	-0.380	4.699	0.352	0.0608	0.0071	0.1344	4.638	842.001	0.00
283	0.1274	0.949	5.31	-4.358	-0.384	4.315	0.335	0.0550	0.0065	0.1279	4.260	842.385	0.00
284	0.1214	0.905	5.31	-4.402	-0.388	3.927	0.319	0.0499	0.0059	0.1219	3.877	842.773	0.00
285	0.1160	0.865	5.31	-4.442	-0.392	3.535	0.305	0.0456	0.0054	0.1166	3.489	843.165	0.00
286	0.1112	0.829	5.31	-4.478	-0.395	3.140	0.292	0.0419	0.0048	0.1118	3.098	843.560	0.00
287	0.1071	0.798	5.31	-4.509	-0.398	2.743	0.281	0.0388	0.0041	0.1077	2.704	843.957	0.00
288	0.1035	0.771	5.31	-4.536	-0.400	2.343	0.272	0.0363	0.0035	0.1041	2.306	844.357	0.00
289	0.1006	0.749	5.31	-4.558	-0.402	1.941	0.264	0.0343	0.0029	0.1012	1.907	844.759	0.00
290	0.0982	0.732	5.31	-4.575	-0.403	1.537	0.258	0.0327	0.0023	0.0989	1.505	845.163	0.00
291	0.0965	0.719	5.31	-4.588	-0.405	1.133	0.254	0.0316	0.0017	0.0972	1.101	845.567	0.00
292	0.0995	0.742	5.31	4.565	0.403	1.536	0.262	0.0336	0.0023	0.0995	1.502	845.164	0.00
293	0.1024	0.763	5.31	4.544	0.401	1.936	0.269	0.0355	0.0029	0.1024	1.901	844.764	0.00
294	0.1056	0.787	5.31	4.520	0.399	2.335	0.278	0.0378	0.0035	0.1060	2.297	844.365	0.00
295	0.1101	0.820	5.31	4.486	0.396	2.730	0.289	0.0411	0.0041	0.1101	2.689	843.970	0.00
296	0.1148	0.856	5.31	4.451	0.392	3.123	0.302	0.0447	0.0047	0.1148	3.078	843.577	0.00
297	0.1201	0.895	5.31	4.412	0.389	3.512	0.316	0.0489	0.0053	0.1201	3.463	843.188	0.00
298	0.1260	0.939	5.31	4.368	0.385	3.897	0.331	0.0538	0.0059	0.1260	3.843	842.803	0.00
299	0.1325	0.988	5.31	4.319	0.381	4.278	0.348	0.0595	0.0065	0.1325	4.218	842.422	0.00
300	0.1395	1.040	5.31	4.267	0.376	4.654	0.367	0.0660	0.0070	0.1395	4.588	842.046	0.00
301	0.1471	1.097	5.31	4.210	0.371	5.025	0.387	0.0733	0.0076	0.1471	4.952	841.675	0.00

302	0.1553	1.157	5.31	4.150	0.366	5.391	0.408	0.0817	0.0081	0.1553	5.309	841.309	0.00
303	0.1632	1.216	5.31	4.091	0.361	5.752	0.429	0.0902	0.0087	0.1640	5.662	840.948	0.00
304	0.1732	1.291	5.31	4.016	0.354	6.106	0.455	0.1016	0.0092	0.1732	6.004	840.594	0.00
305	0.1829	1.363	5.31	3.944	0.348	6.454	0.481	0.1133	0.0097	0.1829	6.340	840.246	0.00
306	0.1932	1.440	5.31	3.867	0.341	6.795	0.508	0.1264	0.0102	0.1932	6.668	839.905	0.00
307	0.2039	1.519	5.31	3.787	0.334	7.129	0.536	0.1408	0.0107	0.2039	6.988	839.571	0.00
308	0.2151	1.603	5.31	3.704	0.327	7.455	0.565	0.1567	0.0112	0.2151	7.299	839.245	0.00
309	0.2267	1.690	5.31	3.617	0.319	7.774	0.596	0.1742	0.0117	0.2267	7.600	838.926	0.00
310	0.2389	1.780	5.31	3.527	0.311	8.085	0.628	0.1933	0.0121	0.2389	7.892	838.615	0.00
311	0.2505	1.867	5.31	3.440	0.303	8.389	0.658	0.2125	0.0125	0.2514	8.176	838.311	0.00
312	0.2644	1.970	5.31	3.337	0.294	8.683	0.695	0.2368	0.0130	0.2644	8.446	838.017	0.00
313	0.2779	2.071	5.31	3.236	0.285	8.968	0.730	0.2616	0.0134	0.2777	8.706	837.732	0.00
314	0.2916	2.173	5.31	3.134	0.276	9.244	0.767	0.2881	0.0137	0.2915	8.956	837.456	0.00
315	0.3057	2.278	5.31	3.029	0.267	9.511	0.804	0.3165	0.0141	0.3056	9.195	837.189	0.00
316	0.3201	2.386	5.31	2.921	0.258	9.769	0.841	0.3471	0.0145	0.3200	9.422	836.931	0.00
317	0.3349	2.496	5.31	2.811	0.248	10.017	0.880	0.3799	0.0148	0.3348	9.637	836.683	0.00
318	0.3499	2.608	5.31	2.699	0.238	10.255	0.920	0.4148	0.0151	0.3499	9.840	836.445	0.00
319	0.3653	2.723	5.31	2.584	0.228	10.483	0.960	0.4521	0.0154	0.3653	10.031	836.217	0.00
320	0.3810	2.839	5.31	2.467	0.218	10.700	1.001	0.4917	0.0157	0.3810	10.209	836.000	0.00
321	0.3969	2.958	5.31	2.349	0.207	10.907	1.043	0.5337	0.0159	0.3969	10.374	835.793	0.00
322	0.4131	3.079	5.31	2.228	0.196	11.104	1.086	0.5780	0.0162	0.4131	10.526	835.596	0.00
323	0.4294	3.200	5.31	2.106	0.186	11.290	1.129	0.6247	0.0164	0.4294	10.665	835.410	0.00
324	0.4460	3.324	5.31	1.983	0.175	11.464	1.172	0.6738	0.0166	0.4460	10.791	835.236	0.00
325	0.4627	3.449	5.31	1.858	0.164	11.628	1.216	0.7253	0.0167	0.4627	10.903	835.072	0.00
326	0.4796	3.574	5.31	1.733	0.153	11.781	1.261	0.7792	0.0169	0.4796	11.002	834.919	0.00
327	0.4966	3.701	5.31	1.606	0.142	11.923	1.305	0.8355	0.0170	0.4966	11.087	834.777	0.00
328	0.5138	3.829	5.31	1.478	0.130	12.053	1.350	0.8941	0.0171	0.5137	11.159	834.647	0.00
329	0.5310	3.957	5.31	1.350	0.119	12.172	1.396	0.9550	0.0172	0.5310	11.217	834.528	0.00
330	0.5492	4.083	5.31	1.214	0.107	12.279	1.444	1.0218	0.0173	0.5482	11.257	834.421	0.00
331	0.5665	4.222	5.31	1.085	0.096	12.375	1.489	1.0871	0.0173	0.5656	11.288	834.325	0.00
332	0.5838	4.351	5.31	0.956	0.084	12.459	1.535	1.1545	0.0173	0.5829	11.305	834.241	0.00
333	0.6011	4.480	5.31	0.827	0.073	12.532	1.580	1.2239	0.0174	0.6003	11.308	834.168	0.00
334	0.6184	4.608	5.31	0.698	0.062	12.594	1.625	1.2953	0.0173	0.6176	11.298	834.106	0.00
335	0.6356	4.737	5.31	0.570	0.050	12.644	1.671	1.3685	0.0173	0.6349	11.275	834.056	0.00
336	0.6528	4.865	5.31	0.442	0.039	12.683	1.716	1.4436	0.0172	0.6522	11.239	834.017	0.00
337	0.6699	4.993	5.31	0.314	0.028	12.710	1.761	1.5203	0.0172	0.6693	11.190	833.990	0.00
338	0.6870	5.120	5.31	0.187	0.017	12.727	1.806	1.5986	0.0171	0.6864	11.128	833.973	0.00
339	0.6692	4.988	5.31	-0.319	-0.028	12.699	1.759	1.5172	0.0172	0.6692	11.182	834.001	0.00
340	0.6520	4.859	5.31	-0.448	-0.039	12.659	1.714	1.4401	0.0172	0.6520	11.219	834.041	0.00
341	0.6348	4.731	5.31	-0.576	-0.051	12.609	1.669	1.3649	0.0173	0.6348	11.244	834.091	0.00
342	0.6175	4.602	5.31	-0.705	-0.062	12.546	1.623	1.2915	0.0173	0.6175	11.255	834.154	0.00
343	0.6002	4.473	5.31	-0.834	-0.074	12.473	1.578	1.2202	0.0173	0.6002	11.253	834.227	0.00
344	0.5829	4.344	5.31	-0.963	-0.085	12.388	1.532	1.1509	0.0172	0.5830	11.237	834.312	0.00
345	0.5656	4.215	5.31	-1.092	-0.096	12.292	1.487	1.0837	0.0172	0.5658	11.208	834.408	0.00
346	0.5486	4.089	5.31	-1.218	-0.107	12.184	1.442	1.0197	0.0171	0.5487	11.165	834.516	0.00
347	0.5316	3.962	5.31	-1.345	-0.119	12.066	1.397	0.9572	0.0170	0.5316	11.108	834.634	0.00
348	0.5146	3.835	5.31	-1.472	-0.130	11.936	1.353	0.8970	0.0169	0.5147	11.039	834.764	0.00
349	0.4977	3.709	5.31	-1.598	-0.141	11.795	1.308	0.8392	0.0168	0.4979	10.956	834.905	0.00
350	0.4810	3.585	5.31	-1.722	-0.152	11.643	1.264	0.7837	0.0167	0.4812	10.859	835.057	0.00
351	0.4644	3.461	5.31	-1.846	-0.163	11.480	1.221	0.7307	0.0165	0.4647	10.750	835.220	0.00
352	0.4481	3.339	5.31	-1.968	-0.174	11.307	1.178	0.6800	0.0163	0.4484	10.627	835.393	0.00
353	0.4319	3.219	5.31	-2.088	-0.184	11.123	1.135	0.6318	0.0161	0.4323	10.491	835.577	0.00
354	0.4159	3.100	5.31	-2.207	-0.195	10.928	1.093	0.5860	0.0159	0.4164	10.342	835.772	0.00
355	0.4002	2.983	5.31	-2.324	-0.205	10.723	1.052	0.5426	0.0156	0.4008	10.181	835.977	0.00
356	0.3848	2.868	5.31	-2.439	-0.215	10.508	1.011	0.5015	0.0154	0.3854	10.007	836.192	0.00
357	0.3696	2.754	5.31	-2.552	-0.225	10.283	0.971	0.4627	0.0151	0.3704	9.820	836.417	0.00
358	0.3547	2.644	5.31	-2.663	-0.235	10.048	0.932	0.4262	0.0148	0.3556	9.622	836.652	0.00
359	0.3402	2.535	5.31	-2.772	-0.244	9.804	0.894	0.3920	0.0144	0.3411	9.412	836.896	0.00
360	0.3270	2.437	5.31	-2.870	-0.253	9.551	0.860	0.3623	0.0141	0.3270	9.188	837.149	0.00
361	0.3133	2.335	5.31	-2.972	-0.262	9.289	0.824	0.3325	0.0137	0.3133	8.956	837.411	0.00
362	0.2999	2.235	5.31	-3.072	-0.271	9.018	0.788	0.3047	0.0134	0.2999	8.713	837.682	0.00
363	0.2869	2.138	5.31	-3.169	-0.279	8.738	0.754	0.2789	0.0130	0.2869	8.460	837.962	0.00
364	0.2743	2.044	5.31	-3.263	-0.288	8.451	0.721	0.2549	0.0126	0.2744	8.196	838.249	0.00
365	0.2621	1.953	5.31	-3.354	-0.296	8.155	0.689	0.2327	0.0122	0.2622	7.922	838.545	0.00
366	0.2503	1.866	5.31	-3.441	-0.305	7.852	0.658	0.2123	0.0117	0.2505	7.639	838.848	0.00
367	0.2390	1.781	5.31	-3.526	-0.311	7.541	0.628	0.1935	0.0113	0.2392	7.347	839.159	0.00
368	0.2282	1.701	5.31	-3.606	-0.318	7.223	0.600	0.1764	0.0108	0.2284	7.046	839.477	0.00
369	0.2172	1.619	5.31	-3.688	-0.325	6.898	0.571	0.1598	0.0103	0.2181	6.738	839.802	0.00
370	0.2073	1.545	5.31	-3.762	-0.332	6.566	0.545	0.1455	0.0099	0.2082	6.420	840.134	0.00
371	0.1989	1.482	5.31	-3.825	-0.337	6.229	0.523	0.1340	0.0094	0.1989	6.095	840.471	0.00
372	0.1900	1.416	5.31	-3.891	-0.343	5.885	0.499	0.1223	0.0088	0.1900	5.763	840.815	0.00
373	0.1817	1.354	5.31	-3.953	-0.349	5.537	0.478	0.1118	0.0083	0.1817	5.425	841.163	0.00
374	0.1739	1.296	5.31	-4.011	-0.354	5.183	0.457	0.1024	0.0078	0.1739	5.081	841.517	0.00
375	0.1666	1.242	5.31	-4.065	-0.358	4.825	0.438	0.0941	0.0073	0.1666	4.731	841.875	0.00
376	0.1599	1.192	5.31	-4.115	-0.363	4.462	0.420	0.0866	0.0067	0.1599	4.375	842.238	0.00
377	0.1537	1.146	5.31	-4.161	-0.367	4.095	0.404	0.0801	0.0062	0.1537	4.015	842.605	0.00
378	0.1481	1.104	5.31	-4.203	-0.371	3.724	0.389	0.0743	0.0056	0.1481	3.650	842.976	0.00
379	0.1431	1.067	5.31	-4.240	-0.374	3.351	0.376	0.0694	0.0050	0.1431	3.281	843.349	0.00

380	0.1386	1.033	5.31	-4.274	-0.377	2.974	0.364	0.0651	0.0045	0.1386	2.909	843.726	0.00
381	0.1348	1.004	5.31	-4.303	-0.379	2.594	0.354	0.0615	0.0039	0.1348	2.533	844.106	0.00
382	0.1315	0.980	5.31	-4.327	-0.382	2.213	0.346	0.0585	0.0033	0.1315	2.154	844.487	0.00
383	0.1287	0.959	5.31	-4.348	-0.383	1.830	0.338	0.0561	0.0027	0.1287	1.773	844.870	0.00
384	0.1266	0.944	5.31	-4.363	-0.385	1.445	0.333	0.0543	0.0021	0.1266	1.390	845.255	0.00
385	0.1293	0.964	5.31	4.343	0.383	1.828	0.340	0.0566	0.0027	0.1293	1.771	844.872	0.00
386	0.1326	0.988	5.31	4.319	0.381	2.209	0.349	0.0596	0.0033	0.1326	2.149	844.491	0.00
387	0.1365	1.017	5.31	4.290	0.378	2.587	0.359	0.0631	0.0039	0.1365	2.524	844.113	0.00
388	0.1409	1.050	5.31	4.257	0.375	2.962	0.370	0.0673	0.0044	0.1409	2.895	843.738	0.00
389	0.1459	1.088	5.31	4.219	0.372	3.334	0.384	0.0721	0.0050	0.1459	3.262	843.366	0.00
390	0.1515	1.129	5.31	4.178	0.368	3.703	0.398	0.0778	0.0056	0.1515	3.625	842.997	0.00
391	0.1576	1.175	5.31	4.132	0.364	4.067	0.414	0.0842	0.0061	0.1576	3.983	842.633	0.00
392	0.1643	1.224	5.31	4.083	0.360	4.427	0.432	0.0914	0.0067	0.1643	4.335	842.273	0.00
393	0.1715	1.278	5.31	4.029	0.355	4.782	0.451	0.0996	0.0072	0.1714	4.683	841.918	0.00
394	0.1792	1.335	5.31	3.972	0.350	5.132	0.471	0.1087	0.0077	0.1792	5.024	841.568	0.00
395	0.1874	1.397	5.31	3.910	0.345	5.477	0.493	0.1189	0.0082	0.1874	5.358	841.223	0.00
396	0.1961	1.462	5.31	3.845	0.339	5.816	0.515	0.1303	0.0087	0.1961	5.686	840.884	0.00
397	0.2053	1.530	5.31	3.777	0.333	6.149	0.540	0.1428	0.0092	0.2053	6.006	840.551	0.00
398	0.2150	1.603	5.31	3.704	0.327	6.476	0.565	0.1566	0.0097	0.2150	6.319	840.224	0.00
399	0.2252	1.678	5.31	3.629	0.320	6.796	0.592	0.1718	0.0102	0.2252	6.624	839.904	0.00
400	0.2358	1.757	5.31	3.550	0.313	7.109	0.620	0.1884	0.0106	0.2358	6.920	839.591	0.00
401	0.2469	1.840	5.31	3.467	0.306	7.414	0.649	0.2065	0.0111	0.2469	7.208	839.286	0.00
402	0.2584	1.926	5.31	3.381	0.298	7.713	0.679	0.2261	0.0115	0.2584	7.487	838.987	0.00
403	0.2712	2.021	5.31	3.286	0.290	8.002	0.713	0.2492	0.0119	0.2703	7.753	838.698	0.00
404	0.2835	2.113	5.31	3.194	0.282	8.284	0.745	0.2722	0.0123	0.2826	8.012	838.416	0.00
405	0.2961	2.207	5.31	3.100	0.273	8.557	0.778	0.2970	0.0127	0.2952	8.260	838.143	0.00
406	0.3091	2.303	5.31	3.004	0.265	8.822	0.812	0.3236	0.0130	0.3083	8.499	837.878	0.00
407	0.3224	2.403	5.31	2.904	0.256	9.078	0.847	0.3521	0.0134	0.3217	8.726	837.622	0.00
408	0.3361	2.505	5.31	2.802	0.247	9.325	0.883	0.3826	0.0137	0.3354	8.943	837.375	0.00
409	0.3500	2.609	5.31	2.698	0.238	9.563	0.920	0.4151	0.0140	0.3494	9.148	837.137	0.00
410	0.3643	2.715	5.31	2.592	0.229	9.792	0.958	0.4496	0.0143	0.3638	9.342	836.908	0.00
411	0.3789	2.824	5.31	2.483	0.219	10.011	0.996	0.4862	0.0146	0.3784	9.525	836.689	0.00
412	0.3937	2.934	5.31	2.373	0.209	10.220	1.035	0.5250	0.0149	0.3933	9.695	836.480	0.00
413	0.4087	3.046	5.31	2.261	0.199	10.419	1.074	0.5660	0.0151	0.4084	9.853	836.281	0.00
414	0.4240	3.160	5.31	2.147	0.189	10.609	1.115	0.6091	0.0153	0.4237	10.000	836.091	0.00
415	0.4395	3.276	5.31	2.031	0.179	10.788	1.155	0.6544	0.0156	0.4393	10.133	835.912	0.00
416	0.4552	3.393	5.31	1.914	0.169	10.957	1.197	0.7019	0.0157	0.4550	10.255	835.743	0.00
417	0.4711	3.511	5.31	1.796	0.158	11.115	1.238	0.7517	0.0159	0.4709	10.363	835.585	0.00
418	0.4870	3.630	5.31	1.677	0.148	11.263	1.280	0.8036	0.0161	0.4870	10.459	835.437	0.00
419	0.5032	3.750	5.31	1.557	0.137	11.400	1.323	0.8577	0.0162	0.5032	10.542	835.300	0.00
420	0.5195	3.871	5.31	1.436	0.127	11.527	1.365	0.9141	0.0163	0.5194	10.613	835.173	0.00
421	0.5358	3.993	5.31	1.314	0.116	11.643	1.408	0.9726	0.0164	0.5358	10.670	835.057	0.00
422	0.5523	4.116	5.31	1.191	0.105	11.748	1.452	1.0332	0.0164	0.5523	10.714	834.952	0.00
423	0.5688	4.239	5.31	1.068	0.094	11.842	1.495	1.0958	0.0165	0.5687	10.746	834.858	0.00
424	0.5853	4.362	5.31	0.945	0.083	11.925	1.538	1.1604	0.0165	0.5853	10.765	834.775	0.00
425	0.6018	4.485	5.31	0.822	0.072	11.997	1.582	1.2269	0.0165	0.6018	10.771	834.703	0.00
426	0.6183	4.608	5.31	0.699	0.062	12.059	1.625	1.2951	0.0165	0.6183	10.764	834.641	0.00
427	0.6348	4.731	5.31	0.576	0.051	12.110	1.669	1.3651	0.0165	0.6348	10.745	834.590	0.00
428	0.6513	4.854	5.31	0.453	0.040	12.150	1.712	1.4368	0.0164	0.6512	10.713	834.550	0.00
429	0.6676	4.976	5.31	0.331	0.029	12.179	1.755	1.5099	0.0164	0.6676	10.669	834.521	0.00
430	0.6839	5.097	5.31	0.210	0.019	12.198	1.798	1.5845	0.0163	0.6839	10.613	834.502	0.00
431	0.6675	4.975	5.31	-0.332	-0.029	12.168	1.755	1.5095	0.0164	0.6676	10.659	834.532	0.00
432	0.6511	4.853	5.31	-0.454	-0.040	12.128	1.712	1.4362	0.0164	0.6511	10.692	834.572	0.00
433	0.6347	4.730	5.31	-0.577	-0.051	12.077	1.668	1.3646	0.0164	0.6347	10.713	834.623	0.00
434	0.6182	4.607	5.31	-0.700	-0.062	12.016	1.625	1.2947	0.0165	0.6182	10.721	834.684	0.00
435	0.6017	4.485	5.31	-0.822	-0.073	11.943	1.582	1.2266	0.0164	0.6018	10.717	834.757	0.00
436	0.5853	4.362	5.31	-0.945	-0.083	11.860	1.538	1.1604	0.0164	0.5854	10.699	834.840	0.00
437	0.5689	4.240	5.31	-1.067	-0.094	11.766	1.495	1.0962	0.0164	0.5690	10.670	834.934	0.00
438	0.5527	4.119	5.31	-1.188	-0.105	11.661	1.453	1.0348	0.0163	0.5527	10.626	835.039	0.00
439	0.5364	3.998	5.31	-1.309	-0.115	11.546	1.410	0.9748	0.0162	0.5365	10.571	835.154	0.00
440	0.5203	3.878	5.31	-1.429	-0.126	11.420	1.368	0.9170	0.0161	0.5204	10.503	835.280	0.00
441	0.5043	3.758	5.31	-1.549	-0.137	11.283	1.325	0.8614	0.0160	0.5044	10.422	835.417	0.00
442	0.4884	3.640	5.31	-1.667	-0.147	11.136	1.284	0.8079	0.0159	0.4885	10.328	835.564	0.00
443	0.4726	3.522	5.31	-1.785	-0.157	10.979	1.242	0.7566	0.0157	0.4728	10.222	835.721	0.00
444	0.4570	3.406	5.31	-1.901	-0.168	10.811	1.201	0.7076	0.0155	0.4573	10.103	835.889	0.00
445	0.4417	3.292	5.31	-2.015	-0.178	10.633	1.161	0.6608	0.0153	0.4420	9.973	836.067	0.00
446	0.4265	3.179	5.31	-2.128	-0.188	10.446	1.121	0.6162	0.0151	0.4269	9.829	836.254	0.00
447	0.4116	3.067	5.31	-2.239	-0.197	10.248	1.082	0.5739	0.0148	0.4121	9.674	836.452	0.00
448	0.3969	2.958	5.31	-2.349	-0.207	10.041	1.043	0.5337	0.0146	0.3975	9.507	836.659	0.00
449	0.3825	2.851	5.31	-2.456	-0.217	9.825	1.005	0.4956	0.0143	0.3832	9.329	836.875	0.00
450	0.3684	2.746	5.31	-2.561	-0.226	9.599	0.968	0.4597	0.0140	0.3692	9.139	837.101	0.00
451	0.3546	2.643	5.31	-2.664	-0.235	9.364	0.932	0.4259	0.0137	0.3554	8.938	837.336	0.00
452	0.3411	2.542	5.31	-2.765	-0.244	9.120	0.897	0.3941	0.0134	0.3420	8.726	837.580	0.00
453	0.3290	2.452	5.31	-2.865	-0.252	8.868	0.865	0.3667	0.0130	0.3290	8.502	837.832	0.00
454	0.3163	2.357	5.31	-2.950	-0.260	8.608	0.831	0.3389	0.0127	0.3163	8.269	838.092	0.00
455	0.3040	2.266	5.31	-3.041	-0.268	8.340	0.799	0.3130	0.0123	0.3040	8.027	838.360	0.00
456	0.2920	2.177	5.31	-3.130	-0.276	8.064	0.768	0.2889	0.0119	0.2921	7.775	838.636	0.00
457	0.2805	2.090	5.31	-3.217	-0.284	7.780	0.737	0.2665	0.0115	0.2805	7.514	838.920	0.00

458	0.2693	2.007	5.31	-3.300	-0.291	7.489	0.708	0.2457	0.0111	0.2694	7.244	839.211	0.00
459	0.2586	1.927	5.31	-3.380	-0.298	7.191	0.680	0.2266	0.0107	0.2587	6.965	839.509	0.00
460	0.2483	1.851	5.31	-3.456	-0.305	6.887	0.653	0.2089	0.0102	0.2485	6.678	839.813	0.00
461	0.2385	1.777	5.31	-3.529	-0.311	6.575	0.627	0.1927	0.0098	0.2387	6.383	840.125	0.00
462	0.2291	1.708	5.31	-3.599	-0.317	6.258	0.602	0.1779	0.0093	0.2293	6.080	840.442	0.00
463	0.2202	1.641	5.31	-3.666	-0.323	5.935	0.579	0.1642	0.0089	0.2205	5.771	840.765	0.00
464	0.2118	1.578	5.31	-3.729	-0.329	5.606	0.557	0.1519	0.0084	0.2121	5.454	841.094	0.00
465	0.2039	1.519	5.31	-3.788	-0.334	5.272	0.536	0.1408	0.0079	0.2042	5.131	841.428	0.00
466	0.1964	1.464	5.31	-3.843	-0.339	4.933	0.516	0.1307	0.0074	0.1969	4.803	841.767	0.00
467	0.1895	1.413	5.31	-3.894	-0.343	4.590	0.498	0.1217	0.0069	0.1900	4.468	842.110	0.00
468	0.1832	1.365	5.31	-3.942	-0.348	4.242	0.481	0.1137	0.0063	0.1837	4.129	842.458	0.00
469	0.1773	1.322	5.31	-3.985	-0.351	3.891	0.466	0.1065	0.0058	0.1779	3.784	842.809	0.00
470	0.1720	1.282	5.31	-4.025	-0.355	3.536	0.452	0.1002	0.0053	0.1726	3.436	843.164	0.00
471	0.1672	1.246	5.31	-4.061	-0.358	3.178	0.440	0.0947	0.0047	0.1679	3.083	843.522	0.00
472	0.1630	1.215	5.31	-4.092	-0.361	2.817	0.428	0.0900	0.0042	0.1637	2.727	843.883	0.00
473	0.1593	1.188	5.31	-4.119	-0.363	2.454	0.419	0.0860	0.0036	0.1601	2.368	844.246	0.00
474	0.1562	1.164	5.31	-4.143	-0.365	2.089	0.411	0.0827	0.0031	0.1570	2.006	844.611	0.00
475	0.1537	1.145	5.31	-4.162	-0.367	1.722	0.404	0.0800	0.0025	0.1545	1.642	844.978	0.00
476	0.1575	1.174	5.31	4.133	0.364	2.086	0.414	0.0841	0.0031	0.1575	2.002	844.614	0.00
477	0.1612	1.201	5.31	4.106	0.362	2.448	0.424	0.0880	0.0036	0.1611	2.360	844.252	0.00
478	0.1653	1.232	5.31	4.075	0.359	2.807	0.435	0.0926	0.0042	0.1653	2.715	843.893	0.00
479	0.1700	1.267	5.31	4.040	0.356	3.164	0.447	0.0979	0.0047	0.1700	3.066	843.536	0.00
480	0.1753	1.306	5.31	4.001	0.353	3.516	0.461	0.1040	0.0052	0.1753	3.412	843.184	0.00
481	0.1810	1.349	5.31	3.958	0.349	3.865	0.476	0.1110	0.0058	0.1810	3.754	842.835	0.00
482	0.1873	1.396	5.31	3.911	0.345	4.210	0.492	0.1188	0.0063	0.1873	4.091	842.490	0.00
483	0.1941	1.447	5.31	3.860	0.340	4.551	0.510	0.1276	0.0068	0.1941	4.423	842.149	0.00
484	0.2014	1.501	5.31	3.806	0.336	4.886	0.529	0.1374	0.0073	0.2014	4.749	841.814	0.00
485	0.2088	1.556	5.31	3.751	0.331	5.217	0.549	0.1477	0.0078	0.2092	5.069	841.483	0.00
486	0.2174	1.620	5.31	3.687	0.325	5.542	0.571	0.1601	0.0083	0.2174	5.382	841.158	0.00
487	0.2261	1.685	5.31	3.622	0.319	5.861	0.594	0.1732	0.0087	0.2261	5.688	840.839	0.00
488	0.2353	1.754	5.31	3.553	0.313	6.175	0.619	0.1876	0.0092	0.2353	5.987	840.525	0.00
489	0.2450	1.826	5.31	3.481	0.307	6.482	0.644	0.2033	0.0096	0.2450	6.278	840.218	0.00
490	0.2550	1.901	5.31	3.406	0.300	6.782	0.670	0.2203	0.0101	0.2550	6.562	839.918	0.00
491	0.2655	1.979	5.31	3.328	0.293	7.075	0.698	0.2388	0.0105	0.2655	6.837	839.625	0.00
492	0.2764	2.060	5.31	3.247	0.286	7.362	0.727	0.2589	0.0109	0.2764	7.103	839.338	0.00
493	0.2877	2.144	5.31	3.163	0.279	7.641	0.756	0.2804	0.0113	0.2877	7.360	839.059	0.00
494	0.2994	2.231	5.31	3.076	0.271	7.912	0.787	0.3037	0.0117	0.2994	7.608	838.788	0.00
495	0.3114	2.321	5.31	2.986	0.263	8.175	0.819	0.3286	0.0120	0.3114	7.846	838.525	0.00
496	0.3238	2.414	5.31	2.893	0.255	8.430	0.851	0.3553	0.0124	0.3238	8.075	838.270	0.00
497	0.3366	2.508	5.31	2.799	0.247	8.677	0.885	0.3837	0.0127	0.3366	8.293	838.023	0.00
498	0.3496	2.606	5.31	2.701	0.238	8.915	0.919	0.4141	0.0130	0.3496	8.501	837.785	0.00
499	0.3630	2.705	5.31	2.602	0.229	9.144	0.954	0.4463	0.0133	0.3630	8.698	837.556	0.00
500	0.3766	2.807	5.31	2.500	0.220	9.365	0.990	0.4804	0.0136	0.3766	8.885	837.335	0.00
501	0.3905	2.910	5.31	2.397	0.211	9.576	1.026	0.5166	0.0139	0.3905	9.060	837.124	0.00
502	0.4047	3.016	5.31	2.291	0.202	9.778	1.064	0.5547	0.0142	0.4046	9.224	836.922	0.00
503	0.4190	3.123	5.31	2.184	0.193	9.971	1.101	0.5948	0.0144	0.4190	9.376	836.729	0.00
504	0.4336	3.232	5.31	2.075	0.183	10.154	1.140	0.6370	0.0146	0.4336	9.517	836.546	0.00
505	0.4484	3.342	5.31	1.965	0.173	10.327	1.179	0.6812	0.0148	0.4484	9.646	836.373	0.00
506	0.4634	3.454	5.31	1.853	0.163	10.490	1.218	0.7275	0.0150	0.4634	9.763	836.210	0.00
507	0.4786	3.567	5.31	1.740	0.153	10.644	1.258	0.7758	0.0151	0.4786	9.868	836.056	0.00
508	0.4939	3.681	5.31	1.626	0.143	10.787	1.298	0.8262	0.0153	0.4939	9.961	835.913	0.00
509	0.5093	3.796	5.31	1.511	0.133	10.921	1.339	0.8787	0.0154	0.5093	10.042	835.779	0.00
510	0.5248	3.911	5.31	1.396	0.123	11.044	1.380	0.9331	0.0155	0.5248	10.111	835.656	0.00
511	0.5404	4.028	5.31	1.279	0.113	11.156	1.421	0.9894	0.0156	0.5404	10.167	835.544	0.00
512	0.5561	4.144	5.31	1.162	0.102	11.259	1.462	1.0476	0.0157	0.5561	10.211	835.441	0.00
513	0.5718	4.261	5.31	1.046	0.092	11.351	1.503	1.1075	0.0157	0.5718	10.244	835.349	0.00
514	0.5875	4.379	5.31	0.928	0.082	11.433	1.544	1.1694	0.0158	0.5875	10.264	835.267	0.00
515	0.6033	4.496	5.31	0.811	0.071	11.504	1.586	1.2330	0.0158	0.6033	10.271	835.196	0.00
516	0.6191	4.614	5.31	0.693	0.061	11.566	1.627	1.2982	0.0158	0.6191	10.267	835.134	0.00
517	0.6348	4.731	5.31	0.576	0.051	11.616	1.669	1.3650	0.0157	0.6348	10.251	835.084	0.00
518	0.6505	4.848	5.31	0.459	0.040	11.657	1.710	1.4333	0.0157	0.6505	10.223	835.043	0.00
519	0.6661	4.964	5.31	0.343	0.030	11.687	1.751	1.5030	0.0156	0.6661	10.184	835.013	0.00
520	0.6817	5.080	5.31	0.227	0.020	11.707	1.792	1.5740	0.0156	0.6817	10.133	834.993	0.00
521	0.6660	4.964	5.31	-0.343	-0.030	11.677	1.751	1.5027	0.0156	0.6660	10.174	835.023	0.00
522	0.6504	4.847	5.31	-0.460	-0.041	11.636	1.710	1.4328	0.0157	0.6504	10.203	835.064	0.00
523	0.6347	4.730	5.31	-0.577	-0.051	11.585	1.668	1.3646	0.0157	0.6347	10.221	835.115	0.00
524	0.6190	4.613	5.31	-0.694	-0.061	11.524	1.627	1.2979	0.0157	0.6190	10.226	835.176	0.00
525	0.6033	4.496	5.31	-0.811	-0.072	11.453	1.586	1.2328	0.0157	0.6033	10.220	835.247	0.00
526	0.5876	4.379	5.31	-0.928	-0.082	11.371	1.544	1.1695	0.0157	0.5877	10.201	835.329	0.00
527	0.5719	4.262	5.31	-1.045	-0.092	11.279	1.503	1.1080	0.0156	0.5721	10.171	835.421	0.00
528	0.5563	4.146	5.31	-1.161	-0.102	11.176	1.462	1.0484	0.0155	0.5565	10.128	835.524	0.00
529	0.5410	4.032	5.31	-1.275	-0.112	11.064	1.422	0.9916	0.0155	0.5411	10.072	835.636	0.00
530	0.5256	3.918	5.31	-1.389	-0.123	10.941	1.382	0.9360	0.0154	0.5257	10.005	835.759	0.00
531	0.5104	3.804	5.31	-1.503	-0.133	10.809	1.342	0.8824	0.0152	0.5105	9.927	835.891	0.00
532	0.4952	3.691	5.31	-1.616	-0.142	10.666	1.302	0.8308	0.0151	0.4954	9.836	836.034	0.00
533	0.4802	3.579	5.31	-1.728	-0.152	10.514	1.262	0.7813	0.0149	0.4804	9.733	836.186	0.00
534	0.4654	3.469	5.31	-1.838	-0.162	10.352	1.223	0.7338	0.0148	0.4657	9.618	836.348	0.00
535	0.4508	3.360	5.31	-1.947	-0.172	10.180	1.185	0.6884	0.0146	0.4511	9.492	836.520	0.00

536	0.4364	3.252	5.31	-2.055	-0.181	9.999	1.147	0.6451	0.0144	0.4367	9.354	836.701	0.00
537	0.4222	3.146	5.31	-2.160	-0.190	9.809	1.110	0.6038	0.0141	0.4226	9.205	836.891	0.00
538	0.4082	3.042	5.31	-2.264	-0.200	9.609	1.073	0.5645	0.0139	0.4087	9.044	837.091	0.00
539	0.3945	2.940	5.31	-2.367	-0.209	9.400	1.037	0.5273	0.0136	0.3951	8.873	837.300	0.00
540	0.3811	2.840	5.31	-2.467	-0.217	9.183	1.002	0.4920	0.0133	0.3818	8.691	837.517	0.00
541	0.3680	2.743	5.31	-2.564	-0.226	8.957	0.967	0.4587	0.0130	0.3687	8.498	837.743	0.00
542	0.3552	2.647	5.31	-2.660	-0.235	8.722	0.934	0.4273	0.0127	0.3560	8.295	837.978	0.00
543	0.3436	2.561	5.31	-2.746	-0.242	8.480	0.903	0.4000	0.0124	0.3436	8.080	838.220	0.00
544	0.3316	2.471	5.31	-2.836	-0.250	8.230	0.872	0.3724	0.0121	0.3316	7.858	838.470	0.00
545	0.3199	2.384	5.31	-2.923	-0.258	7.972	0.841	0.3466	0.0117	0.3199	7.626	838.728	0.00
546	0.3085	2.299	5.31	-3.008	-0.265	7.707	0.811	0.3225	0.0113	0.3085	7.385	838.993	0.00
547	0.2976	2.218	5.31	-3.089	-0.272	7.435	0.782	0.3000	0.0109	0.2976	7.135	839.265	0.00
548	0.2870	2.139	5.31	-3.168	-0.279	7.155	0.754	0.2791	0.0106	0.2870	6.876	839.545	0.00
549	0.2769	2.064	5.31	-3.243	-0.286	6.869	0.728	0.2597	0.0101	0.2769	6.610	839.831	0.00
550	0.2672	1.991	5.31	-3.316	-0.292	6.577	0.702	0.2418	0.0097	0.2672	6.335	840.123	0.00
551	0.2579	1.922	5.31	-3.385	-0.298	6.278	0.678	0.2253	0.0093	0.2579	6.053	840.422	0.00
552	0.2490	1.856	5.31	-3.451	-0.304	5.974	0.655	0.2101	0.0088	0.2490	5.764	840.726	0.00
553	0.2406	1.793	5.31	-3.514	-0.310	5.664	0.633	0.1962	0.0084	0.2406	5.468	841.036	0.00
554	0.2327	1.734	5.31	-3.573	-0.315	5.349	0.612	0.1834	0.0079	0.2327	5.166	841.351	0.00
555	0.2253	1.679	5.31	-3.628	-0.320	5.029	0.592	0.1719	0.0075	0.2252	4.858	841.671	0.00
556	0.2183	1.627	5.31	-3.680	-0.324	4.705	0.574	0.1614	0.0070	0.2183	4.544	841.995	0.00
557	0.2118	1.578	5.31	-3.728	-0.329	4.376	0.557	0.1520	0.0065	0.2118	4.224	842.324	0.00
558	0.2058	1.534	5.31	-3.773	-0.333	4.043	0.541	0.1435	0.0060	0.2058	3.900	842.657	0.00
559	0.2003	1.493	5.31	-3.814	-0.336	3.707	0.527	0.1359	0.0055	0.2003	3.571	842.993	0.00
560	0.1954	1.456	5.31	-3.851	-0.340	3.368	0.514	0.1293	0.0050	0.1954	3.238	843.332	0.00
561	0.1909	1.423	5.31	-3.884	-0.342	3.025	0.502	0.1235	0.0045	0.1909	2.902	843.675	0.00
562	0.1870	1.394	5.31	-3.913	-0.345	2.680	0.491	0.1184	0.0039	0.1870	2.562	844.020	0.00
563	0.1836	1.368	5.31	-3.939	-0.347	2.333	0.483	0.1142	0.0034	0.1836	2.219	844.367	0.00
564	0.1807	1.347	5.31	-3.960	-0.349	1.984	0.475	0.1106	0.0029	0.1807	1.873	844.716	0.00
565	0.1841	1.372	5.31	-3.935	-0.347	2.331	0.484	0.1148	0.0034	0.1841	2.216	844.369	0.00
566	0.1880	1.401	5.31	-3.906	-0.344	2.675	0.494	0.1197	0.0039	0.1880	2.555	844.025	0.00
567	0.1925	1.434	5.31	-3.873	-0.341	3.016	0.506	0.1255	0.0044	0.1924	2.891	843.684	0.00
568	0.1974	1.471	5.31	-3.836	-0.338	3.355	0.519	0.1320	0.0049	0.1974	3.223	843.345	0.00
569	0.2028	1.512	5.31	-3.795	-0.335	3.689	0.533	0.1394	0.0054	0.2028	3.550	843.011	0.00
570	0.2088	1.556	5.31	-3.751	-0.331	4.020	0.549	0.1477	0.0059	0.2088	3.872	842.680	0.00
571	0.2152	1.604	5.31	-3.703	-0.327	4.347	0.566	0.1569	0.0064	0.2152	4.190	842.353	0.00
572	0.2221	1.655	5.31	-3.651	-0.322	4.668	0.584	0.1671	0.0069	0.2221	4.501	842.032	0.00
573	0.2295	1.710	5.31	-3.596	-0.317	4.986	0.603	0.1784	0.0074	0.2295	4.807	841.714	0.00
574	0.2373	1.769	5.31	-3.538	-0.312	5.298	0.624	0.1908	0.0078	0.2373	5.107	841.402	0.00
575	0.2456	1.831	5.31	-3.476	-0.307	5.604	0.646	0.2044	0.0083	0.2456	5.400	841.096	0.00
576	0.2544	1.896	5.31	-3.411	-0.301	5.905	0.669	0.2192	0.0087	0.2543	5.686	840.795	0.00
577	0.2635	1.964	5.31	-3.343	-0.295	6.200	0.693	0.2352	0.0092	0.2635	5.964	840.500	0.00
578	0.2731	2.035	5.31	-3.272	-0.288	6.488	0.718	0.2526	0.0096	0.2731	6.236	840.212	0.00
579	0.2831	2.110	5.31	-3.197	-0.282	6.770	0.744	0.2714	0.0100	0.2830	6.499	839.930	0.00
580	0.2934	2.187	5.31	-3.120	-0.275	7.045	0.771	0.2916	0.0104	0.2934	6.754	839.655	0.00

Anexo L:

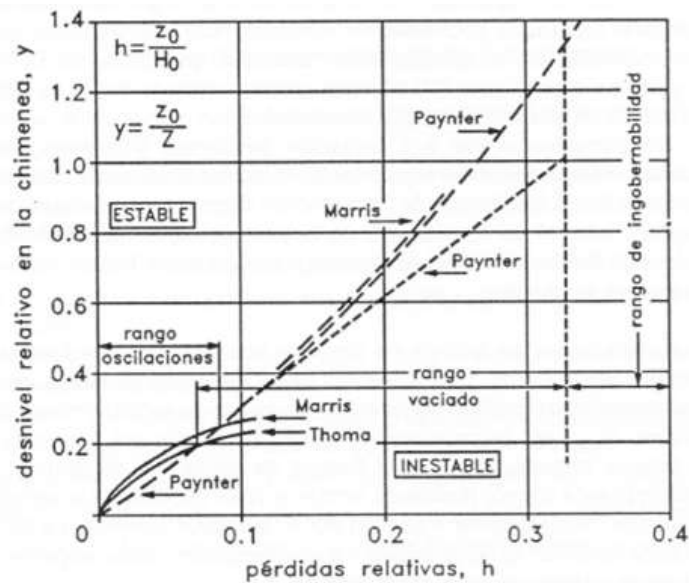


Figura 25 Condiciones críticas de la estabilidad de chimeneas(Abreu et al., 1995)