



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

Evaluación del sistema eléctrico interior 440 v para mejorar la calidad de energía  
en la planta de congelado de la Empresa Virú S.A., Virú, La Libertad

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTORES:**

Florián Muñoz, John Carlos (ORCID: 0000-0002-5066-7976)

Lopez Malqui, César Oswaldo (ORCID: 0000-0002-1956-6210)

**ASESOR:**

Mg. Carlos Enrique Sánchez Huertas (ORCID: 0000-0002-6754-8017)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, transmisión y distribución

**TRUJILLO - PERÚ**

2020

## DEDICATORIA

*J. Florián:*

*A Dios por su infinita bendición, y por haberme acompañado cada segundo de mi vida.*

*A mis abuelos por parte de padre, y a mis abuelos por parte de mi madre, que ya están en el cielo.*

*A mis padres por su preocupación, a mi esposa y a mis hijas por haber sacrificado muchos fines de semana. Gracias a todos, ya que, sin ellos, no hubiese podido lograr este objetivo.*

*C. López*

*Esta tesis está dedicada a Dios por darme salud y hacerme ver que ante los obstáculos de la vida uno nunca debe rendirse.*

*A toda mi familia se la dedico con mucho amor, a mi esposa Marleny, a mis hijas Leyre y Kori, por ser los engranajes para mi superación en todo momento.*

*A mi mamá, la señora María Ofelia que siempre está a mi lado en los momentos difíciles, al igual que mi papá, el señor Andrés que desde el cielo acompañado de Dios siempre me cuidan.*

*A mis hermanos, Ángela, Rufino, Violeta e Hilda por ser un gran ejemplo de superación. Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.*

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, queremos agradecer a la universidad y a todos los docentes por brindarnos los conocimientos necesarios durante todo este tiempo.

Al Ing. Carlos Enrique Sánchez Huertas como nuestro docente universitario, guía y asesor presto en todo momento.

Al Ing. Jorge Eduardo Lujan López, como nuestro docente y por haber transmitido sus conocimientos para el desarrollo del presente trabajo.

Por último, a todas las personas que, de alguna u otra manera, formaron parte de nuestra etapa de formación.

## **Página del Jurado**

## Página del Jurado

	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS</b>	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
---	---------------------------------------	---


El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don  
 (a) JOHN CARLOS FLORIAN MUÑOZ  
 cuyo título es: "EVALUACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO INTERIOR 440 V. PARA MEJORAR LA CALIDAD DE ENERGÍA EN LA PLANTA DE CONGELADO DE LA EMPRESA VIRÚ S.A. VIRÚ, LA LIBERTAD"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: .13 (número)  
TRECE (letras).

Trujillo (o Filial) 07 de FEBRERO del 2020

  
 .....  
 PRESIDENTE  
Jorge Antonio Ineiso Vásquez  
 (NOMBRES)

  
 .....  
 SECRETARIO  
ING. Alex Davui TEJEDO PONCE  
 (NOMBRES)

  
 .....  
 VOCALES  
ING. JORGE EDUARDO UJAIN LOPEZ  
 (NOMBRES)

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **JOHN CARLOS FLORIAN MUNOZ**, con DNI N° 45859895, a efectos de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la **Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica**, declaro bajo juramento que todo el contenido de la presente tesis me corresponde en lo absoluto.

Así mismo, declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la **Universidad César Vallejo**.

Trujillo, enero de 2020.



**JOHN CARLOS FLORIÁN MUÑOZ**

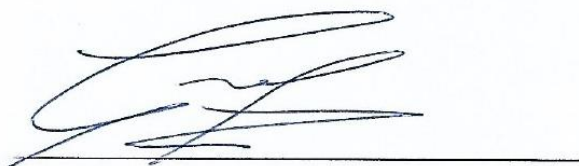
## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **CESAR OSWALDO LOPEZ MALQUI**, con DNI N° 40650768, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la **Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica**, declaro bajo juramento que todo el contenido de la presente tesis me corresponde en lo absoluto.

Así mismo, declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la **Universidad César Vallejo**.

Trujillo, enero de 2020.



**CESAR OSWALDO LOPEZ MALQUI**

## **PRESENTACIÓN**

La distorsión armónica, es un problema que afecta a la calidad de la energía eléctrica, y como tal, es importante tener en cuenta este tipo de perturbación, conocer su origen y cómo afecta al sistema eléctrico, para así poder tomar medidas al momento del diseño y en la necesidad de crecimiento en el plano eléctrico.

Años atrás, los problemas que existen hoy en cuanto a calidad de energía, no se consideraban y se relegaban a planos que no eran de preocupación, pero hoy en día con el desarrollo de nuevas tecnologías y equipamientos electrónicos, no vemos en la necesidad de estar a la vanguardia.



## ÍNDICE

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del Jurado .....	iv
Página del Jurado .....	v
Declaratoria de autenticidad .....	vi
Declaratoria de autenticidad .....	vii
Presentación .....	viii
Índice .....	ix
Índice de tablas .....	xii
Índice de gráficos .....	xiii
Resumen .....	xiv
Abstract .....	xv
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Realidad Problemática .....	2
1.2 Trabajos Previos .....	2
1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA .....	4
1.3.1 Sistemas eléctricos de distribución .....	4
1.3.2 Calidad de energía eléctrica .....	4
1.3.3 Normatividad Nacional e Internacional de Calidad de Servicios Eléctricos .....	5
1.3.4 Importancia de la calidad de energía eléctrica .....	8
1.3.5 Calidad del suministro .....	8
1.3.6 Series de Fourier .....	8
1.3.7 Armónicas .....	9
1.3.7.1 Efecto de las Armónicas .....	10
1.3.7.2 Orden o rango de la armónica .....	11
1.3.7.3 Secuencia de la Armónica .....	12

1.3.8	Medidas de la distorsión en tensión y corriente .....	12
1.3.8.1	Valor eficaz .....	12
1.3.8.2	Distorsión armónica individual .....	13
1.3.8.3	Distorsión armónica total .....	13
1.3.8.4	Límites en la distorsión armónica de tensión .....	14
1.3.9	Flicker (Fluctuaciones de Tensión) .....	16
1.3.10	Potencia Activa .....	16
1.3.11	Potencia Aparente .....	17
1.3.12	Potencia Reactiva .....	17
1.3.13	Factor de Potencia .....	18
1.3.14	Soluciones para la distorsión armónica .....	18
1.3.14.1	Filtros Pasivos .....	18
1.3.14.2	Filtros Activos .....	18
1.4	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	21
1.5	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	21
1.5.1	Justificación Práctica .....	21
1.5.2	Justificación Económica .....	21
1.6	HIPÓTESIS .....	21
1.7	OBJETIVOS .....	21
1.7.1	Objetivo General .....	21
1.7.2	Objetivos Específicos .....	21
<b>II.</b>	<b>MÉTODO .....</b>	<b>22</b>
2.1	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	23
2.1.1	Tipo de investigación .....	23
2.1.2	Diseño .....	23
2.2	VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN .....	23
2.2.1	Variable .....	23

2.2.2	Operacionalización de variables .....	23
2.3	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	23
2.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD ....	25
2.4.1	Técnicas .....	25
2.4.2	Instrumentos .....	25
2.4.3	Validez .....	25
2.4.4	Confiabilidad .....	25
2.5	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS .....	26
2.5.1	Análisis .....	26
2.5.2	Procesamiento .....	26
2.6	ASPECTOS ÉTICOS .....	26
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>27</b>
3.1	PROCEDIMIENTO DE CONEXIÓN DEL ANALIZADOR DE REDES .....	28
3.2	INFORMACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES .....	31
3.3	ANÁLISIS .....	31
3.4	RESULTADOS DE ARMÓNICOS EN CORRIENTE QUE REGISTRÓ EL ANALIZADOR DE REDES .....	34
3.5	Cálculos .....	60
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>63</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>65</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>67</b>
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>69</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>73</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límite de Tensiones Armónicas.....	6
Tabla 2: Efecto de las Armónicas.....	11
Tabla 3: Límites de distorsión de tensión.....	14
Tabla 4: Límites de corriente armónica para carga no lineal en el punto común de acoplamiento con otras cargas, para tensiones entre 120 - 69,000 V.....	15
Tabla 5: Operacionalización de Variables.....	23
Tabla 6: Tamaño de población y muestra.....	25
Tabla 7: Potencias.....	34
Tabla 8: Armónicos en Corriente por Fase.....	35
Tabla 9: Porcentaje promedio de armónicos de corriente según su orden .....	58
Tabla 10: Porcentaje promedio de armónicos de tensión según su orden .....	60
Tabla 11: Corriente Media RMS .....	60

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: La onda no sinusoidal y sus componentes sinusoidales.....	10
Gráfico 2: Onda sinusoidal y sus armónicos .....	10
Gráfico 3: Secuencia de la armónica .....	12
Gráfico 4: Onda sinusoidal y su armónicos.....	19
Gráfico 5: Constitución de un Filtro Activo Paralelo.....	20
Gráfico 6: Constitución de un Filtro Activo en Serie.....	20
Gráfico 7: Análisis de población y muestra.....	24
Gráfico 8: Conexión del analizador a un sistema trifásico.....	28
Gráfico 9: Diagrama de vectores correspondiente al analizador correctamente conectado	30
Gráfico 10: Conexión entre Analizador y PC.....	30
Gráfico 11: Diagrama Unifilar Planta Congelado Virú S.A.....	31
Gráfico 12: Análisis de Tensión respecto al tiempo.....	32
Gráfico 13: Comportamiento de Flicker's respecto al tiempo .....	33
Gráfico 14: Comportamiento de las potencias respecto al tiempo .....	33
Gráfico 15: Comportamiento del Factor de Potencia respecto al tiempo.....	34
Gráfico 16: Distorsión Armónica Total en Corriente respecto al tiempo.....	58
Gráfico 17: Distorsión Armónica Total en Tensión respecto al tiempo.....	59

## **RESUMEN**

El presente trabajo denominado “Evaluación del sistema eléctrico interior 440 v para mejorar la Calidad de Energía en la Planta de Congelado de la empresa Virú S.A., Virú, La Libertad”, es del tipo aplicada por intentar solucionar un problema práctico y no experimental.

La presente investigación tiene justificación práctica y económica, porque disminuirán los disturbios eléctricos, contribuyendo a la protección y aumento de vida útil de los equipos que se traduce en impacto económico positivo diariamente.

**Palabras claves:** evaluación del sistema, calidad de energía, disturbios.

## **ABSTRACT**

The present thesis called "Evaluation of the internal electrical system 440 v to improve the Energy Quality in the Frozen Plant of the company Virú S.A., Virú, La Libertad", is of the type applied to try to solve a practical problem and not experimental.

The present investigation has practical and economic justification, because electric disturbances will diminish, contributing to the protection and increase of useful life of the equipment that translates into positive economic impact on a daily basis.

**Keywords:** system evaluation, energy quality, disturbances.

## **I. INTRODUCCIÓN**



## **1.1 Realidad Problemática**

Virú S.A. es una empresa dedicada a la agroexportación de frutas y hortalizas en modalidades de fresco, conserva y congelado, ubicada en la carretera Panamericana Norte Km. 521, Provincia de Virú, Departamento de La Libertad. En su Planta de Congelado, dentro de sus procesos tiene la necesidad de consumo eléctrico trifásico en 440 V para sus unidades de proceso. Por indicado anteriormente, su área de producción al incrementar la carga, energizando y administrándola de acuerdo a sus políticas internas organizadas, significa un problema por las molestias que causa su sistema eléctrico.

Cuando se diseña un sistema de utilización de energía eléctrica, o cuando se realiza la evaluación del mismo, siempre se debe tomar muy en cuenta el control o regulación de los parámetros eléctricos, así como la protección y la economía, para que el diseño esté de acuerdo con la confiabilidad y calidad.

Esta empresa tiene infraestructura eléctrica que está operando por un periodo mayor a los 20 años, en el cual se encuentran un gran número de problemas, y siendo uno de ellos y cuya importancia se hace más notable con interrupciones constantes, falla prematura y destrucción de condensadores.

Lo anterior, deriva a la búsqueda y planteamiento de métodos tendientes al mejoramiento de la calidad de servicio sin requerimientos de altos costos, analizando alternativas técnico-económicas, efectuando los cálculos necesarios, que cumplan la finalidad de suministrar energía eléctrica en forma integral y confiable; evaluando las ventajas y desventajas.

El punto de medición se realizó en el Tablero de Acoplamiento de Barras, serie: 224011301, que alimenta a la Planta de Congelado, aguas abajo del puente que une la salida de ambos interruptores ABB, que provienen de cada uno de los 3 transformadores PROMELSA de 1250kVA de idénticas características.

## **1.2 Trabajos Previos**

Con el fin de fundamentar la presente investigación, a continuación, se citan algunas referencias o investigaciones anteriores que guardan relación con el tema.

- i. Morales y Rodríguez (2012), desarrollaron en su investigación tipo descriptiva con el objetivo de solucionar problemas de corrientes y voltajes armónicos que se presentan en los sistemas eléctricos industriales, comerciales y de empresas suministradoras de energía eléctrica, y concluyen que:

“A pesar de que una compañía suministradora de electricidad, proporcione un voltaje puramente senoidal (sin distorsión alguna), vemos que la alimentación de sistemas que contienen cargas no lineales o inyectan corrientes no senoidales, produce una propagación de las armónicas hacia toda la red del sistema si no se mitigan dentro del sistema que los genera.

Adicionalmente, ellos concluyen en un impacto importante, a cerca de la potencia eléctrica disponible, haciendo mención que el usuario final paga por una potencia disponible reducida por pérdidas en corriente (sobreconsumo hasta del 30%).

Finalmente, en su apartado de solución a problemas de armónicos indican la utilización de filtros activos.

- i. Saucedo y Taxis (2008), desarrollaron un trabajo de tipo descriptivo y en su apartado de soluciones a la mala calidad de la energía, indican como una de las soluciones, es la utilización de filtros activos.

Los autores argumentan lo anterior por el desarrollo de la tecnología de control por equipamiento electrónico de potencia que ha llevado a un incremento significativo de la cantidad de cargas no lineales en los sistemas.

- ii. Zapata (2010), realizó un trabajo tipo descriptivo basado en un análisis electrónico de las soluciones actuales que existen en calidad de energía eléctrica y eficiencia energética, que permiten mejorar las perturbaciones que ocurren en las redes eléctricas y que afectan la calidad de esta, y plantea como objetivos las definiciones de perturbaciones eléctricas y conocer cómo se producen, investigar y analizar qué soluciones integrales existen actualmente y reconocer las normas vigentes relacionadas a la calidad de la energía eléctrica en Chile.

El autor estudió el funcionamiento de los diferentes equipos que existen como solución, se investigó la implementación de programas de eficiencia energética y planteó alternativas de solución para mejora en calidad de energía basado en

adquisición de equipos electrónicos de alta tecnología. Finalmente concluye que el uso de equipos que mejoran la calidad de energía permiten mantener las cargas sensibles en buen estado protegiendo la vida útil tanto a nivel industrial como doméstico, eliminar perturbaciones y corrientes armónicas al sistema.

### **1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA**

#### **1.3.1 Sistemas eléctricos de distribución**

Es la actividad que comprende desde el transporte hasta los puntos de consumo de media y baja tensión. Para esto se requiere contar con transformadores que permiten reducir los niveles de tensión a 380V y 220V.

Bajo esto Yebra (2009) define: “Un sistema de distribución de energía eléctrica es el conjunto de elementos encargados de conducir la energía desde una subestación hasta el usuario” (p. 22). Básicamente, la distribución de energía eléctrica comprende las líneas primarias, los transformadores de distribución, las líneas secundarias de distribución y las acometidas y medidores.

De la definición anterior se puede observar que un sistema de distribución forma parte de un sistema eléctrico, ya que éste comprende la generación, la transmisión y la distribución, prácticamente en todo el mundo existe una separación en el estudio de ambos. Es decir, refiere Yebra (2009) que por una parte se trata la “generación y la transmisión y por otra la distribución. Inclusive en las empresas eléctricas de todo el mundo cada parte es atendida por gerencias diferentes y grupos de ingenieros especializados en cada una de estas ramas de la ingeniería eléctrica” (p. 2). Los dos campos se han especializado de una manera muy profunda, dando como resultado que sea muy difícil tener una persona que domine estas dos áreas del conocimiento a la vez”.

#### **1.3.2 Calidad de energía eléctrica**

En la actualidad, la calidad de energía eléctrica es importante y necesario, tanto por su impacto en las instalaciones, en el funcionamiento e impacto en la potencia eléctrica disponible.

Muñoz (2015) nos dice: “La Real Academia de la Lengua define calidad como la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor” (p.36). Por lo que, podemos definir la calidad de servicio eléctrico como el conjunto de características, técnicas y comerciales, inherentes al suministro eléctrico exigibles por los sujetos, consumidores y por los órganos competentes de la administración.

### **1.3.3 Normatividad Nacional e Internacional de Calidad de Servicios Eléctricos**

#### **1.3.3.1 Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos (NTCSE)**

La Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), aprobada por Decreto Supremo N° 020-97-EM, regula parámetros de calidad en el servicio eléctrico que deben cumplir las empresas concesionarias y las obligaciones tanto para las empresas y los clientes que están bajo el régimen de la Ley de Concesiones Eléctricas, Decreto Ley N° 25844.

Además de tolerancias para los parámetros de calidad, se establecen compensaciones y multas por incumplimiento.

El control de la calidad de los servicios eléctricos se realiza en los siguientes aspectos:

- a) Calidad de Producto: Tensión, Perturbaciones y Frecuencia.
- b) Calidad de Suministro
- c) Calidad de Servicio Comercial
- d) Calidad de Alumbrado Público

Uno de los indicadores que utilizaremos para la presente investigación como referencia, es el indicador para evaluar la tensión de entrega. Este indicador esta expresado como un porcentaje de la tensión nominal del punto:

$$\Delta V_k (\%) = (V_k - V_N) / V_N \times 100\%; \text{ (expresada en: \%)} \quad \dots[1]$$

Donde, la variación ( $\Delta V_k$ ) entre la media de los valores eficaces (RMS) instantáneos medidos en el punto de entrega ( $V_k$ ) y el valor de la tensión nominal ( $V_N$ ) del mismo punto.

De acuerdo al Código Nacional de Electricidad, las tolerancias aceptadas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todos los niveles de tensión, es del  $\pm 5.0\%$  de las tensiones nominales, y del  $\pm 7.5\%$  para redes secundarias en servicios calificados como Urbano-Rurales y/o Rurales según lo indicado en la Ley de Electrificación Rural.

#### **1.3.3.1.1 Perturbaciones**

En la norma sólo se regula el Flicker y las Tensiones Armónicas, y se miden en los Puntos de Acoplamiento Común (PAC) del sistema.

#### **1.3.3.1.2 Indicadores de Calidad**

En la norma, se consideran los siguientes indicadores de calidad:

- a) Flicker: Índice de severidad por Flícker de corta duración (Pst).
- b) Armónicas: Las Tensiones Armónicas Individuales ( $V_i$ ) y el Factor de Distorsión Total por Armónicas (THD).
- c) Variación de la Tensión Nominal: ( $\Delta V_k$ )

Todos estos indicadores (Pst,  $V_i$ , THD) para nuestra investigación, se han registrado en intervalos de medición de diez (10) minutos durante el período de medición.

#### **1.3.3.1.3 Tolerancias**

Las tolerancias que la norma indica son las siguientes, para:

- a) Flícker. - El Índice de Severidad por Flícker (Pst) no debe superar la unidad ( $Pst < 1$ ) en Muy Alta, Alta, Media y Baja Tensión.
- b) Tensiones Armónicas. - Los límites aceptados por la norma, se plasman en la tabla 1: Límite de Tensiones Armónicas.

**Tabla 1: Límite de Tensiones Armónicas**

ORDEN (n) DE LA ARMONICA ó THD	TOLERANCIA   Vi'   o   THD'   (% con respecto a la Tensión Nominal del punto de medición)	
	Alta y muy Alta Tensión	Media y Baja Tensión
(Armónicas Impares no múltiplos de 3)		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
mayores de 25	0.1 + 2.5/n	0.2 + 12.5/n
(Armónicas Impares múltiplos de 3)		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
mayores de 21	0.2	0.2
(Pares)		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
mayores de 12	0.2	0.2
THD	3	8"

Fuente: NTCSE: Norma técnica de calidad de los servicios eléctricos.

La tabla 1, muestra lo valores límite de distorsión armónica total en tensión, siendo para nuestro caso el valor en THDv de 8 para media y baja tensión.

#### 1.3.3.1.4 IEEE 519 – Recomendaciones prácticas y requisitos para el control de armónicos en sistemas de energía eléctrica

La IEEE-519 es un estándar norteamericano y está dirigido a los productores de cargas no lineales y a empresas que hacen uso de esas cargas, y establece criterios para determinar si están o no cumpliendo con los valores recomendados.

#### Comparación de la NTCSE con la IEEE-519

La NTCSE únicamente hace mención al control de las tensiones armónicas. En cambio, la IEEE-519 determina tolerancias para las corrientes armónicas, relacionando la tensión nominal y la corriente de cortocircuito en el punto de acoplamiento común (PAC).

La IEEE-519 en sus recomendaciones, tiene el propósito de establecer criterios para el diseño de sistemas eléctricos considerando la inclusión de cargas no lineales y lineales.

### 1.3.4 Importancia de la calidad de energía eléctrica

El término calidad de la energía eléctrica se refiere al conjunto de características y valores límite de parámetros eléctricos que sirven para verificar el correcto comportamiento a través del tiempo.

### 1.3.5 Calidad del suministro

La calidad del suministro eléctrico, está normado en el Perú y de vital importancia, ya que, si el suministro tiene problemas de calidad de energía, estos problemas o perturbaciones se inyectarían en el sistema eléctrico interno del usuario final.

Salas (2013) nos dice: “En las empresas distribuidoras existe una clara relación entre los niveles de inversión que pueda realizar y la calidad del servicio que les pueda brindar a sus clientes” (p. 21). Es decir, si una empresa detiene sus inversiones y el mantenimiento de redes y equipos estaría disminuyendo progresivamente la calidad del suministro eléctrico. Las empresas que realizan esta actividad deben buscar el punto óptimo entre sus costos y la calidad del servicio que desean brindar”.

### 1.3.6 Series de Fourier

Silva (2011), nos dice: “Las magnitudes de ondas periódicas pueden ser descompuestas en las series de Fourier, DC, frecuencia fundamental y términos armónicas”.

También Gutiérrez (2006), nos dice: “Las ondas de tensión y de corriente son, por tanto, periódicas y pueden expresarse como una serie de Fourier” (p. 42), cuya expresión para una onda de tensión está dada por”:

$$u(t) = V_0 + \sqrt{2} \sum_{K=1}^{\infty} V_K \text{sen}(k\omega_1 t + \theta_K) ; \omega_1 = 2\pi f_1$$

...[2]

Donde  $\omega_1$  es la frecuencia de red ( $f_1=60$  Hz) denominado frecuencia fundamental,  $V_0$  es la componente continua,  $V_k$  es el valor eficaz del armónico de orden k de tensión y  $\theta_k$  es el argumento del armónico de tensión.

### 1.3.7 Armónicas

Tejada (2002), nos dice: “Las armónicas son corrientes y/o voltajes presentes en un sistema eléctrico, con una frecuencia múltiplo de la frecuencia fundamental” (p. 58). Así, en sistemas con frecuencia de 60 Hz y cargas monofásicas, las armónicas características son la tercera (180 Hz), quinta (300 Hz), y séptima (420 Hz) por ejemplo.

Actualmente con el incremento de la electrónica de potencia (cargas no lineales), se han empezado a presentar problemas en las instalaciones eléctricas debido a los efectos de las componentes armónicas de corrientes y tensiones. Entre estos están las pérdidas por sobrecalentamiento de cables, transformadores y motores, y el incremento en los costos de operación y mantenimiento.

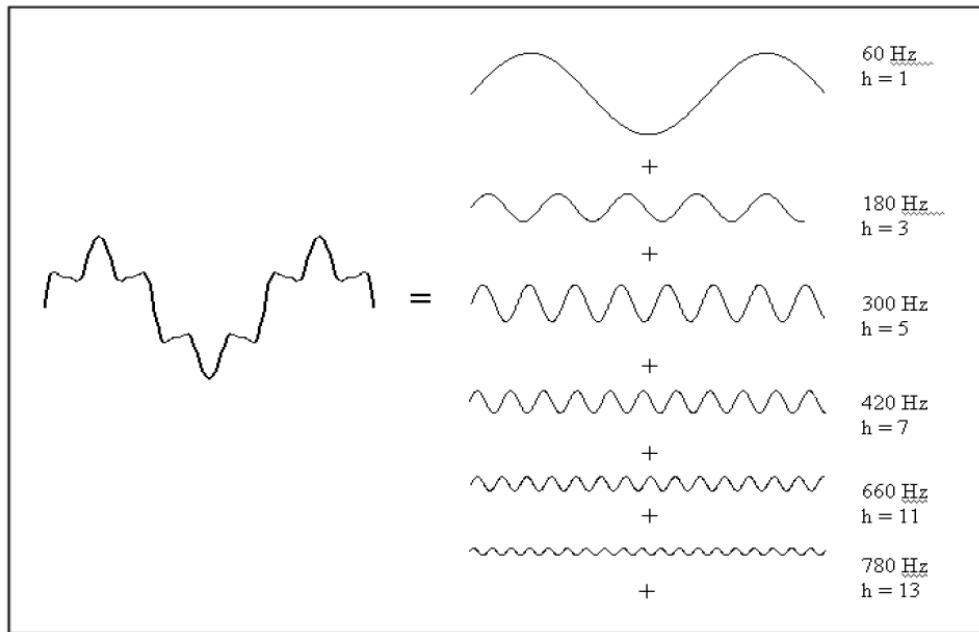
Utilizando equipamiento sofisticado (analizador de redes), nos permitirá registrar el comportamiento de los parámetros a través del tiempo y con estos datos, podremos hacer un análisis para poder determinar el estado del sistema eléctrico en estudio.

Las fuentes de armónicas pueden ser cualquier tipo de carga no lineal conectada al sistema eléctrico. A continuación, se muestra una lista de ejemplos comunes:

- a) Variadores de frecuencia para motores (“drives”), inversores
- b) Arrancadores de estado sólido o soft-starters
- c) Equipamiento de oficinas como, por ejemplo: Televisores.
- d) Iluminación con fluorescentes
- e) Fuentes de conmutación

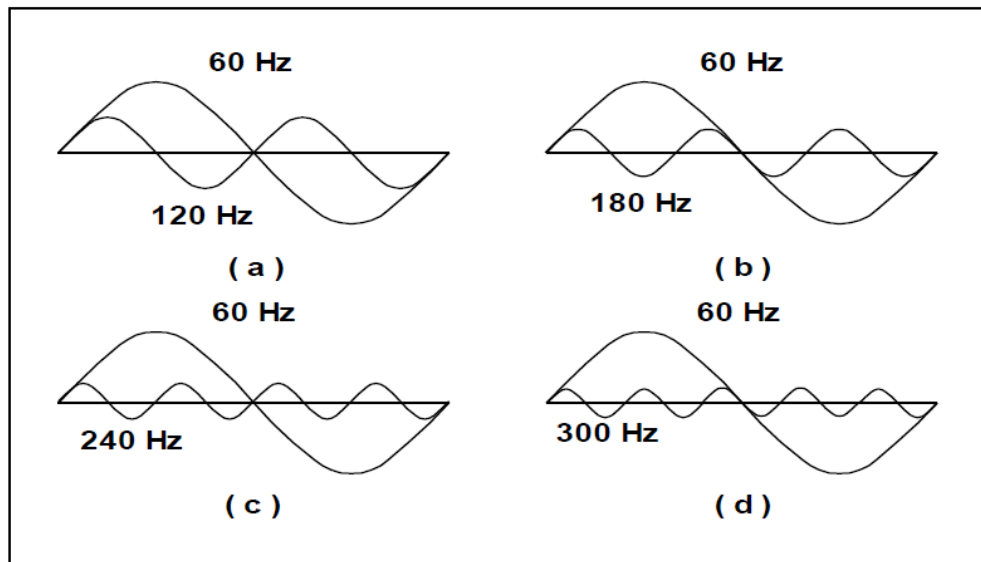


**Gráfico 1: La onda no sinusoidal y sus componentes sinusoidales**



Fuente: A. Tejada (2002): *Efectos de las armónicas en los sistemas eléctricos*

**Gráfico 2: Onda sinusoidal y sus armónicos**



Fuente: A. Tejada (2002): *Efectos de las armónicas en los sistemas eléctricos*.

### 1.3.7.1 Efecto de las Armónicas

El efecto de las armónicas se traduce en costes económicos. Por tal, es necesario tener en cuenta la siguiente tabla:

**Tabla 2: Efecto de las Armónicas**

Elemento	Problema	Efecto
Conductor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la corriente</li> <li>• Aumento de pérdidas térmicas (efecto Joule)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calentamiento cables (deterioro)</li> <li>• Disparo de protecciones</li> </ul>
Conductor de Neutro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Circulación armónicos múltiplos de 3</li> <li>• Retorno por el conductor de neutro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobre intensidad por el neutro</li> <li>• Calentamiento del neutro</li> <li>• Degradación prematura</li> <li>• Disparo de protecciones</li> </ul>
Condensador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resonancia paralela con el sistema</li> <li>• Amplificación de los armónicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calentamiento condensadores</li> <li>• Envejecimiento prematuro de condensadores</li> <li>• Destrucción de condensadores</li> </ul>
Maquinas Eléctricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Circulación de corrientes armónicas por los devanados y tensiones armónicas en bornes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobre calentamiento y pérdida de aislamiento térmico (efecto Joule)</li> <li>• Aumento pérdidas magnéticas (por Histéresis y Foucault)</li> <li>• Desclasificación (Transformador)</li> <li>• Vibraciones en el eje, desgaste mecánico en rodamientos y excentricidades (motores)</li> </ul>
Equipos de Medida y Control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidas no válidas</li> <li>• Errores en procesos de control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valores de magnitudes incorrectas</li> <li>• Interferencias con sistemas de comunicación y control</li> <li>• Error en los instantes de disparo de tiristores</li> </ul>

Fuente: Circutor (Noviembre 2017). - *Armónicos: Efectos, diagnóstico y soluciones.*

En la tabla anterior, se muestran los problemas y efectos de las armónicas en los conductores, condensadores, máquinas eléctricas, equipos de control y de medida.

### 1.3.7.2 Orden o rango de la armónica

Tejada (2002), nos dice: Es la relación que hay entre su frecuencia  $h f$  y la frecuencia fundamental (60Hz):

$$h = \frac{f_h}{f_1}$$

...[3]

Por principio la frecuencia fundamental tiene orden 1.

### 1.3.7.3 Secuencia de la Armónica

Gutiérrez (2006), nos dice: “Las señales armónicas presentan distintas secuencias de fase que pueden ser; secuencia positiva tienen la misma rotación de fases que la tensión trifásica aplicada. Aquellas con secuencia negativa tienen rotación de fases opuestas, mientras que las de secuencia cero u homopolar son llamadas armónicas triples”.

**Gráfico 3: Secuencia de la armónica**

Armónico	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	n
Secuencia	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0	...

Fuente: M. Gutiérrez (2006): *Estudio de distorsión armónica en el sistema de distribución de energía del centro nacional de aeronavegación.*

### 1.3.8 Medidas de la distorsión en tensión y corriente

Para poder cuantificar la distorsión armónica, es necesario definir parámetros que determinen su magnitud.

A continuación, se detallan algunas expresiones relacionadas a la distorsión armónica:

#### 1.3.8.1 Valor eficaz

Si la corriente es sinusoidal, entonces el valor eficaz es la amplitud dividida por raíz de 2. Sin embargo, para magnitudes no sinusoidales que están en términos de la serie de Fourier.

Peña (2007), nos dice: “Es cuando se suman de voltaje o corriente para obtener una resultante”:

$$I_{\text{rms}} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} I_h^2}$$

(Corriente eficaz [rms])

...[4]

$$V_{\text{rms}} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} V_h^2}$$

(Voltaje eficaz [rms])

...[5]

Donde  $I_{RMS}$  y  $V_{RMS}$ , son la corriente eficaz y la tensión eficaz respectivamente; e  $I_h$  y  $V_h$ , son la corriente armónica y la tensión armónica respectivamente.

Asimismo, los valores eficaces de la tensión y la corriente se pueden expresar en dos términos, esto es, la componente fundamental y el resto en armónicos (incluyendo la componente continua). Así se tiene:

$$V_{rms}^2 = V_1^2 + V_H^2 \quad \dots[6]$$

$$I_{rms}^2 = I_1^2 + I_H^2 \quad \dots[7]$$

Donde la tensión y corriente fundamental es  $V_1$ , e  $I_1$  respectivamente, y la componente total armónica es  $V_H$  o  $I_H$ .

#### **1.3.8.2 Distorsión armónica individual**

Salas (2013), nos dice: “Es la relación que hay entre el valor eficaz de la amplitud de la armónica de orden h y el de la fundamental” (p. 44).

#### **1.3.8.3 Distorsión armónica total**

Salas (2013), nos dice: “Es la relación entre el contenido armónico de la señal y la primera armónica o fundamental. Su valor se ubica entre el 0% e infinito” (p.61).

Bravo (1978), nos dice: “El nivel de distorsión está directamente relacionado a las frecuencias y amplitudes de las corrientes armónicas. La contribución de todas las frecuencias armónicas de corrientes a la frecuencia fundamental es conocida como “Total harmonic Distortion” (THD) en español: Distorsión Armónica Total. El THD es expresado como un porcentaje de la corriente fundamental. Todos los valores de THD sobre 10% son motivo de preocupación. El THD es calculado como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de todos los armónicos dividido por la señal fundamental. Este cálculo da el valor de distorsión como porcentaje de la fundamental. Matemáticamente, el %THD es la relación de la suma de la raíz media de los

cuadrados (RMS) del contenido de armónicos con el valor cuadrático medio (RMS) de la señal fundamental y expresado en porcentaje como se muestra en las siguientes ecuaciones:”

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h \neq 1} V_h^2}}{V_1} \cdot 100\% \quad \dots[8]$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h \neq 1} I_h^2}}{I_1} \cdot 100\% \quad \dots[9]$$

Analizando, entonces también podríamos calcular la corriente de distorsión armónica con la siguiente ecuación:

$$I_h = \frac{I_{rms}}{\sqrt{1 + \frac{1}{THD_I^2}}} \quad \dots[10]$$

Donde  $I_h$ , viene a ser la corriente armónica.

#### 1.3.8.4 Límites en la distorsión armónica de tensión.

Los límites recomendados en la norma IEEE 519 de THD<sub>v</sub>, se encuentran en la siguiente tabla:

**Tabla 3: Límites de distorsión de tensión**

Tensión de barra en el punto de acoplamiento común	Distorsión individual de tensión (%)	Distorsión total del tensión THD (%)
Hasta 69 kV	3.0	5.0
De 69.001 KV a 161 kV	1.5	2.5
161.001 kV y más	1.0	1.5
Nota: Los sistemas de alta tensión pueden llegar hasta un 2.0% en THD cuando lo que causa es una alta tensión terminal DC, el cual podría ser atenuado.		

Fuente: IEEE 519: Recomendaciones prácticas y requerimientos para el control armónico en sistemas eléctricos de potencia.

En la tabla anterior, encontramos los valores límites de distorsión armónica individual y distorsión armónica total en tensión.

### 1.3.8.5 Límites en la distorsión armónica de corriente

Los límites recomendados en la norma IEEE 519 de THDi (distorsión armónica total de corriente), se encuentran en la siguiente tabla 4, pero para eso, primero tenemos que hallar la relación de cortocircuito (SCR), al punto de acople común (PCC); que es donde la carga del consumidor se conecta con otras cargas en el sistema de potencia que incluye todas las cargas lineales y no lineales.

Lo anterior relaciona la potencia de cortocircuito en MVA con la carga en MVA, o la corriente de cortocircuito con la corriente en el sistema.

$$SCR = \frac{\text{Potencia de cortocircuito MVA}}{\text{Carga MVA}} = \frac{I_{sc}}{I_L}$$

...[11]

**Tabla 4: Límites de corriente armónica para carga no lineal en el punto común de acoplamiento con otras cargas, para tensiones entre 120 - 69,000 V.**

Máxima Distorsión Armónica Impar de la Corriente, en % del Armónico Fundamental						
$I_{sc}/I_L$	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	TDD
<20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
Los armónicos pares se limitan al 25% de los límites de los armónicos impares mostrados anteriormente						
* Todo equipo de generación se limita a estos valores independientemente del valor de $I_{sc}/I_L$ que presente						
Donde $I_{sc}$ = corriente Máxima de cortocircuito en el punto de acoplamiento común.						
$I_L$ = Máxima demanda de la corriente de carga (a frecuencia fundamental) en el punto de acoplamiento común.						
TDD = Distorsión total de la demanda (RSS) en % de la demanda máxima.						

Fuente: IEEE 519: Recomendaciones prácticas y requerimientos para el control armónico en sistemas eléctricos de potencia.

En la tabla anterior, encontramos los valores límites de distorsión armónica en corriente para tensiones entre 120 - 69,000 V, donde se recomiendan los niveles máximos de distorsión armónica en función del valor de SCR y el orden de la armónica.

La distorsión total de la demanda (TDD), viene expresada por la siguiente ecuación:

$$TDD = THDi \frac{I_F}{I_{Max}} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2} I_h \%}}{I_{MAX}}$$

...[12]

En donde  $I_F$  es la corriente de demanda instantánea e  $I_{MAX}$ , es la corriente máxima presente en el sistema.

### 1.3.9 Flicker (Fluctuaciones de Tensión)

Son una serie de cambios continuos en la tensión, los cuales regularmente no exceden el rango de 0,9 a 1,0.

Morales y Rodríguez (2012), nos dicen: “Las variaciones de voltaje originadas por cargas no lineales que demandan corrientes altas y variables, se denominan flicker. Si las variaciones de voltaje se repiten a intervalos cortos de tiempo, se producirán fluctuaciones en la iluminación perceptibles para el ojo humano, principalmente de aquella emitida por lámparas incandescentes”.

En general, la forma de solucionar éste problema conduce a alimentar estas cargas a través de circuitos derivados exclusivos o dimensionar los cables o transformadores de alimentación considerando los efectos de las variaciones rápidas de voltaje.

### 1.3.10 Potencia Activa

Barajas (2015), nos dice: “Es la potencia asociada con el trabajo que en circuitos eléctricos equivale a la consumida por la resistencia y corresponde al valor medio de la potencia instantánea” (p. 81) y está definida como:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt$$

Para el caso sinusoidal ...[13]

$$P = V_{RMS} I_{RMS} \cos(\theta)$$

Para el caso no sinusoidal ...[14]

$$P = \sum_h V_{RMS}^h I_{RMS}^h \cos(\theta^h) \quad \dots[15]$$

### 1.3.11 Potencia Aparente

Barajas (2015), nos dice: “La potencia aparente determina el dimensionamiento del sistema, aislamiento y capacidad amperimétrica” (p. 90). Tanto para el caso sinusoidal como no sinusoidal se define en función de sus respectivas variables:

$$S = V_{RMS} I_{RMS} \quad \dots[16]$$

### 1.3.12 Potencia Reactiva

Barajas (2015), nos dice: “Esta potencia recibe este nombre puesto que está asociada con la reactancia de la carga, es decir ésta potencia cuantifica el efecto magnetizante de los equipos inductivos o el efecto del campo eléctrico” (p. 89). Para equipos capacitivos y se define para el caso sinusoidal como:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad \dots[17]$$

o

$$Q = V_{RMS} I_{RMS} \sin(\theta) \quad \dots[18]$$

Otra expresión para hallar la potencia reactiva a compensar en un sistema eléctrico, también se describe a continuación:



$$Q_r = P * (\tan(\text{ACos}(\phi_{inicial})) - \tan(\text{ACos}(\phi_{final})))$$

...[19]

En donde:

P: es la potencia activa,

Tan: tangente,

ACos: es el arcoseno,

$\phi_{inicial}$ : Ángulo inicial del triángulo de potencias,

$\phi_{final}$ : Ángulo objetivo para mitigar la potencia reactiva.

### 1.3.13 Factor de Potencia

Daroch y Martínez (2016), nos dicen: “El factor de potencia se define como la relación entre la potencia activa y la potencia aparente consumida por un dispositivo o equipo, independiente de la forma de onda de la tensión y la corriente”.

### 1.3.14 Soluciones para la distorsión armónica

#### 1.3.14.1 Filtros Pasivos

Según Schneider Electric (2014): “Los filtros LC pasivos se ajustan a la frecuencia que debe eliminarse o atenúan una banda de frecuencias. Los sistemas de recombinación armónica (doble puente, cambio de fase) también se pueden incluir en esta categoría” (p. 49).

Los filtros pasivos tienen dos inconvenientes principales:

- La eliminación de los armónicos solo es eficaz para una instalación específica, es decir, la incorporación o eliminación de cargas puede interrumpir el sistema de filtrado.
- A menudo son difíciles de implementar en las instalaciones que ya existen”.

#### 1.3.14.2 Filtros Activos

Según Schneider Electric: “Los filtros activos, también denominados acondicionadores de armónicos activos, cancelan los armónicos inyectando corrientes armónicas exactamente iguales donde surgen. Este tipo de filtros reaccionan en tiempo real (es decir, de forma activa) frente a los armónicos existentes para eliminarlos. Son más eficaces y flexibles que los filtros

pasivos, evitan sus inconvenientes y, en comparación, constituyen una solución que:

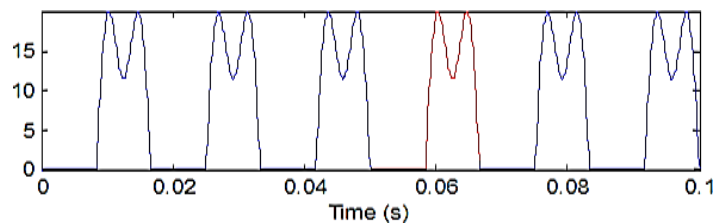
- Ofrece un gran rendimiento (es posible eliminar totalmente los armónicos, hasta el orden 50°).
- Es flexible y se puede adaptar (posibilidad de configurar la acción) y reutilizar.”

Bueno y Fajardo (2013), nos dicen: “Un filtro Activo de potencia (APF), es un sistema de compensación de corriente que tiene como principal característica la reducción de los armónicos presentes en la red eléctrica” (p. 86). Un filtro activo está estructurado de manera que pueda adaptarse a los cambios que ocurren en las redes eléctricas, puesto que, al introducir cargas no lineales a la red, en esta se pueden presentar distorsiones y pérdidas de eficiencia debido al bajo factor de potencia.

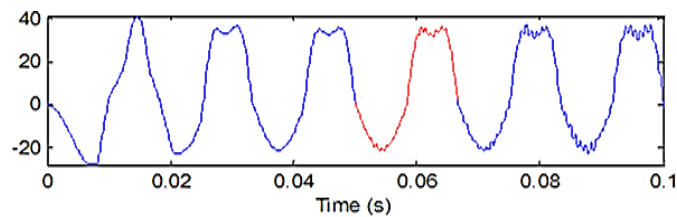
### 1.3.15 Principio de Funcionamiento de un Filtro Activo de Potencia

Bueno y Fajardo (2013), nos dicen: “El principio de funcionamiento de un filtro activo se basa en su estructura de inversor, la cual está conformada por elementos de conmutación que permiten el paso de las señales hacia la red y que contrarrestan a los armónicos presentes en dicha red, permitiendo que la señal de corriente sea lo más sinusoidal posible y sin distorsiones.”

**Gráfico 4: Onda sinusoidal y su armónicos**



(a)



(b)

*Fuente: H. Bueno y M. Fajardo (2013): Diseño y Construcción de un Filtro Activo para la eliminación de armónicos de una red bifásica residencial*

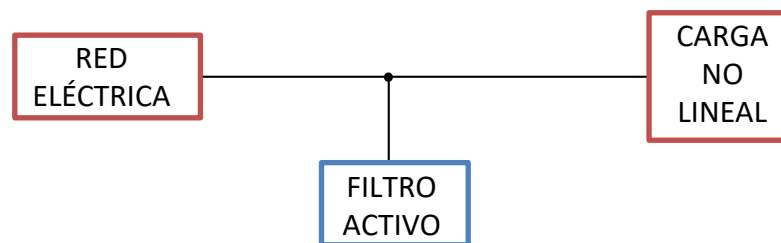
El gráfico 4, muestra la onda de corriente de una red eléctrica con carga no lineal, a) sin APF. b) con APF.

### 1.3.16 Tipos de Filtros Activos

Bueno y Fajardo (2013), nos dicen: “Los filtros activos se pueden clasificar como series o paralelo y es posible encontrar en algunos sistemas de acondicionamiento una combinación de los dos” (p. 93). La combinación de filtros activos serie y filtros pasivos se conoce como filtros híbridos.

El gráfico 05 representa la instalación un filtro activo paralelo, los cuales son los más utilizados para eliminar corriente armónica y compensación de potencia reactiva.

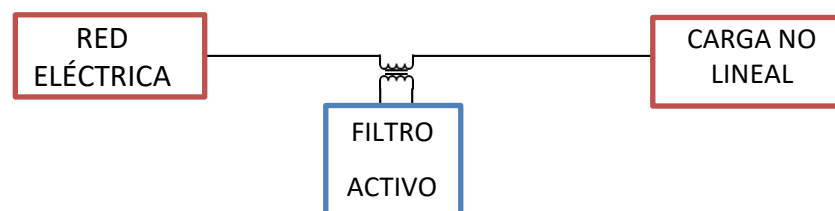
**Gráfico 5: Constitución de un Filtro Activo Paralelo**



*Fuente: H. Bueno y M. Fajardo (2013). Diseño y Construcción de un Filtro Activo para la eliminación de armónicos de una red bifásica residencial.*

El gráfico 06, representa la instalación de un filtro activo serie. Se conecta antes de la carga, en serie con la alimentación, mediante un transformador. los cuales son los más utilizados para eliminar tensión armónica y balancear la tensión en los terminales de la línea.

**Gráfico 6: Constitución de un Filtro Activo en Serie**



*Fuente: H. Bueno y M. Fajardo (2013). Diseño y Construcción de un Filtro Activo para la eliminación de armónicos de una red bifásica residencial*

## **1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿De qué manera es posible mejorar la calidad de la energía eléctrica en la Planta de Congelado de la empresa VIRÚ S.A.?

## **1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

### **1.5.1 Justificación Práctica**

La presente investigación se justifica por el lado de disminuir el tiempo entre mantenimientos y anular las paradas no programadas por distorsiones eléctricas. Adicionalmente, contribuiríamos a la protección y aumento de vida útil de los equipos, al no tener estas paradas y arranques violentos del equipamiento mecánico-eléctrico.

### **1.5.2 Justificación Económica**

La presente investigación se justifica económicamente, ya que, al aumentar la calidad de energía eléctrica, disminuirían considerablemente los costos de mantenimiento, pérdidas de equipamiento eléctrico y gastos por paradas no programadas.

## **1.6 HIPÓTESIS**

Un análisis de calidad de potencia, registrará parámetros y detectará dónde está el problema, para así poder plantear las acciones necesarias con la finalidad de mejorar la calidad de energía eléctrica en la Planta de Congelado de la empresa Virú S.A.

## **1.7 OBJETIVOS**

### **1.7.1 Objetivo General**

Elaborar una propuesta para mejorar la calidad de energía eléctrica en la Planta de Congelado de la empresa VIRÚ S.A.

### **1.7.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un diagnóstico de calidad de energía en la Planta de Congelado de la empresa VIRÚ S.A.
- Analizar los parámetros de calidad de energía de la situación actual.
- Plantear correctivos para minimizar los problemas de calidad de energía eléctrica.

## **II. MÉTODO**

## 2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

### 2.1.1 Tipo de investigación

Según Hernandez, Fernández y Baptista (2010) la investigación de acuerdo con la naturaleza del problema planteado y sus propósitos del estudio, se identifica como aplicada por intentar solucionar un problema práctico existente en la Planta de Congelado de la empresa Virú S.A.

### 2.1.2 Diseño

El diseño del trabajo de investigación planteado es no experimental, dado que la recolección de datos se basa en evaluar los parámetros de calidad eléctrica en la Planta de Congelado de la empresa Virú S.A., fenómeno en estudio o realidad en estudio.

## 2.2 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

### 2.2.1 Variable

VD: Calidad de energía eléctrica

### 2.2.2 Operacionalización de variables

**Tabla 5: Operacionalización de Variables**

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>
Calidad de Energía Eléctrica	Conjunto de características, técnicas y comerciales, inherentes al suministro eléctrico exigibles por los sujetos, consumidores y por los órganos competentes de la administración <i>Fuente: "Ministerio para la Transición Ecológica-España"</i>	Conjunto de características y valores límite de parámetros eléctricos que sirven para verificar el correcto comportamiento a través del tiempo.	Nivel de Armónicos/ Factor de Potencia/ Flicker	De razón

*Fuente: Elaboración propia*

## 2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

### **Población:**

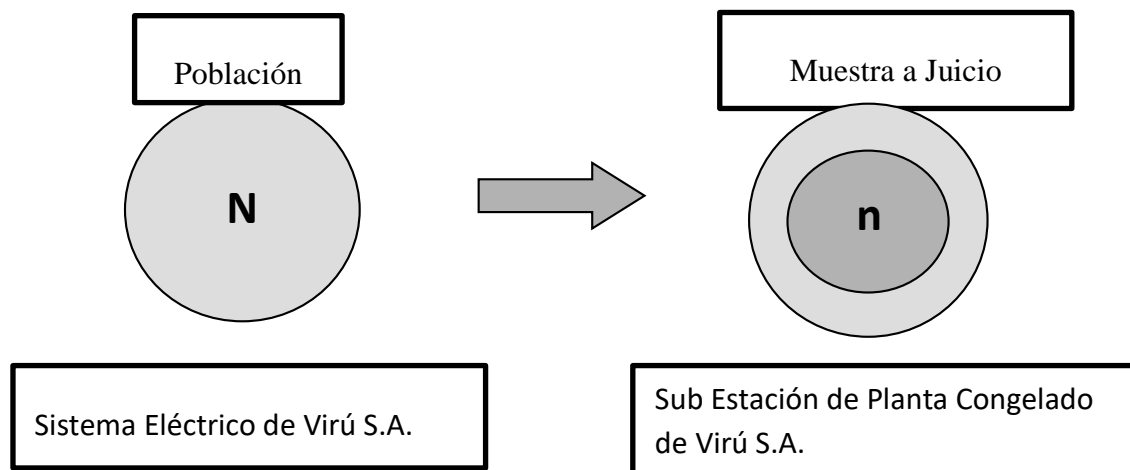
La población para nuestra investigación tiene la característica de ser una población finita, está compuesta por:

- Sistema Eléctrico de Virú S.A.

### **Muestra:**

Nuestra muestra de investigación ha sido seleccionada a juicio por los autores de la investigación, dado que se ha decidido trabajar con todo el tamaño de la población por ser accesible a la recolección de los datos, lo cual se convierte en el tamaño de muestra definido para el desarrollo de nuestra investigación.

**Gráfico 7: Análisis de población y muestra**



*Fuente: Elaboración propia.*

En la siguiente tabla se presenta el tamaño de población y muestra de nuestra investigación. Podemos notar que nuestra población corresponde a la Sub Estación Eléctrica de Planta Congelado – Virú S.A. en sí, mientras que nuestra muestra resulta ser en los tableros de salida.

**Tabla 6: Tamaño de población y muestra**

<b>GRUPO</b>	<b>POBLACIÓN</b>	<b>MUESTRA</b>
(Sistema Eléctrico Virú S.A)	<b>Sistema Eléctrico Virú S.A.</b>	<b>Sub Estación Planta Congelado Virú S.A.</b>
Porcentaje	100%	25%

*Fuente: Elaboración propia.*

## **2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD**

Para nuestra investigación, se utilizarán diversas herramientas que nos permitirán la recolección de los datos, de esta manera se podrá medir las características de nuestra variable denominada:

- Calidad de servicio eléctrico en la empresa VIRÚ S.A.

### **2.4.1 Técnicas**

Las técnicas empleadas fueron:

- Recolección de datos relacionados al tema.
- Observación de características de la variable en estudio.
- Análisis de contenidos.

### **2.4.2 Instrumentos**

Los instrumentos a utilizarse serán:

- Analizador de Redes.
- Excel.
- Software de Simulación Eléctrica: NEPLAN V. 5.3.51
- Memoria de Cálculo.

### **2.4.3 Validez**

La validez será dada por la aprobación de tres especialistas en el área.

### **2.4.4 Confiabilidad**

La presente investigación tendrá consistencia y podrá ser utilizado exitosamente para la solución del problema.



## **2.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS**

### **2.5.1 Análisis**

Los Análisis se realizarán de la siguiente manera:

- Análisis Cuantitativo de la Variable, Dimensiones e Indicadores.

### **2.5.2 Procesamiento**

Los procesamientos de la información se harán de la siguiente forma:

a) Presentación de datos y resultados.

- Ordenamiento.
- Clasificación.
- Selección.
- Análisis.

b) Interpretación de datos.

- Se establecerán las conclusiones finales sobre el problema de nuestra investigación.
- Se establecerán las recomendaciones finales sobre el problema de nuestra investigación.
- Se analizará el cumplimiento de los objetivos y la finalidad de nuestra investigación.
- Se analizará los efectos que produciría en el futuro, la presente investigación.

## **2.6 ASPECTOS ÉTICOS**

La presente investigación se elaboró protegiendo la confidencialidad de la información con la cual se realizó el estudio a fin de evitar hechos o situaciones que pudiera suponer o llegar a ocasionar eventos no deseados.

### **III. RESULTADOS**

Los valores mostrados en el presente análisis hacen referencia a la información obtenida a través de un analizador de redes con las siguientes características:

- MARCA: FLUKE
- MODELO: 435-II
- TENSIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN: 1000V
- CORRIENTE MÁXIMA DE LECTURA: 6000A
- VELOCIDAD MÁXIMA DE MUESTREO: 5uS
- CATEGORÍA: CLASE A
- EXACTITUD DE LA MEDIDA: 0.1%

Las fechas de inicio y término de registro del monitoreo, fueron la siguientes:

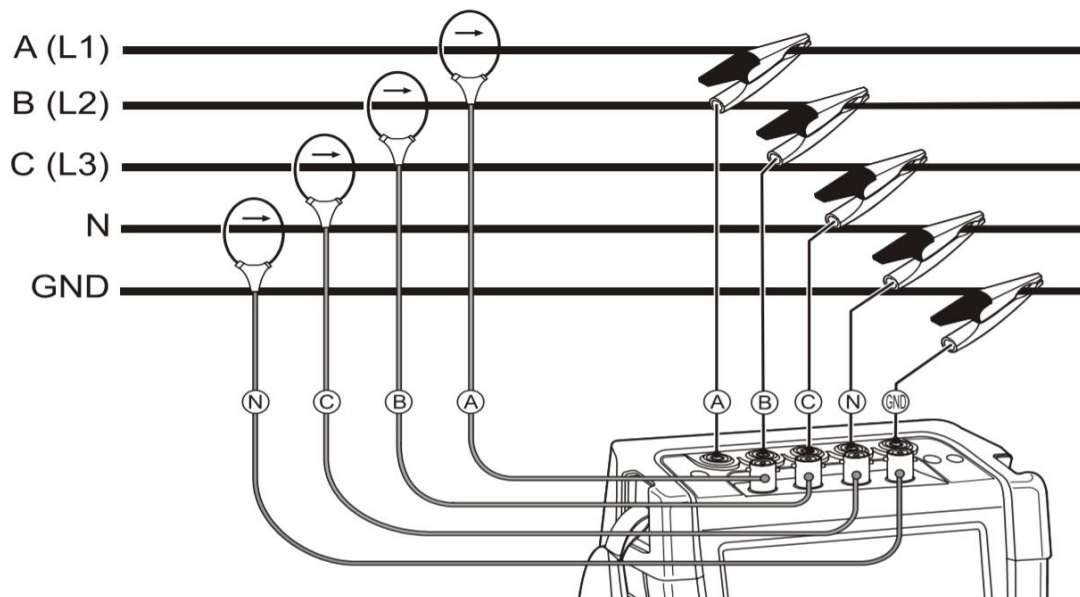
Inicio: 22/08/2018 - 10:46:29.852

Término: 29/08/2018 - 10:36:29.852

### 3.1 PROCEDIMIENTO DE CONEXIÓN DEL ANALIZADOR DE REDES

A continuación, se detallará el procedimiento para el conexionado del analizador de redes a un sistema trifásico, extraído del manual del fabricante del equipo:

**Gráfico 8: Conexión del analizador a un sistema trifásico**



*Fuente: Manual de uso Analizador trifásico de energía y calidad de energía eléctrica Fluke 434" / 435" / 437".*

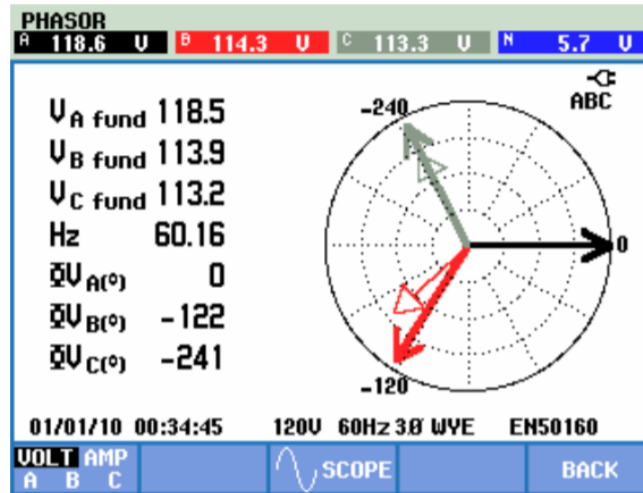
En el gráfico anterior, se muestra cómo realizar la conexión del analizador de redes a un sistema trifásico.

Fluke Corporation (Ed). (2012). Manual de uso Analizador trifásico de energía y calidad de energía eléctrica Fluke 434” / 435” / 437”. USA: Detalla el siguiente procedimiento: “Primero, ponga las pinzas amperimétricas alrededor de los conductores de fase A (L1), B (L2), C (L3) y N(eutro). Las pinzas están marcadas con una flecha que indica la polaridad de señal correcta. A continuación, realice las conexiones de tensión: comience por la conexión a tierra y, después, en sucesión N, A (L1), B (L2) y C (L3). Para obtener resultados de medida correctos, conecte siempre la entrada de conexión a tierra. Compruebe siempre dos veces las conexiones. Compruebe que las pinzas amperimétricas están firmemente fijadas y completamente cerradas alrededor de los conductores.

Para medidas monofásicas, utilice la entrada de corriente A (L1) y las entradas de tensión de conexión a tierra, N(neutro) y fase A (L1). A (L1) es la fase de referencia para todas las medidas. Antes de realizar medidas, configure el analizador según la tensión de línea, la frecuencia y la configuración del cableado del sistema de alimentación que desee medir.

Esto se explica en el capítulo 23, sección Ajustes generales. Las pantallas de osciloscopio y fasor son útiles para comprobar si los cables de tensión y las pinzas amperimétricas están conectados correctamente. En el diagrama de vectores, las tensiones de fase y las corrientes A (L1), B (L2) y C (L3) deben aparecer en secuencia al observarlas en el sentido de las agujas del reloj”

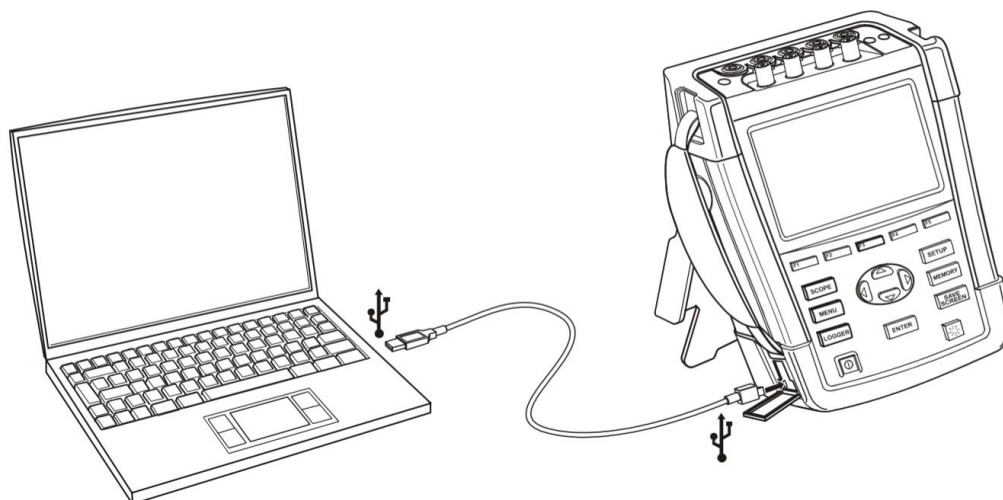
**Gráfico 9: Diagrama de vectores correspondiente al analizador correctamente conectado**



*Fuente: Manual de uso Analizador trifásico de energía y calidad de energía eléctrica Fluke 434” / 435” / 437”.*

En el gráfico anterior, se muestra un ejemplo de lo que saldría en la pantalla del equipo, cuando la instalación del analizador ha sido correcta, y después pulsando el botón “MEMORY” para guardar los datos del registro y obtenerlos en una tarjeta SD o descargarlos directamente a una computadora como se puede apreciar en el gráfico siguiente:

**Gráfico 10: Conexión entre Analizador y PC**



En el gráfico anterior, se muestra la ventaja que tiene el analizador de redes para conectar a una PC mediante puertos USB.

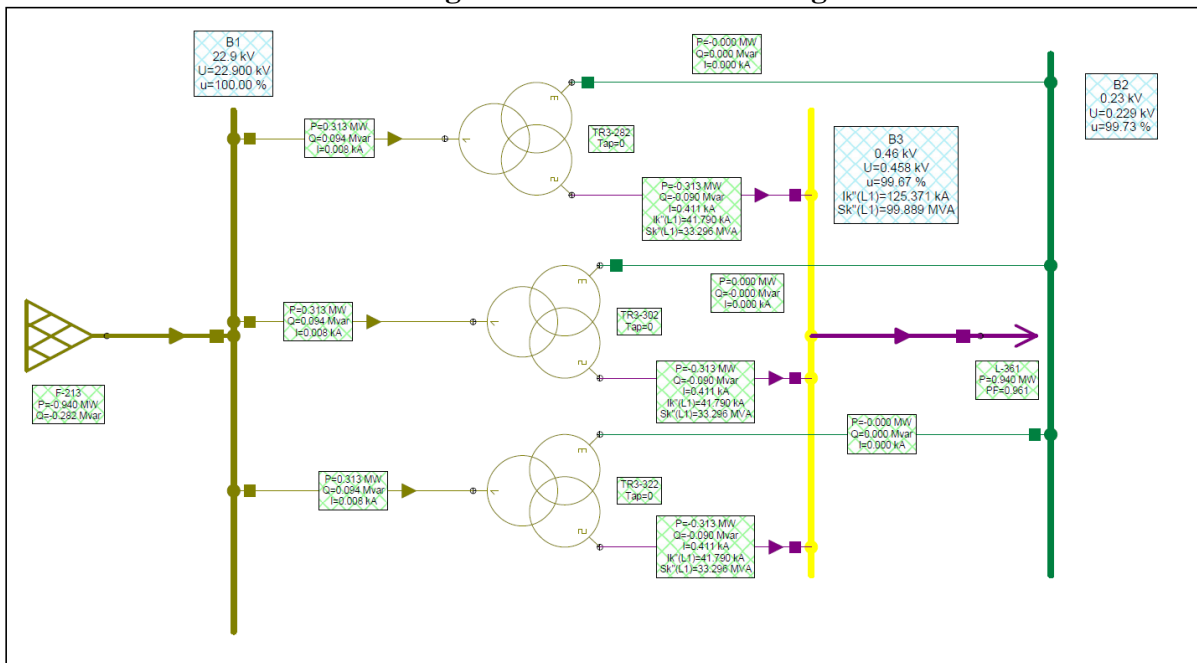
### 3.2 INFORMACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES

Virú S.A. cuenta para su Planta de Congelado, con 3 transformadores con las siguientes características:

- MARCA: PROMELSA
- POTENCIA: 1250kVA
- FASES: 03
- GRUPO DE CONEXIÓN: YNd5
- FRECUENCIA: 60HZ
- ENTRADA: 22,9KV / 31.51A
- SALIDA 1: 440V /1255.1 A
- SALIDA2: 230V / 627.6 A
- NORMA DE FABRICACION: IEC60076

### 3.3 ANÁLISIS

Gráfico 11: Diagrama Unifilar Planta Congelado Virú S.A.



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico anterior, representa el diagrama unifilar de la Planta Congelado de Virú S.A. realizado en el software NEPLAN V. 5.3.51, en el cual se simuló la potencia de cortocircuito, ingresando los datos de los transformadores y la potencia aparente promedio registrada por el analizador de redes (978.148 KVA) para así poder calcular la relación de cortocircuito (SCR), que arrojó como resultado 99.889 MVA.

Para poder realizar la simulación, se ingresó una red equivalente con una potencia activa de 0.940 MW, una barra “B1” en 22,9 KV, 3 transformadores con las características descritas en el apartado 3.2, una barra “B2” en 230 V, y una barra “B3” en 440V.

Con lo anterior, se aplicó una falla en la barra “B3” en 440V y se seleccionó la simulación de cortocircuito para obtener el resultado deseado.

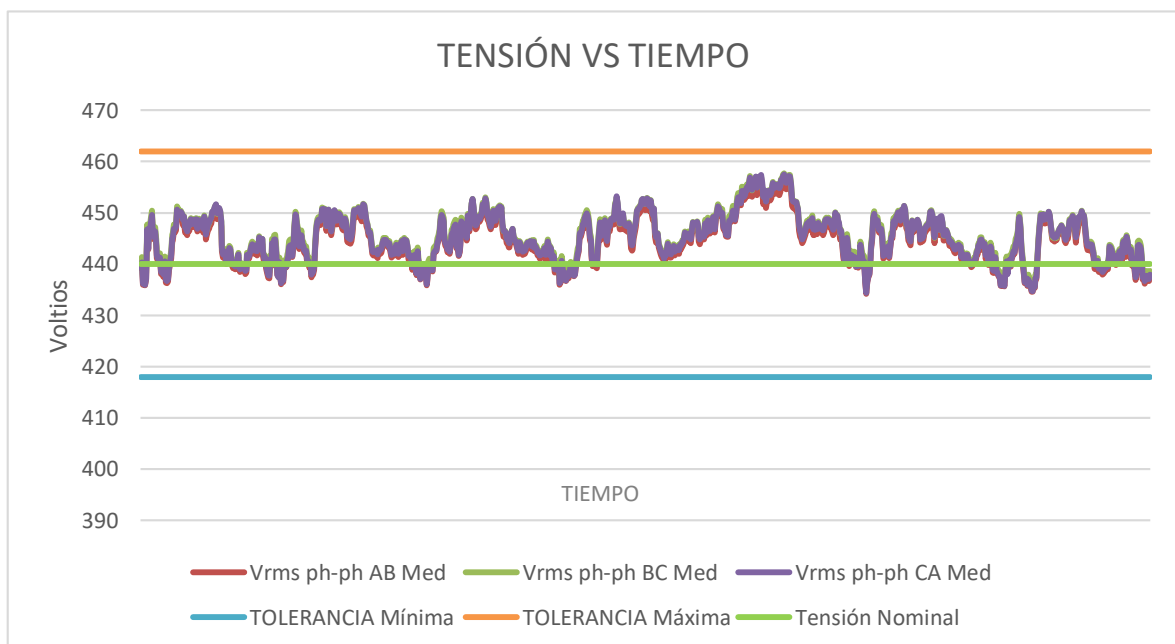
A continuación, utilizaremos la ecuación [11] para hallar el SCR:

$$SCR = \frac{\text{Potencia de cortocircuito MVA}}{\text{Carga MVA}} = \frac{I_{SC}}{I_L}$$

$$SCR = \frac{99.889 \text{ MVA}}{0.978148 \text{ MVA}} = 102.12$$

Con este cálculo, revisamos la tabla 03 de límites de corriente armónica para carga no lineal en el punto común de acoplamiento con otras cargas, para tensiones entre 120 - 69,000 V, y podemos observar que el límite hasta el armónico 10mo., es del 12% para SCR entre 100 y 1000.

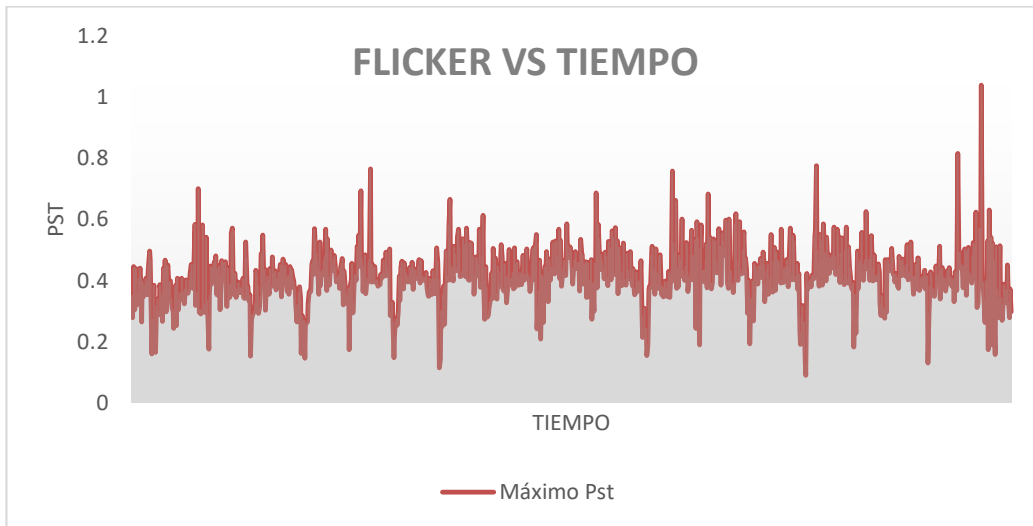
**Gráfico 12: Análisis de Tensión respecto al tiempo**



*Fuente: Elaboración propia.*

En el gráfico anterior, podemos observar que el comportamiento de la tensión eficaz en las 3 fases, se encuentran equilibrados y fluctúan dentro de los valores mínimos y máximos recomendados por la normatividad de referencia.

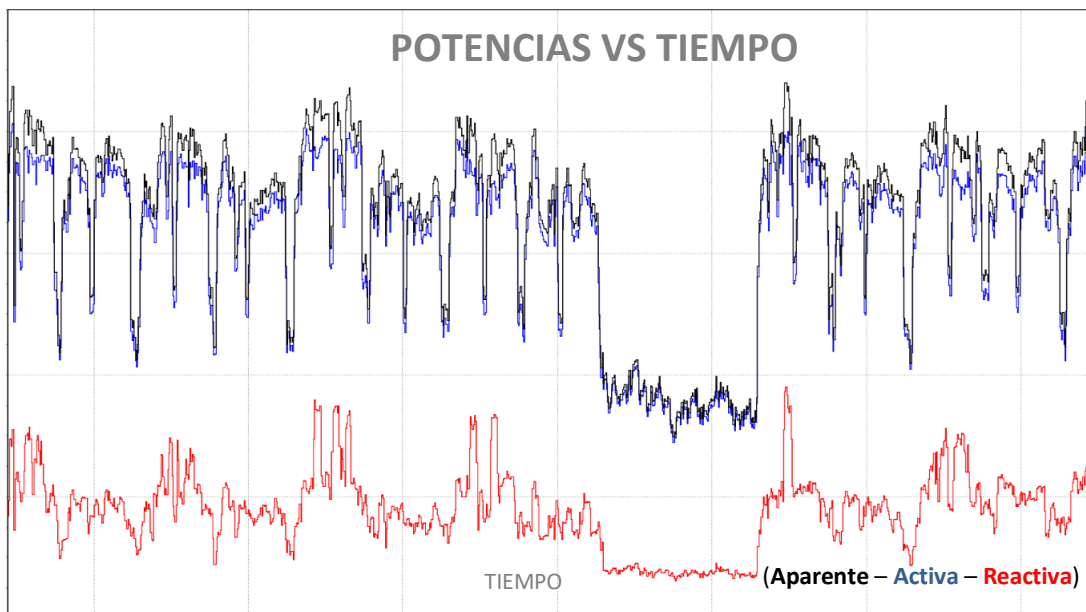
**Gráfico 13: Comportamiento de Flicker's respecto al tiempo**



*Fuente: Elaboración propia.*

En el gráfico anterior, podemos observar que las fluctuaciones de tensión (Flicker), se encuentran dentro de los valores menores a 1; lo cual significa que está dentro de los valores recomendados por la normativa de referencia.

**Gráfico 14: Comportamiento de las potencias respecto al tiempo**



*Fuente: Elaboración propia.*



En el gráfico anterior, podemos observar que el comportamiento de la potencia aparente, activa y reactiva, se encuentran estables.

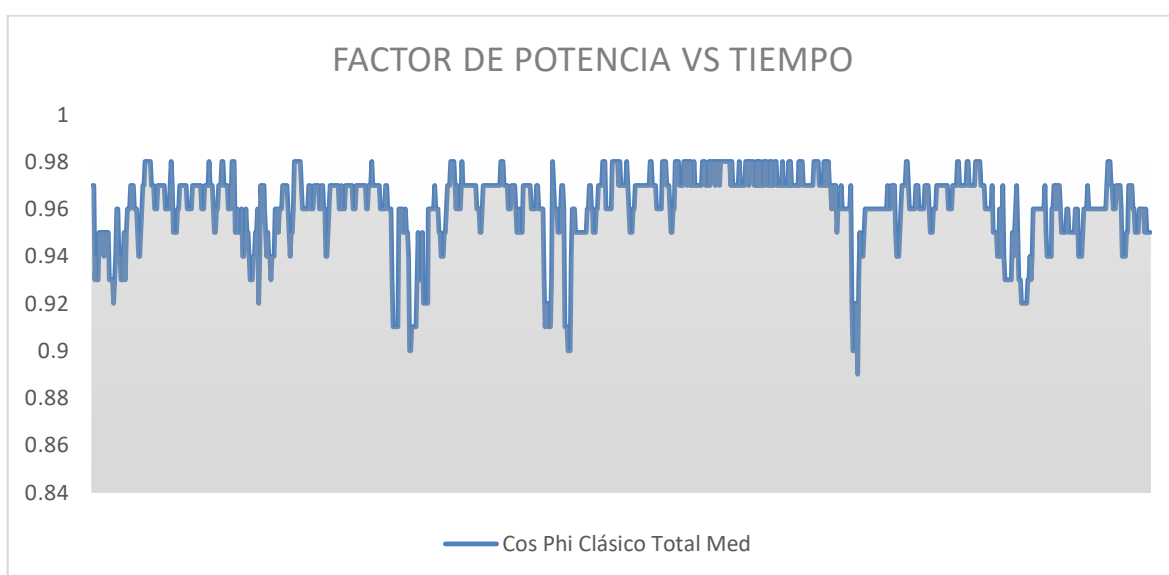
**Tabla 7: Potencias**

Potencia Activa (KW)	Potencia Reactiva (KVAR)	Potencia Aparente (KVA)
940	270.505	978.148

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior, se pueden observar la potencia activa, reactiva y aparente promedio medidas durante el tiempo de monitoreo.

**Gráfico 15: Comportamiento del Factor de Potencia respecto al tiempo**



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico anterior, podemos observar el comportamiento del factor de potencia a través del tiempo, teniendo un valor promedio de 0,961.

### **3.4 RESULTADOS DE ARMÓNICOS EN CORRIENTE QUE REGISTRÓ EL ANALIZADOR DE REDES**

A continuación, se muestra una tabla elaborada con los valores mínimos, medios y máximos, luego de revisar todos los valores registrados según su orden:

**Tabla 8: Armónicos en Corriente por Fase**

THD A A Min	THD A A Med	THD A A Max	THD A B Min	THD A B Med	THD A B Max	THD A C Min	THD A C Med	THD A C Max	THD A Med MÁX
6,630	8,620	11,670	6,430	8,450	11,520	6,800	8,880	12,080	8,880
5,310	9,170	10,910	5,120	8,900	10,590	5,600	9,390	11,170	9,390
4,990	6,470	9,520	4,800	6,240	9,270	5,260	6,750	9,810	6,750
4,600	6,600	8,680	4,340	6,360	8,420	4,800	6,870	9,050	6,870
4,360	5,770	8,360	4,170	5,510	8,030	4,550	5,940	8,590	5,940
4,540	5,860	8,430	4,360	5,610	8,080	4,750	6,030	8,540	6,030
4,000	10,850	37,110	3,790	10,790	37,910	3,560	10,810	36,670	10,850
6,220	7,480	8,700	6,010	7,220	8,370	6,320	7,620	8,910	7,620
5,070	7,670	8,900	4,930	7,400	8,680	5,380	7,930	9,210	7,930
4,940	7,490	8,420	4,820	7,290	8,220	5,140	7,750	8,750	7,750
6,750	7,590	8,460	6,420	7,300	8,270	6,900	7,790	8,730	7,790
2,980	4,360	7,650	3,370	4,630	7,300	3,550	4,870	7,780	4,870
3,310	3,880	4,650	3,700	4,260	5,110	3,870	4,470	5,380	4,470
2,980	3,670	4,490	3,230	4,030	4,880	3,490	4,260	5,150	4,260
3,240	4,820	7,190	3,610	4,880	6,960	3,750	5,280	7,490	5,280
5,090	7,020	8,950	4,960	6,800	8,560	5,320	7,310	9,320	7,310
5,120	6,720	8,790	4,940	6,470	8,470	5,360	7,000	9,210	7,000
5,030	6,530	9,330	4,860	6,300	9,070	5,300	6,840	9,820	6,840
5,030	6,420	9,570	4,830	6,200	9,400	5,270	6,700	10,070	6,700
5,410	6,780	9,710	5,150	6,550	9,480	5,610	7,070	10,200	7,070
5,040	6,450	9,310	4,830	6,200	9,090	5,230	6,700	9,710	6,700
5,150	6,920	9,840	4,980	6,650	9,570	5,350	7,200	10,310	7,200
5,280	7,920	9,920	5,120	7,690	9,690	5,540	8,270	10,400	8,270
8,450	9,060	9,840	8,200	8,810	9,520	8,770	9,400	10,170	9,400
8,320	8,920	9,870	8,050	8,630	9,580	8,660	9,240	10,230	9,240
5,230	7,370	9,780	5,040	7,140	9,520	5,510	7,700	10,220	7,700
4,930	7,260	10,930	4,820	7,020	10,640	5,310	7,610	11,470	7,610
4,760	6,320	9,460	4,650	6,120	9,160	5,050	6,650	9,890	6,650
4,770	6,300	9,620	4,670	6,160	9,460	5,070	6,670	10,200	6,670
4,330	6,540	8,650	4,300	6,450	8,540	4,590	6,910	9,110	6,910
5,000	7,600	9,030	4,970	7,520	8,950	5,330	8,020	9,480	8,020
5,060	6,970	9,480	4,960	6,860	9,330	5,410	7,330	9,930	7,330
5,170	7,720	9,210	5,140	7,600	9,030	5,500	8,070	9,640	8,070
7,900	8,420	9,180	7,680	8,240	9,000	8,210	8,770	9,600	8,770
7,640	8,280	9,050	7,490	8,130	8,870	8,010	8,680	9,470	8,680
7,580	8,170	8,870	7,450	8,030	8,780	7,970	8,580	9,240	8,580
8,040	8,870	9,760	7,990	8,850	9,750	8,480	9,310	10,200	9,310
8,140	8,800	10,410	8,040	8,790	10,440	8,480	9,250	10,900	9,250
8,070	8,830	10,540	8,060	8,810	10,450	8,570	9,360	11,050	9,360
7,990	8,700	9,730	7,880	8,600	9,660	8,420	9,140	10,170	9,140
8,200	8,970	10,000	8,180	8,920	9,980	8,670	9,440	10,520	9,440

7,960	9,220	11,080	7,930	9,240	11,270	8,420	9,770	11,860	9,770
7,910	8,450	9,290	7,920	8,470	9,260	8,360	8,940	9,740	8,940
2,600	4,890	9,020	2,380	4,750	9,000	2,840	5,200	9,520	5,200
2,560	2,980	3,650	2,310	2,740	3,340	2,720	3,220	3,940	3,220
2,480	2,980	3,810	2,310	2,760	3,580	2,690	3,220	4,140	3,220
2,560	3,330	4,000	2,410	3,130	3,780	2,790	3,560	4,300	3,560
3,170	3,950	4,750	2,850	3,660	4,390	3,250	4,130	5,000	4,130
3,910	4,480	5,230	3,500	4,060	4,900	3,900	4,590	5,430	4,590
3,920	5,890	7,760	3,430	5,480	7,300	4,020	5,940	7,790	5,940
6,120	9,520	11,320	5,770	9,380	11,290	6,140	9,860	11,810	9,860
9,840	10,780	12,080	9,900	10,790	12,040	10,420	11,370	12,660	11,370
9,210	10,470	11,460	9,190	10,430	11,350	9,700	11,030	12,020	11,030
9,190	10,490	11,310	9,150	10,520	11,370	9,710	10,940	11,850	10,940
9,760	10,560	11,320	9,720	10,590	11,410	10,100	10,980	11,840	10,980
9,760	10,660	11,660	9,700	10,680	11,820	10,190	11,190	12,230	11,190
8,430	9,420	11,150	8,270	9,310	11,110	8,770	9,900	11,820	9,900
7,790	9,440	10,840	7,730	9,360	10,770	8,290	9,950	11,400	9,950
9,600	10,370	11,680	9,470	10,250	11,500	10,060	10,870	12,170	10,870
8,710	9,380	12,470	8,520	9,230	12,330	9,180	9,920	13,020	9,920
8,520	9,160	9,890	8,420	9,030	9,740	9,090	9,750	10,510	9,750
8,740	9,340	10,080	8,560	9,200	9,980	9,280	9,920	10,760	9,920
8,860	9,430	10,320	8,730	9,330	10,200	9,400	10,030	10,920	10,030
8,830	9,500	10,240	8,700	9,380	10,100	9,300	10,050	10,790	10,050
8,930	9,650	10,560	8,880	9,560	10,430	9,460	10,220	11,140	10,220
8,900	9,930	10,890	8,830	9,910	10,940	9,480	10,470	11,420	10,470
9,550	10,380	11,290	9,570	10,390	11,260	9,960	10,840	11,770	10,840
9,870	10,740	11,720	9,900	10,750	11,740	10,310	11,180	12,250	11,180
9,500	10,420	11,480	9,530	10,420	11,410	9,950	10,850	11,870	10,850
9,740	10,430	11,230	9,770	10,460	11,350	10,130	10,840	11,670	10,840
9,480	10,550	11,250	9,570	10,580	11,300	9,820	10,910	11,770	10,910
10,050	10,750	11,460	9,990	10,720	11,430	10,310	11,080	11,850	11,080
10,220	10,900	11,540	10,210	10,860	11,520	10,590	11,230	11,870	11,230
10,020	10,860	11,610	9,940	10,810	11,530	10,260	11,140	11,910	11,140
10,470	11,780	13,530	10,390	11,830	13,670	10,670	12,150	14,110	12,150
11,270	12,310	13,250	11,330	12,380	13,360	11,640	12,670	13,690	12,670
5,650	11,090	12,650	5,300	11,200	12,890	5,520	11,360	12,970	11,360
3,740	4,530	6,480	3,420	4,270	6,200	3,550	4,350	6,430	4,530
3,550	4,490	5,410	3,450	4,350	5,240	3,360	4,360	5,320	4,490
3,540	4,640	6,220	3,440	4,540	6,040	3,330	4,480	6,100	4,640
4,760	5,620	9,570	4,670	5,470	9,460	4,540	5,420	9,330	5,620
8,210	9,350	10,270	8,220	9,290	10,200	8,080	9,190	10,210	9,350
8,990	9,920	10,740	8,940	9,890	10,670	8,880	9,880	10,680	9,920
8,650	10,100	11,130	8,610	10,030	11,030	8,540	10,020	11,060	10,100
9,250	10,080	10,940	9,280	10,070	10,970	9,240	10,030	10,890	10,080
9,750	10,350	11,030	9,790	10,380	11,070	9,750	10,370	11,050	10,380

9,170	10,190	10,940	9,210	10,220	10,930	9,250	10,240	10,950	10,240
9,470	10,140	10,870	9,400	10,130	10,900	9,500	10,230	11,000	10,230
9,580	10,660	11,460	9,590	10,640	11,460	9,680	10,730	11,600	10,730
9,350	10,650	12,030	9,260	10,610	11,980	9,340	10,680	12,100	10,680
9,130	9,820	10,530	9,110	9,790	10,480	9,140	9,860	10,680	9,860
8,560	9,640	10,790	8,520	9,580	10,730	8,560	9,660	10,790	9,660
8,590	9,630	10,350	8,570	9,580	10,300	8,650	9,660	10,420	9,660
8,570	9,900	11,140	8,560	9,850	10,950	8,620	9,950	11,100	9,950
8,860	9,930	11,030	8,820	9,820	10,890	8,870	9,920	10,970	9,930
9,280	10,210	11,230	9,230	10,190	11,210	9,240	10,190	11,200	10,210
9,610	10,240	11,090	9,590	10,240	11,060	9,650	10,240	11,100	10,240
9,410	10,330	11,430	9,380	10,320	11,430	9,340	10,320	11,440	10,330
9,220	10,220	11,220	9,110	10,140	11,210	9,190	10,230	11,280	10,230
9,140	9,910	10,630	9,060	9,800	10,590	9,150	9,930	10,770	9,930
8,900	9,980	11,300	8,810	9,880	11,180	8,900	9,960	11,300	9,980
8,610	9,620	10,410	8,510	9,540	10,380	8,520	9,570	10,360	9,620
9,320	10,080	11,480	9,150	9,950	11,300	9,280	10,080	11,520	10,080
9,440	10,460	11,790	9,260	10,280	11,610	9,430	10,480	11,860	10,480
9,220	10,240	11,080	9,040	10,080	10,920	9,210	10,250	11,100	10,250
9,540	10,250	11,010	9,360	10,060	10,930	9,550	10,250	11,220	10,250
9,600	10,480	11,420	9,400	10,280	11,170	9,640	10,510	11,390	10,510
9,620	10,300	11,130	9,510	10,160	10,980	9,700	10,390	11,240	10,390
9,320	10,430	11,910	9,240	10,380	11,760	9,370	10,520	11,960	10,520
9,140	10,390	11,540	9,140	10,370	11,470	9,280	10,520	11,670	10,520
9,190	9,980	11,210	9,270	9,990	11,190	9,310	10,170	11,420	10,170
9,270	10,310	11,280	9,230	10,330	11,240	9,410	10,570	11,630	10,570
9,080	10,060	11,230	9,040	10,090	11,210	9,310	10,310	11,430	10,310
9,300	10,490	11,630	9,340	10,490	11,690	9,570	10,730	11,890	10,730
9,200	10,670	11,950	9,230	10,700	11,940	9,460	10,930	12,290	10,930
3,520	5,240	12,120	3,660	5,300	12,140	3,690	5,400	12,340	5,400
3,560	4,130	4,720	3,680	4,220	4,830	3,680	4,360	5,040	4,360
3,340	4,240	5,240	3,510	4,370	5,300	3,640	4,600	5,660	4,600
3,710	4,420	5,060	3,860	4,600	5,270	4,040	4,880	5,640	4,880
3,960	4,610	5,720	4,130	4,810	5,820	4,330	5,110	6,270	5,110
4,010	4,840	5,720	4,140	5,090	5,950	4,360	5,370	6,210	5,370
3,630	4,750	6,430	3,980	4,950	6,510	4,140	5,190	6,940	5,190
4,640	6,890	11,680	4,840	7,020	11,800	5,060	7,230	11,890	7,230
9,990	10,840	11,710	10,090	10,990	11,880	10,270	11,080	11,960	11,080
9,670	10,710	11,720	9,800	10,840	11,830	10,000	11,090	12,140	11,090
9,420	10,300	11,450	9,520	10,390	11,530	9,820	10,700	11,880	10,700
9,090	10,310	11,240	9,160	10,380	11,320	9,480	10,760	11,680	10,760
7,650	9,570	11,120	7,700	9,630	11,140	7,930	9,960	11,570	9,960
8,430	9,770	11,110	8,480	9,850	11,300	8,780	10,170	11,670	10,170
8,250	9,340	12,660	8,380	9,430	12,770	8,560	9,710	13,170	9,710
8,210	9,720	11,480	8,280	9,800	11,560	8,540	10,120	11,990	10,120

7,960	9,430	11,370	7,760	9,260	11,190	8,160	9,700	11,720	9,700
8,340	9,500	11,810	8,170	9,320	11,630	8,600	9,790	12,150	9,790
9,280	10,460	11,860	9,080	10,300	11,700	9,520	10,790	12,180	10,790
9,310	10,560	11,980	9,140	10,400	11,800	9,650	10,990	12,410	10,990
9,890	10,650	11,230	9,810	10,410	10,940	10,420	11,110	11,760	11,110
6,440	8,690	11,170	6,370	8,510	10,960	6,870	9,090	11,690	9,090
6,630	8,920	12,970	6,700	8,860	12,960	7,060	9,300	13,540	9,300
6,570	9,610	11,410	6,630	9,560	11,280	6,940	10,000	11,830	10,000
6,450	9,090	11,810	6,410	8,980	11,710	6,810	9,420	12,250	9,420
5,610	8,470	10,580	5,500	8,310	10,390	5,920	8,810	10,960	8,810
5,720	8,540	10,870	5,660	8,340	10,550	6,080	8,870	11,240	8,870
5,200	8,030	9,240	5,160	7,830	8,960	5,510	8,320	9,560	8,320
4,920	7,120	8,990	4,840	6,970	8,820	5,170	7,400	9,330	7,400
5,160	7,360	9,280	5,090	7,200	9,070	5,430	7,660	9,620	7,660
5,480	8,310	9,430	5,350	8,110	9,220	5,840	8,600	9,750	8,600
7,610	8,750	10,080	7,330	8,490	9,840	7,830	9,060	10,500	9,060
5,540	8,970	11,230	5,370	8,710	10,880	5,860	9,280	11,590	9,280
6,640	8,990	11,980	6,460	8,750	11,730	6,920	9,300	12,370	9,300
6,170	7,760	11,580	5,950	7,520	11,310	6,400	7,980	11,910	7,980
4,750	7,150	10,290	4,580	6,910	10,040	5,010	7,390	10,590	7,390
5,030	6,740	9,690	4,870	6,490	9,330	5,360	7,000	9,950	7,000
4,850	7,160	9,250	4,710	6,910	8,870	5,210	7,440	9,530	7,440
3,460	5,090	8,970	3,550	5,150	8,750	3,980	5,620	9,340	5,620
3,340	4,050	5,080	3,810	4,600	5,760	4,040	4,940	6,180	4,940
3,550	4,550	5,780	3,970	5,080	6,680	4,320	5,480	6,990	5,480
3,650	4,730	6,040	3,840	5,120	6,620	4,250	5,600	7,140	5,600
4,130	7,850	9,520	4,450	7,650	9,260	4,870	8,150	9,850	8,150
5,300	6,960	9,720	5,310	6,850	9,470	5,620	7,270	9,970	7,270
5,480	7,300	9,570	5,360	7,080	9,240	5,790	7,620	9,970	7,620
7,770	8,860	10,010	7,600	8,570	9,610	8,100	9,190	10,380	9,190
8,160	8,960	9,900	7,910	8,660	9,560	8,510	9,350	10,280	9,350
8,180	9,310	10,400	7,840	9,010	10,090	8,520	9,690	10,820	9,690
8,750	9,890	11,100	8,490	9,620	10,820	9,150	10,380	11,570	10,380
5,870	8,850	10,830	5,690	8,600	10,540	6,180	9,250	11,330	9,250
5,420	8,420	10,410	5,390	8,250	10,190	5,740	8,790	10,840	8,790
5,210	7,560	9,420	5,150	7,390	9,200	5,460	7,870	9,850	7,870
5,370	8,230	9,970	5,320	8,040	9,730	5,620	8,610	10,400	8,610
5,490	8,470	12,520	5,370	8,300	12,210	5,730	8,820	13,020	8,820
5,300	7,540	10,160	5,170	7,380	9,990	5,510	7,840	10,610	7,840
4,920	6,830	9,540	4,830	6,640	9,250	5,170	7,130	9,960	7,130
5,190	7,320	10,200	5,110	7,140	10,020	5,450	7,670	10,760	7,670
4,760	6,990	9,010	4,630	6,790	8,770	5,000	7,330	9,510	7,330
4,580	7,020	9,060	4,520	6,840	8,850	4,810	7,340	9,460	7,340
6,140	7,420	9,160	5,950	7,270	8,970	6,390	7,740	9,480	7,740
7,340	8,330	9,540	7,160	8,120	9,300	7,610	8,670	9,910	8,670

7,460	8,520	9,800	7,350	8,380	9,680	7,870	8,950	10,300	8,950
4,780	7,870	9,320	4,770	7,800	9,260	5,010	8,350	9,870	8,350
7,380	8,140	9,060	7,310	8,090	8,990	7,780	8,660	9,590	8,660
7,680	8,490	9,360	7,500	8,410	9,260	8,070	8,990	9,910	8,990
7,320	8,340	9,340	7,270	8,270	9,330	7,780	8,810	9,840	8,810
7,870	9,070	9,990	7,930	9,110	9,990	8,350	9,610	10,570	9,610
7,780	8,740	10,180	7,820	8,820	10,260	8,350	9,340	10,880	9,340
8,160	9,070	10,260	8,230	9,170	10,400	8,760	9,740	11,020	9,740
7,880	9,030	10,460	8,120	9,210	10,700	8,520	9,680	11,080	9,680
8,380	9,310	10,340	8,540	9,460	10,540	9,060	9,950	11,110	9,950
3,820	8,490	10,680	3,690	8,640	10,970	4,090	9,120	11,450	9,120
3,200	4,540	5,790	2,810	4,270	5,500	3,270	4,780	6,130	4,780
3,280	3,800	4,460	2,810	3,380	4,050	3,270	3,960	4,700	3,960
3,240	3,960	4,910	2,910	3,530	4,550	3,380	4,100	5,210	4,100
3,450	4,040	4,530	3,240	3,780	4,230	3,720	4,350	4,840	4,350
3,880	4,820	11,910	3,650	4,530	12,020	4,220	5,140	12,620	5,140
5,200	6,990	8,460	4,930	6,650	8,110	5,520	7,250	8,680	7,250
6,920	8,000	11,190	6,800	7,710	11,020	7,260	8,220	11,580	8,220
10,500	11,640	12,610	10,570	11,650	12,670	11,190	12,260	13,300	12,260
10,120	11,540	13,450	10,030	11,560	13,430	10,810	12,230	14,160	12,230
9,680	10,640	11,850	9,660	10,640	11,890	10,410	11,420	12,730	11,420
10,020	10,540	11,070	9,950	10,520	11,060	10,670	11,240	11,900	11,240
9,500	10,460	11,770	9,430	10,430	11,750	10,090	11,090	12,460	11,090
8,150	9,830	11,160	8,140	9,790	11,110	8,650	10,440	11,870	10,440
8,570	9,590	10,650	8,470	9,530	10,600	9,020	10,140	11,350	10,140
8,200	9,190	10,090	8,070	9,080	9,940	8,670	9,670	10,530	9,670
8,500	9,040	10,020	8,420	8,960	9,880	8,910	9,500	10,490	9,500
8,320	8,930	9,740	8,230	8,840	9,690	8,730	9,420	10,310	9,420
8,130	9,000	10,070	8,080	8,930	10,000	8,600	9,480	10,570	9,480
8,290	9,220	10,750	8,190	9,100	10,540	8,700	9,630	11,140	9,630
9,300	10,200	11,310	9,110	10,170	11,350	9,640	10,600	11,740	10,600
8,970	9,770	11,350	9,010	9,810	11,380	9,280	10,170	11,780	10,170
9,120	9,920	11,030	9,150	9,950	11,030	9,470	10,280	11,450	10,280
9,110	9,980	11,260	9,200	10,020	11,260	9,500	10,370	11,780	10,370
9,190	10,250	11,390	9,200	10,280	11,420	9,570	10,620	11,810	10,620
9,700	11,020	13,260	9,810	11,120	13,440	10,060	11,440	13,810	11,440
10,460	12,260	13,750	10,430	12,290	13,930	10,670	12,530	14,280	12,530
10,850	12,800	14,890	10,960	12,910	14,910	11,140	13,110	15,170	13,110
11,090	12,470	13,710	11,180	12,620	13,790	11,490	12,900	14,140	12,900
10,060	12,370	14,540	10,070	12,460	14,740	10,310	12,780	15,070	12,780
9,450	10,930	12,870	9,450	10,970	12,890	9,710	11,230	13,190	11,230
10,120	11,080	11,840	10,200	11,160	11,890	10,350	11,360	12,140	11,360
9,700	10,830	12,280	9,790	10,920	12,300	9,940	11,110	12,500	11,110
9,880	10,850	11,950	9,920	10,930	11,980	10,110	11,150	12,240	11,150
8,880	10,560	12,690	8,990	10,610	12,720	9,110	10,780	12,930	10,780

4,390	8,680	12,420	4,230	8,620	12,510	4,320	8,730	12,500	8,730
3,420	4,210	5,340	3,250	4,030	5,130	3,290	4,120	5,250	4,210
3,140	3,860	4,920	2,960	3,700	4,660	3,040	3,790	4,890	3,860
3,000	6,850	10,830	2,850	6,740	10,710	2,820	6,770	10,740	6,850
8,970	10,730	12,330	9,000	10,800	12,350	8,910	10,760	12,340	10,800
9,670	10,610	12,130	9,820	10,760	12,160	9,650	10,670	12,170	10,760
9,070	9,970	11,030	9,270	10,210	11,280	9,090	10,020	11,070	10,210
9,310	10,340	12,020	9,450	10,530	12,280	9,270	10,310	12,040	10,530
9,270	10,310	12,120	9,460	10,460	12,250	9,250	10,290	12,130	10,460
8,680	9,740	11,190	8,700	9,800	11,310	8,650	9,770	11,200	9,800
8,890	9,980	11,090	8,890	10,010	11,210	8,870	10,030	11,160	10,030
8,790	9,980	11,860	8,860	10,040	11,960	8,860	10,060	11,990	10,060
9,280	10,270	12,180	9,360	10,300	12,110	9,380	10,360	12,240	10,360
8,930	10,100	11,440	8,930	10,140	11,460	8,960	10,170	11,570	10,170
8,750	9,670	10,780	8,760	9,700	10,780	8,810	9,710	10,810	9,710
8,560	9,530	10,620	8,610	9,540	10,630	8,620	9,580	10,710	9,580
8,940	10,070	11,450	8,840	10,040	11,390	8,970	10,110	11,550	10,110
8,510	9,690	10,810	8,470	9,680	10,740	8,510	9,730	10,920	9,730
8,620	9,800	11,280	8,540	9,780	11,220	8,630	9,850	11,360	9,850
8,570	9,800	11,040	8,560	9,780	10,940	8,610	9,840	11,120	9,840
9,090	10,180	11,310	9,070	10,160	11,280	9,140	10,220	11,370	10,220
8,970	9,940	11,600	8,980	9,970	11,720	9,030	9,980	11,690	9,980
9,060	9,810	10,760	9,010	9,750	10,700	9,040	9,850	10,810	9,850
9,070	10,020	11,340	9,000	9,960	11,250	9,130	10,060	11,360	10,060
9,030	10,310	11,700	8,980	10,350	11,590	9,040	10,370	11,780	10,370
9,460	10,170	11,100	9,490	10,230	11,240	9,450	10,230	11,120	10,230
9,400	10,120	10,950	9,410	10,130	10,910	9,430	10,160	10,950	10,160
9,050	10,150	11,520	8,920	10,060	11,520	9,080	10,200	11,570	10,200
9,160	9,710	10,480	9,000	9,610	10,340	9,220	9,810	10,510	9,810
9,120	9,830	10,360	9,080	9,740	10,300	9,260	9,920	10,480	9,920
9,140	9,800	10,630	9,080	9,740	10,580	9,280	9,950	10,750	9,950
9,090	10,060	11,110	9,060	9,970	11,040	9,190	10,180	11,260	10,180
9,010	9,810	10,320	8,980	9,740	10,240	9,130	9,970	10,490	9,970
8,730	9,950	10,960	8,700	9,890	10,850	8,880	10,110	11,130	10,110
9,620	10,380	11,270	9,480	10,310	11,180	9,770	10,580	11,490	10,580
8,930	10,090	11,050	8,920	10,040	11,020	9,130	10,280	11,290	10,280
9,020	9,850	10,550	9,010	9,800	10,470	9,280	10,090	10,790	10,090
8,830	9,940	11,210	8,850	9,940	11,250	9,110	10,190	11,520	10,190
4,950	8,870	11,650	4,930	8,860	11,580	5,020	9,020	11,840	9,020
3,460	4,480	5,480	3,630	4,630	5,620	3,650	4,770	5,890	4,770
3,660	4,110	4,800	3,820	4,280	4,980	3,850	4,420	5,140	4,420
3,680	4,310	5,070	3,850	4,480	5,200	3,950	4,590	5,390	4,590
3,910	4,840	5,700	3,950	5,000	5,960	3,970	5,110	6,050	5,110
4,270	5,250	6,190	4,410	5,370	6,310	4,540	5,600	6,650	5,600
4,230	5,120	6,100	4,700	5,480	6,610	4,790	5,650	6,850	5,650

4,910	7,790	11,890	5,390	8,080	12,100	5,520	8,270	12,290	8,270
9,190	10,770	14,650	9,300	10,880	14,920	9,400	11,080	15,300	11,080
9,880	10,780	11,760	9,860	10,800	11,880	10,120	11,090	12,130	11,090
9,870	10,800	11,690	9,980	10,820	11,720	10,280	11,130	12,080	11,130
9,500	10,490	11,380	9,590	10,520	11,460	9,740	10,800	11,810	10,800
8,600	10,160	11,150	8,610	10,180	11,170	8,830	10,470	11,520	10,470
7,790	9,290	10,670	7,810	9,240	10,710	8,030	9,610	11,110	9,610
8,460	10,810	12,920	8,360	10,700	12,830	8,870	11,280	13,420	11,280
7,850	8,730	9,690	7,760	8,720	9,710	8,200	9,160	10,190	9,160
7,860	8,750	9,970	7,880	8,720	9,930	8,280	9,220	10,500	9,220
7,650	8,570	9,650	7,400	8,400	9,590	7,930	8,940	10,150	8,940
7,530	8,520	9,290	7,330	8,250	9,030	7,810	8,800	9,580	8,800
7,780	8,400	9,200	7,500	8,130	8,940	8,000	8,660	9,490	8,660
7,880	8,580	9,360	7,610	8,310	9,090	8,100	8,860	9,680	8,860
8,020	8,790	9,540	7,710	8,500	9,240	8,320	9,100	9,900	9,100
7,870	8,810	9,720	7,590	8,540	9,490	8,050	9,060	10,070	9,060
7,790	8,620	9,700	7,550	8,370	9,450	7,990	8,880	10,050	8,880
7,740	8,470	9,740	7,470	8,200	9,480	7,950	8,710	9,970	8,710
8,030	8,950	10,120	7,780	8,700	9,860	8,180	9,180	10,380	9,180
5,290	7,050	9,380	5,060	6,830	9,170	5,490	7,270	9,620	7,270
5,370	5,790	6,290	5,160	5,570	6,050	5,560	6,010	6,540	6,010
5,360	5,920	6,560	5,180	5,690	6,310	5,490	6,110	6,710	6,110
5,070	5,950	6,570	4,860	5,780	6,390	5,180	6,150	6,770	6,150
5,050	5,800	6,350	4,930	5,660	6,240	5,240	6,000	6,570	6,000
4,930	6,020	6,740	4,630	5,790	6,510	5,110	6,260	7,040	6,260
5,070	6,040	9,210	4,850	5,770	8,910	5,290	6,300	9,580	6,300
7,350	8,340	9,500	7,080	8,080	9,160	7,620	8,660	9,860	8,660
7,440	8,380	9,530	7,090	8,050	9,170	7,620	8,630	9,870	8,630
7,740	8,580	9,740	7,470	8,230	9,400	7,990	8,820	10,040	8,820
7,700	8,580	9,540	7,420	8,250	9,220	7,950	8,830	9,790	8,830
7,230	8,200	9,040	6,860	7,890	8,690	7,460	8,460	9,310	8,460
7,010	8,360	9,410	6,580	7,990	9,070	7,160	8,620	9,790	8,620
6,800	8,310	9,120	6,330	7,930	8,750	6,930	8,590	9,500	8,590
3,160	5,290	8,940	3,390	5,250	8,570	3,730	5,750	9,240	5,750
3,110	3,890	4,650	3,400	4,340	5,270	3,650	4,590	5,430	4,590
3,320	3,910	4,530	3,740	4,380	5,130	3,940	4,580	5,280	4,580
2,100	2,950	4,340	2,230	3,150	4,490	1,940	3,160	4,680	3,160
4,140	5,170	5,900	4,080	5,070	5,780	4,180	5,340	6,160	5,340
5,420	6,010	6,530	5,290	5,810	6,350	5,610	6,210	6,720	6,210
5,960	6,280	6,660	5,730	6,050	6,390	6,150	6,510	6,890	6,510
5,860	6,320	6,720	5,620	6,070	6,490	6,030	6,510	6,960	6,510
5,870	6,570	7,340	5,630	6,290	7,010	6,000	6,750	7,580	6,750
5,400	6,200	7,000	5,220	5,990	6,750	5,630	6,460	7,240	6,460
5,590	7,470	9,550	5,330	7,160	9,150	5,850	7,740	9,850	7,740
5,730	8,570	9,700	5,540	8,220	9,290	5,940	8,790	9,890	8,790



5,300	7,480	11,920	5,090	7,200	11,570	5,510	7,720	12,270	7,720
6,200	8,210	12,180	5,990	7,910	11,910	6,420	8,480	12,680	8,480
6,140	8,460	13,110	6,010	8,250	12,900	6,380	8,720	13,570	8,720
4,920	8,160	12,820	4,790	7,950	12,550	5,050	8,380	13,260	8,380
4,940	6,380	9,530	4,750	6,120	9,170	5,110	6,590	9,830	6,590
4,800	6,500	9,450	4,580	6,220	8,970	4,990	6,710	9,640	6,710
4,800	6,350	9,590	4,580	6,070	9,250	4,950	6,540	9,820	6,540
4,840	6,120	9,250	4,670	5,880	8,880	5,050	6,330	9,590	6,330
4,750	6,600	9,180	4,610	6,390	8,880	4,930	6,790	9,420	6,790
7,890	8,810	9,940	7,600	8,490	9,590	8,030	9,000	10,120	9,000
7,920	8,930	9,850	7,670	8,610	9,480	8,100	9,120	10,030	9,120
7,770	8,570	9,620	7,550	8,320	9,310	7,940	8,790	9,790	8,790
7,750	8,670	9,610	7,580	8,470	9,410	8,090	8,980	9,970	8,980
8,310	9,220	10,090	8,120	9,010	9,830	8,570	9,540	10,390	9,540
8,080	9,140	9,870	7,880	9,010	9,770	8,450	9,510	10,280	9,510
8,360	9,490	10,590	8,180	9,410	10,470	8,760	9,910	11,070	9,910
7,880	9,150	10,040	7,650	9,000	9,900	8,160	9,560	10,490	9,560
7,220	8,880	9,970	7,130	8,700	9,870	7,710	9,340	10,460	9,340
7,930	9,130	9,890	7,920	8,980	9,820	8,230	9,580	10,430	9,580
3,140	4,580	7,910	2,920	4,420	7,900	3,260	4,820	8,210	4,820
2,810	3,360	4,310	2,670	3,130	4,070	2,940	3,540	4,410	3,540
2,020	3,250	3,990	1,800	3,040	3,790	2,140	3,480	4,350	3,480
2,250	3,220	3,690	2,190	3,000	3,440	2,500	3,440	3,930	3,440
3,090	3,610	4,050	2,840	3,360	3,720	3,260	3,830	4,240	3,830
3,160	3,700	4,280	2,940	3,410	3,990	3,340	3,880	4,560	3,880
3,320	4,400	6,700	3,080	4,050	6,260	3,470	4,520	6,770	4,520
5,400	9,030	11,520	5,000	8,730	11,210	5,380	9,240	11,810	9,240
9,220	10,070	11,190	9,140	9,960	10,990	9,660	10,570	11,630	10,570
9,070	9,770	10,480	8,910	9,610	10,350	9,510	10,290	11,040	10,290
8,730	9,740	10,530	8,600	9,570	10,390	9,160	10,200	10,970	10,200
9,150	10,350	11,190	9,000	10,180	11,030	9,570	10,770	11,620	10,770
9,160	9,980	11,100	9,060	9,900	11,040	9,600	10,510	11,660	10,510
8,740	10,350	12,120	8,650	10,200	11,980	9,250	10,820	12,700	10,820
10,490	11,450	12,370	10,350	11,330	12,280	11,070	12,040	12,970	12,040
9,520	11,270	12,450	9,440	11,180	12,330	9,970	11,890	13,130	11,890
8,620	9,850	11,270	8,510	9,770	11,190	9,040	10,360	11,860	10,360
8,980	10,010	10,930	8,910	9,920	10,840	9,520	10,550	11,500	10,550
8,260	9,020	10,190	8,220	9,010	10,190	8,770	9,610	10,890	9,610
8,290	9,150	10,410	8,190	9,040	9,980	8,770	9,690	10,790	9,690
8,560	9,320	10,070	8,450	9,240	10,060	9,040	9,860	10,670	9,860
8,970	10,040	11,720	9,010	10,010	11,790	9,570	10,660	12,540	10,660
10,360	11,340	11,890	10,420	11,410	12,040	11,040	12,060	12,750	12,060
9,150	10,550	12,050	9,110	10,540	12,100	9,670	11,160	12,760	11,160
9,060	9,690	10,370	9,050	9,670	10,360	9,620	10,310	11,090	10,310
9,320	10,160	11,170	9,270	10,090	11,130	9,830	10,720	11,830	10,720

9,200	9,780	10,450	9,120	9,710	10,420	9,630	10,230	10,950	10,230
9,300	10,020	10,550	9,310	10,040	10,510	9,670	10,530	11,140	10,530
9,410	9,950	10,470	9,490	9,990	10,510	10,030	10,550	11,100	10,550
9,410	9,960	10,660	9,500	10,010	10,770	10,030	10,580	11,300	10,580
9,400	10,150	10,930	9,520	10,220	10,870	10,070	10,850	11,530	10,850
9,990	10,740	11,690	10,140	10,880	11,750	10,570	11,290	12,150	11,290
9,920	10,550	11,720	10,000	10,670	11,820	10,400	11,010	12,220	11,010
9,920	10,670	11,670	10,000	10,770	11,800	10,270	11,060	12,160	11,060
9,880	11,110	12,220	9,970	11,120	12,040	10,220	11,510	12,640	11,510
10,180	11,120	12,040	10,230	11,100	12,140	10,510	11,410	12,400	11,410
10,190	11,110	12,030	10,220	11,110	11,950	10,370	11,380	12,310	11,380
10,080	10,860	11,610	10,080	10,890	11,640	10,300	11,120	11,900	11,120
10,300	11,260	12,060	10,290	11,250	12,040	10,480	11,470	12,320	11,470
3,840	5,130	11,350	3,700	4,960	11,310	3,670	4,990	11,460	5,130
3,410	4,210	4,900	3,330	4,050	4,670	3,260	4,050	4,700	4,210
3,280	6,230	10,400	3,190	6,170	10,600	3,140	6,120	10,520	6,230
9,450	10,370	11,360	9,550	10,520	11,600	9,510	10,460	11,510	10,520
9,620	10,460	11,250	9,820	10,700	11,440	9,720	10,650	11,410	10,700
9,110	10,500	11,670	9,200	10,610	11,790	9,170	10,650	11,830	10,650
9,350	10,330	11,040	9,480	10,380	11,100	9,540	10,500	11,230	10,500
9,240	10,080	11,130	9,270	10,110	11,190	9,400	10,230	11,300	10,230
8,780	9,830	10,750	8,800	9,910	10,880	8,870	9,980	10,940	9,980
9,450	10,390	11,520	9,430	10,420	11,630	9,540	10,530	11,690	10,530
8,850	10,170	11,600	8,830	10,120	11,640	8,920	10,250	11,740	10,250
8,730	9,720	10,710	8,780	9,800	10,880	8,870	9,880	10,970	9,880
9,100	9,910	10,880	9,180	9,970	10,890	9,260	10,060	10,990	10,060
9,560	10,120	10,860	9,520	10,110	10,840	9,660	10,240	10,990	10,240
8,780	9,730	10,570	8,700	9,690	10,590	8,830	9,820	10,720	9,820
9,170	10,150	11,060	9,090	10,100	11,000	9,240	10,230	11,170	10,230
9,600	10,600	11,770	9,540	10,520	11,670	9,670	10,660	11,800	10,660
9,810	10,660	11,540	9,780	10,590	11,430	9,910	10,740	11,560	10,740
9,400	10,190	10,990	9,330	10,120	10,930	9,530	10,290	11,070	10,290
9,290	10,030	10,880	9,230	10,010	10,860	9,380	10,180	11,070	10,180
9,710	10,990	12,030	9,640	10,920	12,080	9,750	11,060	12,110	11,060
9,880	10,750	11,730	9,790	10,620	11,640	9,980	10,820	11,850	10,820
9,890	10,890	11,810	9,700	10,710	11,610	9,960	10,930	11,890	10,930
10,210	11,280	13,230	9,990	11,070	12,940	10,220	11,330	13,270	11,330
9,880	10,940	11,780	9,700	10,750	11,640	9,920	10,990	11,930	10,990
10,220	11,180	12,290	10,070	11,030	12,160	10,290	11,290	12,400	11,290
8,790	10,300	12,510	8,680	10,180	12,390	8,840	10,400	12,690	10,400
8,760	9,580	10,550	8,630	9,430	10,410	8,870	9,670	10,660	9,670
8,600	9,700	10,650	8,500	9,550	10,500	8,710	9,810	10,770	9,810
8,810	9,550	10,440	8,680	9,390	10,280	8,910	9,650	10,510	9,650
8,630	9,520	10,350	8,500	9,390	10,200	8,730	9,630	10,450	9,630
8,900	9,670	10,430	8,760	9,540	10,340	8,970	9,760	10,590	9,760

8,500	9,450	10,510	8,450	9,370	10,400	8,600	9,580	10,670	9,580
8,330	9,360	10,530	8,350	9,320	10,560	8,470	9,490	10,710	9,490
3,630	7,610	10,500	4,090	7,710	10,470	3,960	7,760	10,620	7,760
3,340	3,900	4,530	3,710	4,290	5,140	3,580	4,300	5,150	4,300
3,380	3,820	4,380	3,740	4,240	4,940	3,850	4,350	5,060	4,350
3,530	4,400	5,290	3,880	5,010	6,280	3,940	5,020	6,200	5,020
3,370	3,950	5,490	4,060	4,670	6,680	4,010	4,630	6,570	4,670
3,280	3,870	4,530	3,920	4,550	5,380	3,830	4,520	5,420	4,550
3,320	4,010	5,170	4,000	4,710	6,030	3,930	4,710	6,140	4,710
4,250	6,360	10,320	4,920	6,810	10,380	4,980	6,980	10,630	6,980
9,190	10,540	11,590	9,200	10,630	11,750	9,490	10,870	11,950	10,870
9,240	10,530	11,600	9,280	10,620	11,640	9,590	10,940	11,930	10,940
9,420	10,410	11,280	9,430	10,440	11,250	9,820	10,800	11,740	10,800
8,960	10,060	10,750	8,890	10,080	10,690	9,340	10,510	11,190	10,510
9,400	10,280	11,100	9,410	10,260	11,110	9,850	10,740	11,550	10,740
8,960	9,960	10,810	8,980	9,980	10,810	9,380	10,470	11,310	10,470
7,030	10,270	13,170	6,920	10,250	13,220	7,330	10,720	13,780	10,720
7,390	8,390	9,450	7,300	8,310	9,370	7,720	8,750	9,860	8,750
7,530	8,190	8,850	7,450	8,130	8,770	7,880	8,570	9,270	8,570
7,420	8,340	9,160	7,400	8,310	9,140	7,770	8,750	9,650	8,750
7,210	7,950	8,570	7,250	7,970	8,550	7,560	8,350	8,980	8,350
7,400	8,410	9,120	7,380	8,390	9,100	7,740	8,830	9,530	8,830
7,990	8,600	9,150	7,880	8,520	9,070	8,340	9,020	9,590	9,020
7,840	8,600	9,150	7,800	8,540	9,170	8,300	9,060	9,670	9,060
8,130	8,920	9,430	8,110	8,910	9,480	8,590	9,430	9,980	9,430
8,070	8,940	9,610	8,050	8,870	9,570	8,550	9,380	10,100	9,380
8,180	8,930	9,400	8,100	8,880	9,370	8,550	9,360	9,890	9,360
7,180	8,190	9,280	7,130	8,130	9,240	7,490	8,540	9,690	8,540
7,000	8,060	8,980	7,100	8,090	9,040	7,370	8,410	9,460	8,410
6,200	7,520	9,050	6,340	7,610	9,090	6,520	7,900	9,500	7,900
5,930	6,500	7,060	6,190	6,700	7,300	6,320	6,880	7,430	6,880
5,820	6,360	7,100	6,020	6,590	7,260	6,190	6,760	7,420	6,760
5,960	6,470	6,940	6,070	6,650	7,130	6,280	6,840	7,360	6,840
5,680	6,350	6,930	5,860	6,520	7,190	6,020	6,760	7,310	6,760
5,620	6,150	6,640	5,730	6,290	6,830	6,040	6,590	7,110	6,590
5,510	6,670	8,130	5,640	6,810	8,320	5,920	7,110	8,650	7,110
6,780	8,140	10,190	6,870	8,270	10,240	7,130	8,610	10,790	8,610
9,150	10,120	11,150	9,210	10,180	11,200	9,680	10,710	11,760	10,710
7,700	8,660	11,420	7,750	8,720	11,500	8,200	9,160	12,040	9,160
7,470	8,260	9,250	7,490	8,290	9,270	7,920	8,730	9,700	8,730
6,930	7,930	8,840	7,030	8,000	8,940	7,400	8,430	9,410	8,430
3,670	7,440	8,650	4,400	7,560	8,710	4,620	7,920	9,120	7,920
3,360	4,100	5,290	4,330	5,570	7,330	4,480	5,400	6,990	5,570
3,200	3,960	4,940	4,620	5,540	7,040	4,430	5,340	6,780	5,540
3,160	4,340	7,180	4,450	5,770	7,420	4,280	5,680	7,660	5,770

6,670	8,000	9,260	6,870	8,080	9,250	7,130	8,410	9,640	8,410
8,280	9,190	10,140	8,270	9,220	10,130	8,670	9,680	10,570	9,680
8,720	9,440	10,430	8,780	9,450	10,420	9,140	9,920	10,940	9,920
7,410	9,570	10,610	7,620	9,580	10,560	7,850	10,050	11,190	10,050
6,750	7,510	8,260	6,900	7,720	8,490	7,130	7,910	8,650	7,910
6,450	7,050	7,750	6,660	7,280	7,970	6,810	7,470	8,220	7,470
6,330	6,980	7,770	6,520	7,180	7,960	6,770	7,430	8,200	7,430
6,200	6,810	7,590	6,350	6,990	7,800	6,640	7,280	8,110	7,280
6,290	6,820	7,490	6,430	7,000	7,650	6,730	7,270	7,950	7,270
6,400	6,970	7,570	6,520	7,150	7,670	6,810	7,410	7,970	7,410
6,520	8,730	10,160	6,700	8,780	10,120	6,890	9,110	10,570	9,110
8,510	9,290	10,030	8,420	9,270	10,110	8,810	9,650	10,460	9,650
7,620	9,090	10,470	7,650	9,100	10,490	7,940	9,410	10,800	9,410
7,260	8,380	9,080	7,240	8,390	9,140	7,550	8,720	9,430	8,720
7,000	7,740	8,640	7,060	7,810	8,610	7,340	8,110	9,010	8,110
7,550	8,180	8,840	7,620	8,200	8,830	7,880	8,530	9,180	8,530
6,700	8,340	9,020	6,680	8,320	9,000	7,000	8,720	9,430	8,720
6,890	8,160	9,220	6,950	8,220	9,280	7,260	8,550	9,700	8,550
6,700	8,170	9,180	6,710	8,180	9,160	6,980	8,520	9,520	8,520
7,530	8,150	8,860	7,510	8,140	8,850	7,890	8,510	9,210	8,510
7,550	8,110	8,800	7,460	8,120	8,820	7,840	8,480	9,190	8,480
7,460	8,060	8,880	7,520	8,090	8,860	7,830	8,430	9,230	8,430
7,860	8,460	9,180	7,970	8,550	9,260	8,280	8,880	9,640	8,880
7,920	8,550	9,510	7,940	8,670	9,600	8,310	9,020	9,980	9,020
8,190	8,790	9,660	8,300	8,990	9,830	8,610	9,270	10,140	9,270
8,210	9,190	10,150	8,350	9,320	10,290	8,610	9,720	10,730	9,720
8,640	9,790	11,200	8,770	9,910	11,310	9,140	10,370	11,780	10,370
8,560	10,470	11,880	8,750	10,670	12,040	9,160	11,140	12,550	11,140
5,420	9,230	11,080	5,280	9,380	11,400	5,620	9,800	11,950	9,800
3,440	4,320	6,570	3,260	4,090	6,400	3,520	4,480	6,850	4,480
2,040	3,680	4,580	1,920	3,490	4,560	2,330	3,950	4,870	3,950
2,700	3,570	6,790	2,580	3,370	6,810	2,960	3,840	7,270	3,840
3,330	3,810	4,300	3,180	3,600	4,040	3,470	4,020	4,440	4,020
3,360	4,000	4,940	3,160	3,750	4,540	3,330	4,150	4,980	4,150
3,170	4,040	4,750	2,950	3,700	4,260	3,180	4,030	4,640	4,040
3,980	5,950	10,220	3,680	5,590	10,030	3,950	5,960	10,410	5,960
9,270	10,110	10,880	9,240	10,140	10,920	9,630	10,580	11,420	10,580
9,850	10,640	11,180	9,910	10,770	11,310	10,380	11,310	11,890	11,310
9,630	10,300	11,010	9,640	10,360	11,100	10,180	10,910	11,720	10,910
9,340	10,310	10,950	9,380	10,310	10,950	9,970	10,850	11,530	10,850
9,110	9,930	10,340	9,210	9,920	10,480	9,640	10,460	11,120	10,460
8,650	9,610	10,000	8,750	9,670	10,060	9,170	10,120	10,580	10,120
8,490	9,750	10,760	8,560	9,800	10,900	8,940	10,260	11,400	10,260
7,600	8,380	9,140	7,580	8,380	9,170	7,930	8,800	9,730	8,800
7,700	8,250	8,780	7,730	8,280	8,830	8,120	8,720	9,310	8,720

7,860	8,540	9,420	7,950	8,600	9,460	8,320	9,070	10,070	9,070
8,760	9,630	10,360	8,820	9,620	10,390	9,230	10,170	10,960	10,170
8,860	9,660	10,420	8,880	9,690	10,470	9,390	10,290	11,120	10,290
8,580	9,770	11,120	8,690	9,880	11,290	9,230	10,440	11,960	10,440
9,830	10,770	11,770	10,060	10,940	11,940	10,550	11,530	12,660	11,530
10,030	10,900	11,990	10,160	10,990	12,000	10,700	11,620	12,780	11,620
10,120	11,100	11,950	10,110	11,140	11,920	10,660	11,770	12,650	11,770
10,560	11,440	12,600	10,610	11,490	12,600	11,120	12,040	13,200	12,040
11,050	12,090	13,300	11,110	12,170	13,450	11,740	12,770	14,020	12,770
10,750	11,960	13,480	10,810	12,060	13,620	11,350	12,630	14,420	12,630
10,780	11,570	12,290	10,820	11,650	12,360	11,330	12,190	12,960	12,190
10,720	11,650	12,400	10,840	11,830	12,650	11,330	12,360	13,150	12,360
10,890	11,810	12,550	11,090	12,030	12,730	11,550	12,550	13,270	12,550
9,740	11,150	16,570	9,810	11,300	16,870	10,210	11,760	17,130	11,760
10,860	11,680	12,720	11,040	11,900	13,030	11,510	12,440	13,600	12,440
10,830	11,800	13,150	10,960	11,970	13,410	11,460	12,490	14,020	12,490
10,020	11,210	12,440	10,150	11,290	12,500	10,380	11,650	12,950	11,650
9,880	10,610	11,390	9,990	10,710	11,510	10,240	10,990	11,850	10,990
10,320	11,600	13,180	10,510	11,800	13,510	10,770	12,070	13,770	12,070
8,250	10,010	12,720	8,420	10,210	13,060	8,520	10,360	13,240	10,360
8,420	9,130	9,830	8,560	9,260	9,990	8,660	9,390	10,160	9,390
2,860	5,020	9,410	2,920	5,050	9,430	2,820	5,040	9,550	5,050
2,750	3,270	3,960	2,950	3,470	4,120	2,820	3,390	4,190	3,470
3,000	3,540	4,520	3,170	3,710	4,640	3,140	3,730	4,590	3,730
3,130	3,850	4,590	3,260	4,020	4,840	3,230	3,960	4,640	4,020
3,970	5,850	10,280	4,170	5,960	10,320	3,960	5,780	10,040	5,960
8,660	9,690	10,690	8,750	9,840	10,930	8,490	9,580	10,660	9,840
9,550	10,690	11,930	9,700	10,860	12,080	9,520	10,790	12,140	10,860
9,650	10,420	11,420	9,780	10,560	11,580	9,780	10,600	11,570	10,600
9,520	10,370	11,350	9,640	10,490	11,550	9,660	10,550	11,620	10,550
9,340	10,360	11,360	9,440	10,440	11,450	9,490	10,530	11,540	10,530
9,410	10,430	11,600	9,570	10,490	11,630	9,620	10,590	11,730	10,590
10,050	10,870	11,910	10,070	10,900	11,910	10,120	11,010	12,040	11,010
9,340	10,590	12,170	9,490	10,660	12,180	9,590	10,780	12,340	10,780
9,680	11,180	13,300	9,780	11,270	13,390	9,870	11,420	13,630	11,420
10,700	11,680	12,770	10,850	11,760	12,840	11,020	11,960	13,080	11,960
10,750	11,700	12,630	10,880	11,840	12,780	11,030	12,010	12,980	12,010
10,670	12,080	12,990	10,750	12,160	13,040	10,880	12,380	13,320	12,380
10,460	11,710	13,250	10,510	11,780	13,280	10,740	12,060	13,630	12,060
10,280	11,450	12,580	10,390	11,550	12,660	10,620	11,780	12,940	11,780
10,640	11,620	12,720	10,670	11,790	12,910	10,850	12,010	13,170	12,010
10,290	11,620	13,420	10,150	11,680	13,500	10,310	11,920	13,770	11,920
9,640	10,820	12,510	9,640	10,880	12,650	9,790	11,020	12,710	11,020
10,050	11,160	12,240	10,130	11,300	12,480	10,170	11,350	12,580	11,350
9,680	10,780	11,900	9,730	10,860	11,960	9,890	11,010	12,210	11,010

9,780	10,960	12,080	9,800	10,990	12,000	9,970	11,150	12,240	11,150
9,680	10,580	11,760	9,660	10,550	11,670	9,830	10,750	11,970	10,750
9,270	10,410	11,770	9,280	10,410	11,730	9,410	10,550	11,940	10,550
9,110	10,150	11,110	9,090	10,140	11,140	9,240	10,320	11,350	10,320
9,230	10,140	10,790	9,350	10,180	10,880	9,600	10,400	11,080	10,400
9,270	9,860	10,580	9,330	9,950	10,600	9,500	10,140	10,810	10,140
9,170	10,510	12,090	9,200	10,580	12,140	9,390	10,770	12,380	10,770
10,350	11,410	12,620	10,430	11,530	12,730	10,550	11,710	12,930	11,710
9,410	11,050	13,100	9,430	11,100	13,240	9,540	11,250	13,340	11,250
9,590	10,730	11,930	9,650	10,810	12,020	9,850	11,020	12,230	11,020
9,720	10,920	12,100	9,800	11,010	12,180	9,940	11,200	12,420	11,200
10,330	11,410	13,090	10,370	11,480	13,190	10,500	11,640	13,420	11,640
10,170	11,390	13,530	10,280	11,480	13,600	10,350	11,570	13,740	11,570
10,310	11,150	12,220	10,360	11,270	12,390	10,470	11,340	12,410	11,340
4,850	7,510	13,370	4,820	7,510	13,510	5,000	7,680	13,580	7,680
3,160	4,010	5,970	3,330	4,180	5,910	3,660	4,530	6,170	4,530
3,010	3,780	5,050	3,410	4,240	5,610	3,640	4,590	6,110	4,590
3,260	3,990	4,770	3,630	4,620	5,480	4,050	5,170	6,210	5,170
2,760	3,600	4,950	3,390	4,300	5,770	3,820	4,930	6,700	4,930
3,440	4,380	5,490	4,120	4,980	6,000	4,880	5,950	7,200	5,950
4,000	4,640	5,090	4,560	5,240	5,760	5,370	6,230	6,790	6,230
4,030	5,040	6,000	4,180	5,240	6,010	5,060	6,260	7,100	6,260
3,660	5,040	6,650	4,170	5,300	6,850	4,370	6,230	8,110	6,230
3,220	4,500	6,910	3,900	5,290	7,560	3,610	5,490	8,060	5,490
3,800	5,040	7,060	4,520	5,870	7,980	4,510	6,100	8,710	6,100
3,160	4,740	7,140	3,950	5,560	8,310	3,910	5,840	8,770	5,840
3,700	4,840	7,180	4,060	5,330	7,230	4,290	5,740	8,170	5,740
4,610	5,520	7,370	4,530	5,490	6,830	5,200	6,220	8,020	6,220
4,140	5,350	7,050	4,280	5,370	7,000	4,920	6,140	7,790	6,140
2,740	5,080	6,730	3,050	5,260	6,640	3,250	5,890	7,600	5,890
2,960	4,430	5,960	3,290	4,870	6,670	3,470	5,260	7,220	5,260
2,940	4,230	7,190	3,110	4,550	7,290	3,250	5,000	8,160	5,000
3,420	4,480	5,790	3,670	4,810	6,420	3,840	5,180	6,990	5,180
3,660	4,800	5,840	3,930	5,350	6,650	4,000	5,510	6,980	5,510
3,090	5,280	6,740	3,400	5,840	7,450	3,760	6,220	7,860	6,220
3,320	4,800	8,010	3,710	5,260	8,640	3,990	5,810	9,400	5,810
3,430	5,080	7,660	3,830	5,470	7,890	4,140	6,040	8,720	6,040
3,360	4,910	6,250	3,660	5,360	7,090	3,850	5,840	7,710	5,840
3,050	4,390	6,800	3,440	4,900	7,850	3,620	5,230	8,250	5,230
2,690	4,190	6,530	2,600	4,460	6,920	3,020	4,990	7,650	4,990
2,840	3,690	4,640	2,730	3,710	5,090	3,190	4,300	5,650	4,300
2,850	4,050	5,340	3,050	4,300	6,050	3,410	4,760	6,420	4,760
3,550	4,790	8,180	3,660	4,940	8,080	4,180	5,700	9,090	5,700
3,050	4,910	6,910	3,180	4,840	7,050	3,680	5,730	7,960	5,730
3,380	4,830	6,790	3,370	4,930	6,590	4,110	5,690	7,570	5,690

3,000	5,290	7,620	3,100	5,480	7,680	3,790	6,260	8,760	6,260
3,190	4,210	6,300	2,980	4,160	6,260	3,730	4,970	7,040	4,970
3,250	4,420	9,000	3,270	4,240	9,040	3,750	5,070	9,960	5,070
2,430	3,920	5,840	2,260	3,800	5,240	2,800	4,530	6,410	4,530
3,140	4,140	5,930	3,160	4,150	5,310	3,700	4,800	6,550	4,800
3,570	4,360	5,130	3,510	4,160	4,800	4,170	4,940	5,770	4,940
3,500	4,750	7,660	3,310	4,540	7,020	4,100	5,270	8,250	5,270
3,140	4,740	7,460	3,110	4,640	7,340	3,750	5,380	8,290	5,380
3,550	5,700	8,360	3,580	5,650	8,110	4,090	6,540	9,080	6,540
3,490	5,570	7,160	3,670	5,610	7,200	4,240	6,550	8,270	6,550
3,820	4,850	7,610	3,950	4,990	7,730	4,490	5,910	8,750	5,910
3,400	4,500	5,600	3,550	4,600	5,590	4,240	5,550	6,790	5,550
3,130	4,640	7,950	3,200	4,710	7,790	3,740	5,440	8,890	5,440
3,940	5,350	8,420	4,110	5,610	8,560	4,190	6,140	9,610	6,140
4,140	6,090	8,850	4,240	6,280	8,860	4,630	6,870	9,910	6,870
4,700	6,160	7,780	4,680	6,390	8,440	5,110	7,020	9,190	7,020
4,970	6,320	8,680	4,940	6,630	9,140	5,090	7,220	9,810	7,220
5,240	6,410	8,930	5,370	6,760	9,500	5,710	7,320	10,450	7,320
5,660	6,780	7,910	6,120	7,020	8,060	6,760	7,790	9,060	7,790
5,160	6,340	7,940	5,310	6,540	8,110	6,000	7,300	9,080	7,300
5,360	6,800	8,180	5,530	6,970	8,510	6,240	7,790	9,480	7,790
4,440	7,080	10,170	4,470	7,000	9,620	4,880	7,810	10,900	7,810
4,480	5,740	8,510	4,520	5,720	8,090	4,940	6,470	9,230	6,470
4,310	5,380	6,950	4,420	5,520	7,100	5,060	6,430	8,720	6,430
3,440	4,750	6,590	3,720	4,850	6,640	4,230	5,740	7,620	5,740
3,770	4,710	5,670	3,870	4,840	5,930	4,660	5,720	6,900	5,720
2,580	4,060	5,020	2,800	4,310	5,260	3,550	5,100	6,000	5,100
2,320	3,190	3,970	2,680	3,500	4,180	3,290	4,260	5,170	4,260
2,370	3,460	4,460	2,230	3,640	4,870	2,820	4,430	5,990	4,430
2,050	3,070	4,660	1,930	2,810	4,050	2,440	3,780	5,440	3,780
2,040	3,020	4,450	1,630	2,560	3,730	2,250	3,650	5,230	3,650
2,130	3,170	5,150	1,500	2,800	4,720	2,180	3,820	5,980	3,820
2,240	3,060	4,010	2,320	3,140	4,060	2,750	3,790	4,970	3,790
1,640	2,640	4,190	1,570	2,700	4,060	1,650	3,270	5,140	3,270
1,660	2,330	3,890	1,670	2,240	3,510	1,780	3,000	4,850	3,000
1,860	2,310	2,960	1,490	2,020	2,990	2,130	2,870	3,810	2,870
1,830	2,440	3,510	1,620	2,500	3,750	1,640	2,840	4,230	2,840
2,030	2,840	5,040	2,230	3,210	5,590	2,100	3,050	5,040	3,210
2,610	4,220	6,420	2,820	4,480	6,710	2,480	4,330	6,640	4,480
3,080	4,310	5,660	3,190	4,470	5,990	3,060	4,600	5,990	4,600
2,960	4,140	6,870	2,580	3,910	6,770	3,090	4,440	7,120	4,440
3,000	3,970	5,260	2,520	3,570	5,050	3,210	4,380	6,010	4,380
3,420	4,250	5,750	3,070	4,030	5,620	3,740	4,740	6,350	4,740
3,260	4,120	5,490	2,950	3,880	5,240	3,630	4,590	6,080	4,590
3,520	4,460	6,220	3,140	4,040	5,380	3,770	4,860	6,430	4,860

2,910	4,590	5,950	2,610	4,120	5,240	3,080	4,950	6,210	4,950
3,430	4,590	5,890	3,120	4,310	5,560	3,730	5,020	6,610	5,020
3,380	4,400	5,750	3,250	4,150	5,730	3,640	4,730	5,930	4,730
3,320	4,810	5,990	3,130	4,470	5,500	3,640	5,210	6,360	5,210
2,940	3,940	5,900	2,690	3,680	5,540	3,170	4,310	6,510	4,310
3,050	3,600	4,790	2,590	3,270	4,370	3,280	4,020	5,340	4,020
2,880	3,630	4,550	2,480	3,370	4,200	3,280	4,170	5,100	4,170
3,210	4,320	6,020	2,860	3,900	5,380	3,640	4,950	6,610	4,950
3,270	4,530	5,950	2,980	4,150	5,480	3,710	5,130	6,480	5,130
3,260	4,550	6,190	2,880	4,110	5,460	3,690	5,080	6,640	5,080
3,610	4,540	5,770	3,180	4,090	5,010	4,070	5,040	6,070	5,040
3,950	4,560	5,500	3,480	4,140	5,250	4,310	5,080	6,120	5,080
3,730	4,470	5,300	3,280	3,950	4,860	4,150	4,910	5,790	4,910
3,370	4,180	5,740	3,180	3,790	4,940	3,830	4,730	6,110	4,730
2,730	3,810	5,170	2,500	3,490	4,860	3,160	4,370	5,880	4,370
3,110	3,980	5,280	2,820	3,620	4,850	3,480	4,570	5,950	4,570
2,980	4,310	5,310	2,710	3,980	5,010	3,310	4,800	5,920	4,800
3,380	4,890	5,920	3,100	4,500	5,480	3,580	5,290	6,350	5,290
4,040	4,980	6,390	3,760	4,640	5,930	4,150	5,330	6,880	5,330
4,020	4,530	5,610	3,500	4,140	5,330	4,390	4,980	6,140	4,980
3,430	4,330	5,390	3,050	3,930	4,720	3,630	4,750	5,720	4,750
3,610	4,730	5,500	2,990	4,250	5,170	3,800	5,160	6,100	5,160
4,120	4,830	5,380	3,890	4,610	5,160	4,430	5,290	5,930	5,290
3,940	4,790	5,720	3,800	4,700	5,560	4,520	5,360	6,380	5,360
3,690	4,590	5,270	3,520	4,520	5,170	4,120	5,120	5,920	5,120
3,750	4,490	5,040	3,600	4,390	4,930	4,320	4,940	5,500	4,940
3,840	4,660	5,650	3,680	4,540	5,500	4,260	5,000	6,200	5,000
4,240	4,780	5,580	4,000	4,680	5,380	4,220	5,060	6,010	5,060
3,940	4,730	6,040	3,850	4,600	5,800	4,130	4,960	6,460	4,960
3,850	4,610	5,700	3,790	4,540	5,550	3,910	4,970	6,040	4,970
3,020	4,160	5,290	3,110	4,180	5,130	3,080	4,610	5,920	4,610
3,290	3,970	5,150	3,360	4,050	5,070	3,350	4,390	5,870	4,390
2,930	3,730	5,370	2,990	3,800	5,340	3,070	4,200	5,620	4,200
3,000	3,680	4,770	3,020	3,810	4,620	3,300	4,140	5,310	4,140
2,670	3,220	12,220	2,800	3,420	13,010	2,820	3,590	12,780	3,590
2,630	3,370	4,330	2,920	3,710	4,630	2,800	3,860	5,050	3,860
2,660	3,330	4,650	2,910	3,610	4,680	2,890	3,750	5,270	3,750
2,640	3,480	5,130	2,820	3,650	5,270	2,910	4,030	5,540	4,030
2,560	3,150	4,470	2,790	3,340	4,550	2,880	3,650	5,130	3,650
2,750	3,420	4,730	2,850	3,580	4,810	3,000	3,890	5,410	3,890
2,640	3,360	4,370	2,690	3,510	4,460	2,810	3,810	5,010	3,810
3,250	3,950	5,270	3,390	4,070	5,280	3,480	4,310	5,700	4,310
3,300	4,180	5,330	3,360	4,290	5,440	3,460	4,520	5,860	4,520
3,430	4,220	5,980	3,610	4,380	6,000	3,860	4,620	6,210	4,620
2,910	3,800	4,570	3,170	4,160	4,840	3,420	4,460	5,210	4,460



2,480	3,290	4,310	3,050	3,790	4,640	3,310	4,120	4,970	4,120
2,320	3,230	4,630	2,580	3,700	5,170	2,650	4,000	5,560	4,000
2,520	3,190	4,570	3,020	3,720	4,980	3,280	4,060	5,470	4,060
2,350	3,350	4,880	2,490	3,830	5,270	2,670	4,150	5,790	4,150
2,180	3,160	4,430	2,350	3,750	5,050	2,530	4,080	5,460	4,080
2,490	3,140	4,660	2,800	3,640	5,080	2,980	3,980	5,510	3,980
2,290	2,860	4,400	2,420	3,160	4,770	2,450	3,360	5,220	3,360
2,330	3,030	4,570	2,570	3,310	4,980	2,260	3,170	5,110	3,310
2,720	3,300	4,250	2,730	3,550	4,840	2,500	3,390	4,900	3,550
2,520	3,500	4,480	2,420	3,730	4,890	2,380	3,680	5,230	3,730
2,440	3,270	5,350	2,350	3,720	5,470	2,330	3,880	5,490	3,880
2,490	3,130	4,410	2,780	3,650	5,170	2,900	3,860	5,390	3,860
2,440	3,040	4,490	2,640	3,500	4,860	2,810	3,710	5,090	3,710
2,480	3,330	4,110	2,670	3,860	4,860	2,690	4,070	5,070	4,070
3,220	3,750	4,420	3,340	4,140	5,020	3,470	4,320	5,210	4,320
2,790	3,660	5,350	3,000	4,180	5,640	2,930	4,310	5,750	4,310
2,400	3,100	4,770	2,660	3,680	5,050	2,600	3,720	4,810	3,720
2,320	3,090	4,410	2,630	3,590	4,990	2,550	3,610	5,220	3,610
2,710	3,400	4,250	3,030	3,810	4,810	2,970	3,800	4,870	3,810
3,090	3,810	5,020	3,410	4,210	5,420	3,330	4,190	5,650	4,210
3,420	4,250	5,500	3,640	4,620	5,870	3,630	4,700	6,120	4,700
3,230	4,390	5,510	3,330	4,710	5,960	3,340	4,850	6,150	4,850
3,430	4,600	6,440	3,490	4,770	6,520	3,580	4,990	6,900	4,990
3,870	5,040	6,850	4,120	5,330	6,930	4,140	5,390	7,100	5,390
3,760	4,920	6,710	4,180	5,270	6,690	3,980	5,250	6,980	5,270
3,480	4,660	6,050	3,970	5,130	6,290	3,660	5,100	6,530	5,130
3,840	5,680	7,370	4,460	6,060	7,610	4,230	6,170	7,850	6,170
4,830	7,590	11,670	5,280	7,910	12,050	5,220	8,090	12,030	8,090
8,540	9,870	11,600	8,890	10,190	12,020	9,010	10,350	12,150	10,350
8,000	9,160	10,470	8,270	9,460	10,780	8,520	9,650	10,910	9,650
8,260	9,940	11,980	8,610	10,220	12,260	8,920	10,530	12,650	10,530
8,400	9,600	11,270	8,560	9,840	11,570	8,770	10,090	11,800	10,090
7,300	9,230	11,980	7,440	9,410	12,160	7,600	9,620	12,530	9,620
7,090	8,130	8,960	7,210	8,240	9,100	7,410	8,490	9,370	8,490
7,710	8,750	9,780	7,440	8,560	9,640	7,900	9,050	10,190	9,050
7,960	9,230	10,540	7,820	9,030	10,320	8,230	9,510	10,890	9,510
7,920	9,060	10,970	7,690	8,850	10,770	8,170	9,350	11,410	9,350
8,910	10,690	13,090	8,600	10,420	12,830	9,160	11,000	13,430	11,000
4,610	7,170	9,950	4,760	7,100	9,620	5,080	7,450	10,190	7,450
7,100	8,820	10,220	6,920	8,660	10,030	7,340	9,120	10,560	9,120
8,470	9,260	10,430	8,240	9,060	10,190	8,830	9,630	10,800	9,630
8,740	9,460	10,290	8,430	9,160	10,040	9,060	9,790	10,680	9,790
8,370	9,520	10,770	8,070	9,240	10,450	8,650	9,870	11,160	9,870
7,690	9,210	10,390	7,500	8,950	10,140	7,980	9,520	10,700	9,520
8,000	9,200	10,170	7,790	8,940	9,960	8,290	9,550	10,650	9,550

8,140	9,140	10,350	7,840	8,860	10,050	8,420	9,440	10,710	9,440
5,480	8,140	10,700	5,630	8,030	10,460	6,070	8,480	11,080	8,480
7,220	8,650	10,190	7,070	8,510	9,960	7,420	8,880	10,420	8,880
8,330	9,590	10,940	8,170	9,450	10,740	8,640	9,920	11,270	9,920
8,300	9,480	10,930	8,230	9,430	10,980	8,550	9,740	11,260	9,740
8,100	9,190	11,440	7,960	9,110	11,420	8,360	9,470	11,890	9,470
9,440	10,730	12,120	9,360	10,690	12,240	9,660	11,110	12,650	11,110
5,100	7,330	12,300	4,870	7,150	12,060	5,340	7,660	12,740	7,660
4,890	5,620	6,220	4,730	5,440	6,060	5,180	5,940	6,550	5,940
4,960	5,530	6,080	4,780	5,340	5,940	5,210	5,790	6,420	5,790
4,760	5,830	6,520	4,560	5,610	6,300	4,940	6,080	6,800	6,080
5,560	6,200	6,830	5,310	6,000	6,670	5,810	6,470	7,210	6,470
5,990	6,530	7,150	5,830	6,380	7,030	6,270	6,840	7,480	6,840
2,470	4,950	6,730	2,430	4,860	6,600	2,380	5,100	7,110	5,100
4,610	6,710	8,910	4,520	6,470	8,590	4,710	6,820	9,060	6,820
3,140	6,280	9,160	3,760	6,300	8,860	3,970	6,720	9,370	6,720
3,110	3,890	4,840	3,510	4,300	5,240	3,790	4,670	5,700	4,670
3,110	3,730	4,540	3,590	4,170	4,890	3,970	4,560	5,460	4,560
3,000	3,740	4,570	3,310	4,110	4,910	3,740	4,560	5,460	4,560
3,440	5,690	8,520	3,720	5,660	8,270	4,170	6,160	8,810	6,160
7,130	8,510	9,890	6,990	8,350	9,710	7,410	8,840	10,270	8,840
7,870	9,100	10,220	7,680	8,890	10,010	8,150	9,470	10,680	9,470
8,100	8,970	10,100	7,850	8,710	9,840	8,320	9,300	10,490	9,300
8,520	9,440	10,210	8,250	9,150	9,940	8,800	9,760	10,610	9,760
8,340	9,260	10,360	8,040	8,970	10,020	8,610	9,540	10,630	9,540
7,830	8,800	9,700	7,630	8,560	9,490	8,110	9,110	10,050	9,110
7,810	8,750	10,210	7,630	8,480	9,890	8,050	9,010	10,520	9,010
7,660	8,730	9,680	7,340	8,460	9,400	7,880	9,030	10,010	9,030
8,110	9,430	12,720	7,840	9,200	12,520	8,370	9,810	13,280	9,810
8,120	9,040	10,260	7,940	8,790	10,020	8,430	9,380	10,650	9,380
8,080	9,470	10,510	7,830	9,230	10,330	8,410	9,810	10,900	9,810
7,710	8,900	10,630	7,450	8,630	10,300	7,940	9,200	10,970	9,200
8,140	9,190	10,080	7,910	8,960	9,840	8,430	9,500	10,410	9,500
8,230	9,090	10,220	8,010	8,900	10,060	8,600	9,500	10,690	9,500
7,530	8,470	9,580	7,390	8,300	9,400	7,900	8,920	10,080	8,920
7,610	8,390	9,230	7,470	8,250	9,080	8,000	8,830	9,680	8,830
7,340	8,100	8,850	7,320	8,040	8,760	7,810	8,550	9,330	8,550
7,700	8,690	9,840	7,630	8,620	9,720	8,040	9,070	10,250	9,070
8,130	8,900	9,670	8,100	8,840	9,600	8,560	9,310	10,110	9,310
8,100	9,170	10,120	8,060	9,120	10,080	8,470	9,590	10,580	9,590
8,540	10,060	12,830	8,490	10,000	12,750	8,970	10,450	13,180	10,450
9,730	10,850	11,990	9,760	10,870	12,030	10,140	11,340	12,510	11,340
8,280	9,400	11,550	8,260	9,320	11,590	8,670	9,810	12,060	9,810
7,570	8,500	9,440	7,540	8,500	9,470	7,920	8,920	9,910	8,920
7,660	8,520	9,570	7,680	8,560	9,520	8,150	9,060	10,070	9,060

7,470	8,510	9,450	7,580	8,570	9,450	8,000	9,040	10,050	9,040
7,900	9,120	10,240	8,020	9,350	10,570	8,380	9,660	10,830	9,660
7,830	8,910	10,030	7,880	9,140	10,350	8,320	9,540	10,780	9,540
4,030	8,250	10,170	3,500	8,360	10,450	3,950	8,790	10,880	8,790
3,960	4,470	5,110	3,580	3,970	4,530	4,080	4,490	5,190	4,490
2,580	4,020	5,580	2,380	3,590	5,090	2,690	3,980	5,510	4,020
2,720	4,080	4,740	2,370	3,620	4,420	2,610	3,960	4,570	4,080
3,270	3,980	5,090	2,780	3,560	4,430	3,070	3,820	4,740	3,980
3,610	5,300	6,300	2,980	4,720	5,660	3,350	4,990	5,930	5,300
4,990	7,330	10,830	4,420	6,800	10,370	4,680	7,200	10,970	7,330
9,060	10,290	11,270	8,870	10,020	10,970	9,340	10,630	11,680	10,630
9,170	10,160	11,390	8,950	10,010	11,250	9,560	10,760	12,120	10,760
8,850	10,300	11,270	8,630	10,120	11,050	9,380	10,890	11,830	10,890
8,960	10,060	11,110	8,720	9,790	10,750	9,400	10,550	11,590	10,550
8,350	9,930	10,960	8,070	9,660	10,750	8,620	10,320	11,390	10,320
8,970	9,790	10,650	8,710	9,540	10,290	9,220	10,080	10,910	10,080
8,470	9,720	11,340	8,240	9,530	11,020	8,860	10,210	11,850	10,210
8,520	9,380	10,630	8,330	9,200	10,440	8,930	9,910	11,240	9,910
8,490	9,470	10,510	8,280	9,260	10,270	9,030	10,060	11,110	10,060
8,440	9,250	10,140	8,300	9,070	9,940	8,970	9,790	10,740	9,790
8,240	9,130	9,880	8,110	9,010	9,750	8,670	9,650	10,430	9,650
8,570	9,360	10,370	8,380	9,200	10,330	8,970	9,890	11,100	9,890
8,220	9,110	10,420	8,210	9,000	10,350	8,830	9,660	11,100	9,660
8,170	9,110	9,940	8,040	8,990	9,790	8,620	9,630	10,600	9,630
8,050	8,920	9,630	7,860	8,770	9,440	8,460	9,410	10,070	9,410
7,890	8,910	9,810	7,650	8,740	9,680	8,300	9,390	10,330	9,390
7,810	8,960	9,740	7,610	8,780	9,590	8,240	9,470	10,420	9,470
8,420	9,300	10,250	8,320	9,190	10,160	8,910	9,850	10,910	9,850
8,160	8,920	9,740	8,060	8,840	9,660	8,580	9,450	10,310	9,450
8,170	8,900	9,940	8,060	8,790	9,790	8,570	9,400	10,460	9,400
8,310	9,390	11,030	8,230	9,360	11,040	8,840	9,930	11,540	9,930
8,790	9,710	10,610	8,750	9,790	10,650	9,160	10,220	11,150	10,220
8,910	11,020	12,560	9,030	11,170	12,650	9,450	11,560	13,150	11,560
10,020	11,150	12,910	10,240	11,370	13,160	10,590	11,710	13,590	11,710
9,560	10,740	12,140	9,830	10,960	12,300	10,100	11,290	12,650	11,290
9,690	10,570	11,700	10,040	10,830	11,880	10,290	11,140	12,290	11,140
5,390	10,190	12,630	5,090	10,250	12,750	5,380	10,550	13,060	10,550
3,490	4,450	6,850	3,350	4,240	6,470	3,420	4,410	6,790	4,450
3,600	4,180	5,530	3,360	3,930	5,280	3,510	4,130	5,550	4,180
5,080	8,420	10,980	4,850	8,340	10,980	5,120	8,550	11,160	8,550
9,380	10,260	11,290	9,440	10,340	11,400	9,620	10,540	11,630	10,540
9,770	10,770	11,630	9,900	10,890	11,770	10,050	11,070	11,990	11,070
9,590	10,650	11,800	9,740	10,810	11,980	9,800	10,900	12,120	10,900
10,080	10,750	11,470	10,310	10,980	11,750	10,290	10,960	11,680	10,980
9,880	10,860	11,750	10,020	11,080	11,990	10,000	11,070	11,980	11,080

9,300	10,430	11,780	9,400	10,600	12,000	9,390	10,570	12,010	10,600
9,000	9,980	11,180	9,080	10,060	11,320	9,080	10,160	11,370	10,160
9,380	10,400	11,420	9,390	10,430	11,370	9,530	10,570	11,570	10,570
8,980	10,550	11,430	9,180	10,570	11,460	9,330	10,730	11,620	10,730
9,300	10,170	11,350	9,360	10,180	11,310	9,410	10,290	11,480	10,290
9,010	9,910	10,790	9,020	9,950	10,850	9,110	10,040	10,970	10,040
9,150	9,940	10,630	9,240	9,990	10,640	9,300	10,120	10,800	10,120
9,110	10,120	11,130	9,180	10,190	11,180	9,270	10,300	11,300	10,300
8,910	9,910	11,010	9,000	9,980	11,050	9,060	10,080	11,210	10,080
9,460	10,080	10,680	9,480	10,060	10,660	9,540	10,210	10,790	10,210
8,980	9,740	10,380	9,010	9,770	10,450	9,090	9,880	10,550	9,880
9,130	9,900	10,620	9,230	9,920	10,660	9,320	10,070	10,870	10,070
9,050	9,970	10,720	9,040	9,950	10,690	9,180	10,130	10,840	10,130
9,410	10,140	11,070	9,370	10,060	10,960	9,550	10,290	11,180	10,290
9,330	10,400	11,610	9,250	10,320	11,560	9,510	10,560	11,790	10,560
9,580	10,620	11,810	9,530	10,590	11,730	9,660	10,750	12,030	10,750
9,590	10,700	11,780	9,620	10,740	11,870	9,730	10,810	11,880	10,810
9,440	10,390	11,600	9,470	10,440	11,670	9,570	10,540	11,700	10,540
9,520	10,690	11,760	9,570	10,770	11,880	9,700	10,900	11,980	10,900
10,130	10,940	11,730	10,090	10,950	11,800	10,330	11,140	12,110	11,140
9,590	10,500	11,770	9,680	10,520	11,740	9,820	10,770	11,940	10,770
9,490	10,320	11,510	9,440	10,300	11,420	9,660	10,550	11,740	10,550
9,650	10,460	11,630	9,660	10,470	11,580	9,920	10,760	11,890	10,760
8,950	10,220	11,250	8,980	10,230	11,290	9,210	10,480	11,530	10,480
9,270	10,430	11,640	9,260	10,430	11,650	9,510	10,700	11,920	10,700
9,580	10,600	11,620	9,560	10,540	11,550	9,830	10,790	11,830	10,790
8,780	10,370	11,400	8,800	10,380	11,390	9,030	10,680	11,740	10,680
9,440	10,450	11,580	9,410	10,450	11,530	9,720	10,800	11,930	10,800
5,330	10,110	12,590	5,320	10,100	12,760	5,510	10,390	12,920	10,390
3,690	4,150	5,830	3,720	4,170	5,770	3,930	4,440	5,970	4,440
3,360	4,130	5,280	3,370	4,130	5,190	3,570	4,440	5,680	4,440
3,420	4,160	5,040	3,540	4,200	5,130	3,710	4,470	5,480	4,470
3,760	4,340	5,140	3,860	4,430	5,150	4,050	4,730	5,480	4,730
3,670	4,580	5,450	3,750	4,650	5,480	4,030	5,050	6,000	5,050
4,050	4,770	5,250	4,160	4,810	5,280	4,470	5,290	5,790	5,290
4,330	5,280	7,000	4,510	5,360	6,830	5,010	5,950	7,600	5,950
4,360	7,280	10,950	4,530	7,310	11,040	4,940	7,820	11,270	7,820
10,390	11,430	12,710	10,480	11,560	12,770	10,770	11,810	12,960	11,810
11,210	12,020	12,840	11,180	12,070	12,890	11,640	12,500	13,370	12,500
10,540	11,710	12,640	10,580	11,800	12,650	11,060	12,220	13,170	12,220
9,340	10,560	13,330	9,290	10,480	13,290	9,710	10,940	13,920	10,940
9,800	11,010	11,980	9,720	10,930	11,870	10,120	11,400	12,410	11,400
9,280	10,520	11,140	9,130	10,410	11,040	9,560	10,850	11,510	10,850
9,630	10,680	11,450	9,450	10,570	11,330	9,970	11,080	11,820	11,080
7,640	9,070	11,280	7,550	8,980	11,170	7,990	9,470	11,710	9,470

7,100	8,160	9,570	7,030	8,100	9,520	7,470	8,590	10,030	8,590
7,370	8,380	9,540	7,320	8,180	9,150	7,840	8,770	9,830	8,770
7,640	8,430	9,620	7,310	8,080	9,230	7,860	8,690	9,890	8,690
7,660	8,440	9,610	7,390	8,090	9,200	7,950	8,690	9,870	8,690
7,830	8,630	9,380	7,460	8,220	8,950	8,040	8,850	9,650	8,850
7,940	8,860	9,800	7,550	8,470	9,350	8,120	9,100	10,080	9,100
8,270	9,070	9,900	7,870	8,720	9,560	8,530	9,380	10,240	9,380
5,130	8,200	9,410	4,950	7,860	9,000	5,410	8,480	9,720	8,480
5,360	8,060	9,560	5,130	7,690	9,150	5,630	8,320	9,840	8,320
5,200	7,780	9,470	4,970	7,440	9,090	5,400	8,040	9,820	8,040
5,260	7,840	9,480	5,050	7,540	9,100	5,470	8,090	9,770	8,090
5,500	7,780	9,860	5,310	7,470	9,450	5,750	8,030	10,130	8,030
5,240	7,430	9,850	4,970	7,070	9,300	5,400	7,600	10,010	7,600
5,530	8,230	9,460	5,320	7,950	9,170	5,720	8,480	9,750	8,480
5,150	7,190	9,190	4,980	6,920	8,860	5,320	7,410	9,450	7,410
5,260	8,120	9,780	5,070	7,820	9,470	5,440	8,380	10,100	8,380
8,050	9,190	11,410	7,730	8,850	11,140	8,340	9,550	11,930	9,550
5,820	7,790	11,010	5,700	7,560	10,750	6,090	8,080	11,480	8,080
5,690	7,090	10,240	5,550	6,890	9,940	6,020	7,380	10,620	7,380
5,610	6,980	10,200	5,530	6,840	9,980	5,960	7,320	10,590	7,320
5,580	6,870	9,690	5,540	6,730	9,460	5,950	7,180	10,120	7,180
4,750	6,460	10,530	4,680	6,330	10,370	5,020	6,750	10,880	6,750
5,060	6,400	9,490	4,940	6,250	9,340	5,320	6,680	9,880	6,680
5,350	6,540	8,670	5,250	6,320	8,280	5,630	6,790	8,930	6,790
4,180	6,430	8,880	4,130	6,180	8,510	4,830	6,700	9,140	6,700
3,610	4,520	5,540	3,540	4,580	5,810	4,170	5,260	6,480	5,260
3,490	4,490	5,480	3,670	4,620	5,680	4,280	5,260	6,380	5,260
3,920	4,720	5,370	4,020	4,810	5,780	4,570	5,440	6,310	5,440
4,000	6,430	8,170	4,030	6,230	7,900	4,650	6,800	8,450	6,800
7,210	8,630	9,430	6,970	8,320	9,100	7,500	8,960	9,810	8,960
5,460	7,990	10,170	5,240	7,650	9,790	5,590	8,270	10,650	8,270
5,450	7,090	9,820	5,210	6,740	9,240	5,540	7,250	10,120	7,250
5,730	7,270	9,860	5,500	6,960	9,390	5,870	7,470	10,160	7,470
5,170	7,160	10,450	5,000	6,890	10,020	5,340	7,380	10,820	7,380
5,250	6,660	9,760	5,010	6,360	9,200	5,460	6,840	10,050	6,840
5,210	6,660	9,990	4,980	6,310	9,480	5,380	6,830	10,350	6,830
5,090	6,370	9,660	4,820	6,070	9,320	5,200	6,530	10,230	6,530
5,070	6,600	10,430	4,860	6,340	10,160	5,230	6,870	11,090	6,870
4,930	6,080	9,370	4,720	5,820	9,000	5,030	6,290	9,920	6,290
4,950	6,230	9,420	4,730	5,950	9,040	5,080	6,460	9,960	6,460
5,060	6,870	10,000	4,840	6,570	9,640	5,120	7,140	10,590	7,140
5,010	6,930	9,270	4,810	6,690	9,030	5,140	7,250	9,870	7,250
4,810	7,750	9,420	4,660	7,510	9,160	4,970	8,190	10,040	8,190
4,870	6,620	9,110	4,700	6,380	8,780	5,030	6,920	9,640	6,920
5,290	7,710	9,390	5,170	7,510	9,160	5,470	8,140	10,030	8,140

5,320	7,960	8,820	5,190	7,800	8,650	5,490	8,470	9,350	8,470
7,270	8,040	8,790	7,160	7,900	8,610	7,740	8,560	9,290	8,560
6,130	7,220	8,360	6,030	7,140	8,280	6,550	7,700	8,930	7,700
6,470	7,280	8,000	6,430	7,230	7,860	6,910	7,750	8,450	7,750
6,860	7,570	8,500	6,840	7,560	8,440	7,380	8,100	9,020	8,100
6,470	7,690	9,560	6,560	7,670	9,570	7,040	8,210	10,210	8,210
7,460	8,490	9,580	7,530	8,480	9,620	8,080	9,060	10,250	9,060
7,640	8,360	9,090	7,650	8,380	9,070	8,170	8,960	9,770	8,960
7,800	8,810	9,550	7,760	8,620	9,280	8,370	9,220	9,940	9,220
7,610	8,490	9,640	7,370	8,240	9,510	7,870	8,790	10,040	8,790
8,150	8,910	9,820	8,110	8,830	9,710	8,580	9,360	10,270	9,360
8,620	9,740	11,110	8,540	9,730	11,200	9,100	10,280	11,760	10,280
2,750	4,050	9,250	2,530	3,810	9,230	2,870	4,180	9,590	4,180
2,600	3,290	3,790	2,340	2,930	3,400	2,690	3,390	3,900	3,390
2,060	3,370	3,930	1,930	3,000	3,470	2,280	3,410	3,960	3,410
2,070	3,220	4,090	1,880	2,850	3,710	2,220	3,250	4,120	3,250
2,990	3,340	3,640	2,640	2,990	3,290	2,900	3,340	3,690	3,340
3,090	4,480	9,270	2,790	4,120	8,890	3,050	4,490	9,500	4,490
7,520	8,810	9,510	7,280	8,580	9,210	7,930	9,210	9,890	9,210
6,400	9,700	10,610	6,280	9,500	10,360	6,740	10,220	11,180	10,220
9,120	10,080	10,830	8,940	9,820	10,580	9,620	10,630	11,440	10,630
9,100	9,990	10,730	8,860	9,770	10,430	9,640	10,570	11,290	10,570
9,250	10,320	11,260	9,100	10,180	11,090	9,830	10,930	11,880	10,930
10,040	10,690	11,440	9,860	10,500	11,160	10,540	11,270	11,990	11,270
9,530	10,240	10,860	9,410	10,100	10,730	10,020	10,760	11,460	10,760
8,030	9,910	10,760	7,910	9,820	10,700	8,510	10,520	11,440	10,520
8,100	9,240	10,590	8,050	9,160	10,460	8,600	9,780	11,170	9,780
8,040	8,950	9,790	8,030	8,910	9,750	8,570	9,550	10,480	9,550
8,390	9,250	10,370	8,380	9,250	10,390	8,950	9,880	11,110	9,880
8,600	9,350	10,050	8,600	9,340	10,070	9,150	9,950	10,750	9,950
8,350	9,290	10,300	8,360	9,270	10,310	8,880	9,850	10,930	9,850
8,350	9,250	10,430	8,400	9,310	10,430	8,820	9,800	11,000	9,800
8,280	9,220	9,960	8,410	9,300	9,990	8,850	9,880	10,650	9,880
8,560	9,370	10,070	8,620	9,390	10,060	9,170	10,010	10,740	10,010
8,630	9,420	10,160	8,650	9,380	10,080	9,190	9,990	10,740	9,990
8,810	9,550	10,480	8,790	9,510	10,470	9,340	10,100	11,090	10,100
9,140	10,110	11,420	9,100	10,190	11,590	9,640	10,550	11,730	10,550
9,510	10,330	11,090	9,680	10,400	11,190	9,780	10,540	11,300	10,540
9,610	10,250	10,970	9,670	10,330	11,080	9,790	10,470	11,260	10,470
9,710	10,290	10,890	9,880	10,430	11,060	10,010	10,580	11,260	10,580
9,760	10,700	11,840	9,910	10,900	12,040	10,110	11,060	12,240	11,060
9,580	10,350	11,170	9,770	10,500	11,340	9,810	10,630	11,540	10,630
10,020	10,850	11,600	10,070	10,920	11,690	10,130	11,010	11,770	11,010
3,020	5,510	12,190	2,780	5,340	12,140	3,050	5,610	12,250	5,610
2,890	3,650	4,190	2,750	3,430	3,930	2,950	3,720	4,270	3,720

3,250	3,890	6,660	3,000	3,650	6,400	3,250	3,850	6,650	3,890
4,540	6,300	9,490	4,260	6,080	9,400	4,420	6,230	9,460	6,300
8,170	9,180	10,350	8,230	9,230	10,490	8,200	9,220	10,430	9,230
8,660	9,530	10,590	8,660	9,580	10,630	8,700	9,610	10,650	9,610
8,560	9,750	10,730	8,580	9,780	10,830	8,530	9,790	10,780	9,790
8,360	9,350	10,300	8,410	9,400	10,360	8,330	9,340	10,290	9,400
8,560	9,300	10,390	8,580	9,350	10,440	8,550	9,300	10,390	9,350
8,500	9,160	10,060	8,640	9,330	10,300	8,480	9,240	10,200	9,330
8,490	9,420	10,630	8,650	9,550	10,820	8,510	9,420	10,590	9,550
8,490	9,140	9,920	8,600	9,270	10,070	8,430	9,100	9,880	9,270
8,230	9,110	9,770	8,260	9,150	9,820	8,190	9,080	9,770	9,150
8,150	9,040	10,040	8,220	9,080	10,050	8,180	9,060	10,120	9,080
8,240	9,310	10,090	8,230	9,310	10,110	8,210	9,320	10,100	9,320
8,620	9,320	10,230	8,670	9,350	10,210	8,680	9,370	10,300	9,370
8,680	9,330	9,970	8,640	9,330	9,940	8,620	9,350	9,970	9,350
8,420	9,290	10,320	8,440	9,290	10,300	8,430	9,310	10,320	9,310
8,810	9,700	10,410	8,790	9,670	10,410	8,800	9,700	10,420	9,700
8,930	9,760	10,510	8,870	9,710	10,570	8,870	9,750	10,590	9,760
8,630	9,310	10,240	8,550	9,260	10,180	8,550	9,260	10,150	9,310
8,390	9,250	9,960	8,380	9,210	9,930	8,330	9,210	9,940	9,250
8,300	9,270	10,230	8,310	9,240	10,200	8,300	9,290	10,290	9,290
8,490	9,320	10,040	8,430	9,260	9,970	8,480	9,330	10,090	9,330
8,830	9,610	10,610	8,800	9,560	10,560	8,840	9,610	10,610	9,610
8,660	9,470	10,590	8,600	9,430	10,520	8,610	9,480	10,610	9,480
8,520	9,310	10,260	8,510	9,300	10,240	8,530	9,340	10,310	9,340
9,040	10,460	12,650	9,110	10,580	12,870	9,000	10,470	12,660	10,580
9,680	10,990	13,200	9,910	11,210	13,400	9,720	11,000	13,140	11,210
9,650	10,720	11,970	9,790	10,940	12,210	9,620	10,730	11,950	10,940
9,350	10,550	11,650	9,500	10,740	11,880	9,410	10,600	11,640	10,740
9,390	10,420	11,540	9,570	10,590	11,650	9,490	10,520	11,570	10,590
9,450	10,700	16,420	9,550	10,790	16,450	9,530	10,800	16,360	10,800
8,800	10,210	11,860	8,820	10,250	11,990	8,830	10,280	11,990	10,280
8,820	10,450	13,450	8,790	10,460	13,390	8,920	10,520	13,660	10,520
9,230	10,110	11,130	9,270	10,130	11,080	9,310	10,200	11,140	10,200
9,200	9,980	10,560	9,220	10,030	10,560	9,280	10,100	10,650	10,100
8,860	9,870	10,730	9,000	9,940	10,800	9,080	10,040	10,920	10,040
9,290	10,330	11,180	9,330	10,410	11,280	9,350	10,490	11,350	10,490
9,350	10,380	11,150	9,430	10,480	11,270	9,410	10,480	11,240	10,480
9,230	10,510	11,480	9,270	10,620	11,650	9,310	10,610	11,610	10,620
3,830	6,290	10,640	3,960	6,340	10,660	3,970	6,380	10,670	6,380
3,330	3,920	4,430	3,460	4,050	4,500	3,400	4,040	4,590	4,050
3,530	4,580	5,390	3,750	4,920	5,780	3,710	4,860	5,780	4,920
3,540	4,450	5,410	3,910	4,820	5,860	3,780	4,770	5,900	4,820
3,600	4,580	5,530	3,980	5,150	6,120	3,850	4,980	6,090	5,150
4,310	5,010	6,090	4,850	5,670	6,930	4,580	5,440	6,910	5,670

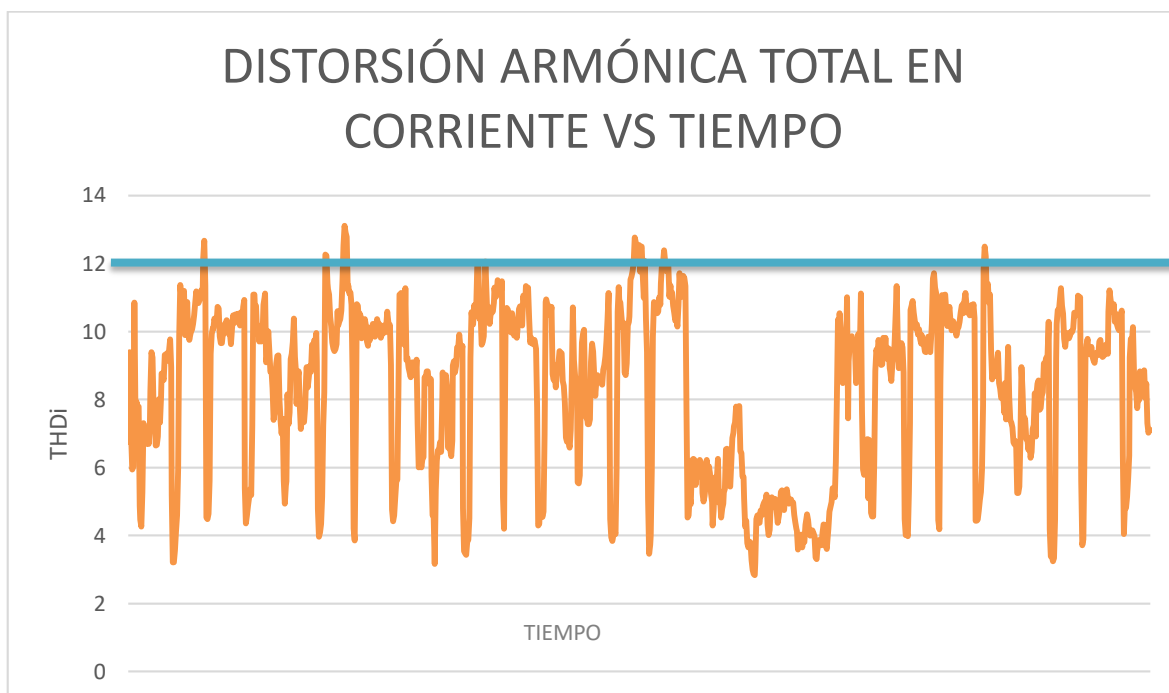
4,500	5,870	8,440	4,940	6,350	8,730	4,840	6,310	8,740	6,350
7,730	8,840	9,750	7,990	9,100	9,960	8,020	9,230	10,150	9,230
8,550	9,370	10,070	8,660	9,530	10,110	8,880	9,790	10,470	9,790
8,200	9,240	10,200	8,450	9,390	10,380	8,700	9,690	10,690	9,690
8,450	9,660	10,900	8,640	9,810	11,020	8,920	10,130	11,360	10,130
7,350	8,340	10,160	7,500	8,420	10,210	7,760	8,760	10,570	8,760
7,030	7,900	8,860	7,190	7,990	8,960	7,510	8,380	9,400	8,380
6,990	7,800	8,550	7,090	7,870	8,620	7,370	8,210	9,030	8,210
6,800	7,370	8,360	6,860	7,410	8,370	7,170	7,750	8,770	7,750
7,010	7,790	8,940	6,760	7,630	8,700	7,330	8,120	9,230	8,120
7,090	7,720	9,030	6,830	7,440	8,770	7,350	8,000	9,390	8,000
7,370	8,540	10,580	7,160	8,270	10,370	7,610	8,830	11,020	8,830
7,560	8,210	9,120	7,350	7,970	8,910	7,920	8,530	9,480	8,530
7,420	8,040	8,820	7,190	7,760	8,530	7,700	8,360	9,180	8,360
7,430	8,170	8,910	7,170	7,910	8,680	7,640	8,420	9,200	8,420
7,640	8,540	9,350	7,440	8,320	9,090	7,890	8,860	9,650	8,860
6,730	7,720	8,750	6,520	7,510	8,550	7,040	8,050	9,140	8,050
6,680	8,130	9,840	6,490	7,940	9,640	6,970	8,460	10,200	8,460
6,250	7,040	7,910	6,050	6,840	7,650	6,420	7,310	8,200	7,310
6,240	6,810	7,400	6,070	6,590	7,170	6,420	7,020	7,640	7,020
6,290	6,900	7,440	6,100	6,690	7,200	6,490	7,120	7,700	7,120
5,950	6,830	7,670	5,820	6,600	7,400	6,240	7,100	7,980	7,100

En la tabla anterior, por cada fase (A, B y C), calculamos el valor promedio y al final, se calculó el valor promedio total.

A continuación, se encuentra graficado el valor promedio total, que nos servirá para conocer si el THDi está dentro de los límites.



**Gráfico 16: Distorsión Armónica Total en Corriente respecto al tiempo**



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico anterior, podemos observar que existe distorsión armónica de corriente, que sale del límite y llega hasta un 13.11%.

**Tabla 9: Porcentaje promedio de armónicos de corriente según su orden**

Armónicos de Corriente (%)	THDi	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	8.33 2	1.67	100	0.32	0.66	0.09	7.10	0.07	2.8 5	0.2 1	0.32
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	0.14	2.63	0.05	1.17	0.09	0.15	0.04	0.38	0.0 2	0.1 6	0.02
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	0.052	0.03 1	0.088	0.011	0.066	0.012	0.023	0.011	0.05 2	0.01	0.043
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00	0.04	0.01	0.02	0.0	0.0 5	0.00 9
	43	44	45	46	47	48	49	50			
	0.05 9	0.02 7	0.04 2	0.03 8	0.10 1	0.01 5	0.09 9	0.02 9			

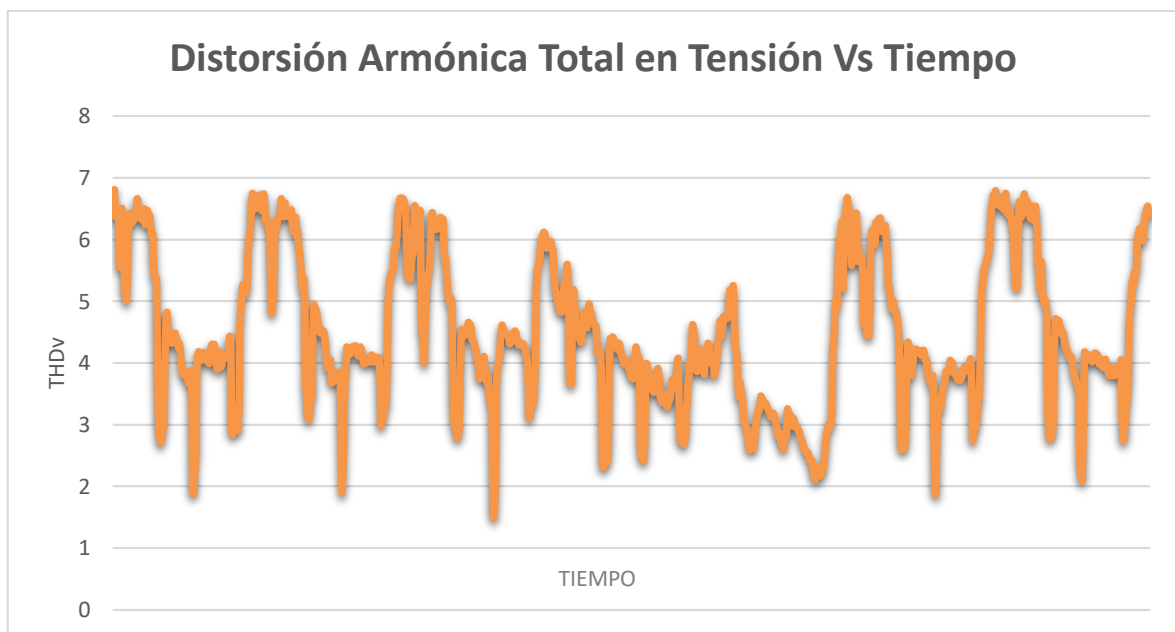
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior, se puede observar el valor de cada THDi en promedio que ha sido expresado como un porcentaje del valor fundamental (60Hz), y es un resumen de la tabla N° 8.

Aunque, podemos observar que la Distorsión Armónica Total de Corriente (THDi) se encuentra en promedio de 8.332 %, individualmente nos damos cuenta que el valor del THDi está prácticamente originado por el 5to armónico de corriente, ya que los demás armónicos de corriente tienen valores relativamente bajos, es decir reduciendo el 5to armónico, se reducirá el THDi.

Finalmente, dado que los valores de armónicos de corriente se encuentran por debajo del valor del 12% no es necesario realizar el cálculo de la tasa de distorsión de la demanda.

**Gráfico 17: Distorsión Armónica Total en Tensión respecto al tiempo**



*Fuente: Elaboración propia.*

En el gráfico anterior, podemos observar que existe distorsión armónica total en tensión, teniendo un valor máximo de hasta un 6.81%.

**Tabla 10: Porcentaje promedio de armónicos de tensión según su orden**

Armónicos de Tensión (%)	THDv	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	4.48	0.05	100	0.09	0.18	0.04	4.13	0.03	0.87	0.07	0.13
	8	1		6	5	9	4	1	8	3	6
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	0.06	1.23	0.02	0.69	0.04	0.08	0.03	0.36	0.01	0.13	0.02
	5	7	7	6		5	3	4	1	8	1
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	0.03	0.01	0.07	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01
	4	2	5	4	4	8	4	7	6	1	4
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	3	2	9	1	9	5	6	4	4	1	
43	44	45	46	47	48	49	50				
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00				
2	1	4	1	1	1	2	4				

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los valores mostrados en tabla encontramos que el armónico 5to. está en 4.134% (respecto a la fundamental de 60Hz) y no cumple con la normativa de referencia. Adicionalmente, la Distorsión Armónica Total (THDv) se encuentra en 4.488 %.

Si observamos el cuadro nos damos cuenta que el valor del THDv está prácticamente originado por el armónico 5to, ya que los demás armónicos de tensión tienen valores relativamente bajos, de manera que reduciendo el armónico 5to, como consecuencia se reducirá el THDv y también el THDi.

**Tabla 11: Corriente Media RMS**

Corriente (A) RMS A Med	Corriente (A) RMS B Med	Corriente (A) RMS C Med
1730	1791	1741

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior, se puede observar las corrientes RMS medidas durante el tiempo de monitoreo, las cuales nos servirán para el cálculo de la corriente armónica a mitigar.

### 3.5 Cálculos

A continuación, utilizaremos la siguiente ecuación para hallar la corriente armónica máxima presente en el sistema para la selección del filtro activo:

$$I_h = \frac{I_{rms}}{\sqrt{1 + \frac{1}{THDi^2}}}$$

...[20]

$$I_h = \frac{1791 A}{\sqrt{1 + \frac{1}{13.11\%^2}}}$$

$$I_h = 232,81 A$$

Adicionalmente, ya que otro de los beneficios más importantes del filtro activo también es el aumento del factor de potencia del sistema eléctrico, escogeremos un factor de potencia objetivo de 0,98 para hacer su sistema más eficiente al disminuir su potencia reactiva.

Para lo anterior, utilizaremos la ecuación [19]:

$$Q_r = P * (\tan(\text{ACos}(\phi_{inicial})) - \tan(\text{ACos}(\phi_{final})))$$

$$Q_r = P * (\tan(\text{ACos}(0,961)) - \tan(\text{ACos}(0,98)))$$

$$Q_r = 79,63 KVAR$$

Al obtener la potencia reactiva a mitigar, ahora encontramos la corriente reactiva:

$$I_r = \frac{Q_r [KVAR]}{\sqrt{3} * V_n [KV]}$$

...[21]

$$I_r = \frac{79,63}{\sqrt{3} * 0.46} = 99,94$$

Finalmente, la corriente total requerida por el filtro activo será definida por:

$$I_f = \sqrt{I_h^2 + I_r^2}$$

...[22]

$$I_f = \sqrt{232,81^2 + 99,94^2}$$

$$I_f = 253,35 \text{ A}$$

De acuerdo a los cálculos realizados, nuestra corriente a filtrar será de 253,35 Amperios, por lo tanto, debemos seleccionar un filtro activo que tenga una capacidad inmediata superior para poder mitigar el THDi y por consiguiente el THDv.

## **IV. DISCUSIÓN**

De acuerdo a los trabajos previos, el diseño y utilización de los filtros pasivos, sólo están enfocados y se ajustan a la frecuencia específica que debe eliminarse, siendo únicamente eficaz para una instalación específica, es decir, la incorporación o eliminación de cargas puede interrumpir el sistema de filtrado.

En cambio, los filtros activos cancelan los armónicos inyectando corrientes armónicas exactamente iguales donde surgen en tiempo real frente a los armónicos existentes para eliminarlos, siendo posible así eliminar totalmente los armónicos, hasta el orden 50°.

Debido a que la empresa y la Planta de Congelado de Virú S.A. sufren constantemente rápido crecimiento por la necesidad de producción, introducen cargas (lineales y no lineales), que pueden presentar distorsiones y pérdidas de eficiencia debido al bajo factor de potencia, y es por eso que la presente tesis, concuerda con los trabajos previos y propone utilizar un filtro activo, ya que al estar estructurado de manera que pueda adaptarse a los cambios que ocurren en las redes eléctricas, resulta ser la mejor solución para su problema.

## **V. CONCLUSIONES**



Con el análisis de los resultados podemos comprobar que existe una deficiencia de calidad de energía eléctrica por causa de armónicos, que en su mayoría son causados por los arrancadores de estado sólido de los compresores del sistema de frío (cargas importantes).

El armónico 5to. es un armónico de secuencia negativa, el cual produce calentamiento de motores eléctricos debido a que el torque que genera, se sustrae del torque de la onda fundamental de 60hz, incrementando como consecuencia la temperatura en los motores eléctricos y en los transformadores, no pudiendo por este motivo trabajar a carga nominal, además de la vibración adicional que genera.

Normalmente este armónico 5to. es generado por variadores de velocidad de 6 pulsos, o dispositivos con semiconductores de potencia trifásicos, tales como UPS, rectificadores, entre otros.

De acuerdo a los cálculos realizados en la presente investigación, recomendamos la instalación en paralelo de un filtro activo de 300 Amperios para mitigar la corriente armónica y a su vez también disminuir el THDv.

También podemos concluir que, con la revisión del diagrama unifilar, no tienen las cargas lineales y no lineales separadas, lo cual afecta a todo el sistema eléctrico inyectándolos de armónicos.

Por otra parte, podemos concluir que los Fickler y la variación nominal de la tensión, se encuentran dentro de los valores recomendados, y por tal, no existe la necesidad actual de realizar alguna corrección.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Debido a que existe un tablero general de acoplamiento de barras, se recomienda independizar la salida de los transformadores para facilitar el mantenimiento eléctrico y no dejar fuera de funcionamiento a toda la planta en caso de falla.

Recomendamos que esta investigación sirva como base para realizar una evaluación específica en las cargas importantes del sistema en estudio.

Se recomienda, además, que, en la medida de lo posible, considerar siempre el uso de equipos de alta eficiencia y consultar con los proveedores de los equipos a fin de garantizar que la distorsión armónica de la red no aumente perjudicialmente.

Debido a la presencia del 5to. armónico de tensión el cual es normalmente generado por variadores de velocidad y/o rectificadores controlados, UPS, entre otros, se recomienda reubicar, de ser posible, estos equipos generadores de armónicos más cerca de la fuente de energía, en este caso del transformador, a fin de reducir la impedancia de la línea y lograr armónicos de tensión de menor magnitud, en caso no sea posible hacerlo, se recomienda utilizar cables de acometida independientes para los equipos de mayor potencia que generan armónicos desde la Sub Estación.

Finalmente, se recomienda realizar mediciones de calidad de energía por lo menos una vez al año o cuando existen cambios importantes de carga.

## **REFERENCIAS**

**Barajas, J. 2015.** *Simulación de un filtro activo serie trifásico para la compensación de armónicos de tensión.* Consultado el 20.11.2019 : Disponible en: <http://ninive.uaslp.mx/jspui/bitstream/i/1862/3/IQU1SFA00401.pdf>, 2015.

**Barrera J, Fonseca M. 2004.** Diseño de un Sistema de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional basado en las normas OSHAS 18001 Para el Centro Tecnológico de Automatización Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana. Bogota : Tesis, 2004. <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/7168/1/tesis26.pdf>. [En línea] 2004.

**Bravo, T. 1978.** *Análisis técnico económico del uso de condensadores y reguladores de tensión en alimentadores de distribución.* Consultado el 11.09.2019 : Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6186/1/T745.pdf>, 1978.

**Bueno, H. y Fajardo, M. . 2013.** *Diseño y Construcción de un Filtro Activo para la eliminación de armónicos de una red bifásica residencial.* Consultado el 20.09.2019 : Disponible en: <file:///C:/Users/Jhon/Downloads/UPS-CT002725.pdf>, 2013.

**Daroch, G. y Martínez, F. . 2016.** *Análisis de calidad de potencia mediante sistema de adquisición de datos.* Consultado el 16.09.2019 : Disponible en: [http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/2251/1/Daroch\\_Fuentes\\_Gonzalo\\_Patrickio.pdf](http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/2251/1/Daroch_Fuentes_Gonzalo_Patrickio.pdf), 2016.

**Estaba, Y. 2009.** En su trabajo de grado Titulado: Evaluación de riesgos Ocupacionales de Trabajo en las áreas de producción de una fábrica de cerámicas ubicada en el estado Miranda, Universidad oriente de Venezuela. [En línea] 2009. <http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/1042/1/Tesis.Evaluaci%C3%B3n%20de%20riesgos%20ocupacionales%20en%20una%20empresa%20de%20ceramicas.pdf>.

**Garcia M, Piña V y Catejon E. 2008.** *Realizaron un Trabajo Especial de Grado Titulado: Diseño de un Sistema de Gestión de Seguridad Industrial para Almacenes de un Laboratorio Farmacéutico ubicado en caracas Dto. Capital.* Caracas Venezuela : s.n., 2008.

**Gutiérrez, M. 2006.** *Estudio de distorsión armónica en el sistema de distribución de energía del centro nacional de aeronavegación.* Consultado el 25.10.2019 : Disponible en: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17029/T42.06%20G985e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, 2006.

**Hernandez,R., Fernández, C. y Baptista, R. . 2010.** *Metodología de la Investigación*. México : Mc Graw Hill, 2010.

**Morales, E. y Rodríguez, J. . 2012.** *Solución a los problemas de corrientes y voltajes armónicos en los sistemas industriales*. Consultado el 20.11.2019 : Disponible en: Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2970/Tesis.pdf?sequence=1>, 2012.

**Muñoz, J. 2015.** *Diseño de un UPQC modular*. Consultado el 15.10.2019 : Disponible en: <http://repositorio.udec.cl/handle/11594/746>, 2015.

**Salas, D. 2013.** *Diagnóstico, análisis y propuesta de mejora al proceso de gestión de interrupciones imprevistas en el suministro eléctrico de baja tensión. Caso: Empresa distribuidora de electricidad en Lima*. Consultado el 10.10.2019 : Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/4791> , 2013.

**Saucedo, D. y Taxis, J. . 2008.** *Factores que afectan a la calidad de energía y su solución*”. Consultado el 15.10.2019 : Disponibilidad en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/429/FINALsauicedomtz.pdf>, 2008.

**Schneider Electric. 2014.** *Eliminación de Armónicos en instalaciones*. Consultado el 30.09.2019 : Disponible en: <http://docplayer.es/5621320-Eliminacion-de-armonicos-en-instalaciones.html>. , 2014.

**Silva, F. 2011.** *Análisis de las instalaciones electro mecánicas en líneas aéreas rurales con miras a su mejoramiento de operación mediante el empleo de reguladores de tensión. Tesis de ingeniería no publicada*. Lima : Universidad Nacional de Ingeniería, 2011.

**Tejada, A. 2002.** *Efectos de las armónicas en los sistemas eléctricos-*. Consultado el 11.10.2019 : Disponible en: <http://www.mty.itesm.mx/etie/deptos/ie/profesores/allamas/cursos/ueee/armonicas/07efectarm.pdf>, 2002.

**Yebra, J. 2009.** *Sistemas eléctricos de distribución*. México, México D.F. : Reverté., 2009.

**Zapata, Y. 2010.** *Análisis electrónico de las soluciones que existen en calidad de energía eléctrica y eficiencia energética.* Consultado el 12.10.2019 : Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfciz.35a/doc/bmfciz.35a.pdf> , 2010.

## **ANEXOS**



**Anexo 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA DE UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

TÍTULO: “EVALUACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO INTERIOR 440 V PARA MEJORAR LA CALIDAD DE ENERGÍA EN LA PLANTA DE CONGELADO DE LA EMPRESA VIRÚ S.A., VIRÚ, LA LIBERTAD”

<b>Problema</b>	<b>Objetivos: General y Específicos</b>	<b>Variables</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Marco teórico</b>	<b>Metodología</b>	<b>Técnicas e instrumentos</b>
¿De qué manera es posible mejorar la calidad de la energía eléctrica en la Planta de Congelado de la empresa VIRÚ S.A.?	<p><b>Objetivo General</b> Elaborar una propuesta para mejorar la calidad de energía eléctrica en la Planta de Congelado de la empresa VIRÚ S.A.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar un diagnóstico de calidad de energía en la Planta de Congelado de la empresa VIRÚ S.A.</li> <li>• Analizar los parámetros de calidad de energía</li> </ul>	<p><b>Variable</b> Calidad de energía eléctrica</p>	<p>Un análisis de calidad de potencia, registrará parámetros y detectará dónde está el problema, para así poder plantear las acciones necesarias con la finalidad de mejorar la calidad de energía eléctrica en la Planta de Congelado de la empresa Virú S.A.</p>	<p><b>Sistema de Energía Eléctrica</b> Yebra (2009) define: “Un sistema de distribución de energía eléctrica es el conjunto de elementos encargados de conducir la energía desde una subestación hasta el usuario” (p. 22). Básicamente, la distribución de energía eléctrica comprende las líneas primarias, los transformadores de distribución, las líneas secundarias de distribución y las acometidas y medidores.</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> Según Hernández, Fernández y Baptista (2010) la investigación de acuerdo con la naturaleza del problema planteado y sus propósitos del estudio, se identifica como aplicada por intentar solucionar un problema práctico existente en la Planta de Congelado de la empresa Virú S.A.</p>	<p><b>Técnica:</b> Las técnicas empleadas fueron:  Recolección de datos relacionados al tema.  Observación de características de la variable en estudio.</p> <p><b>Instrumento:</b> Los instrumentos a utilizarse serán:</p>
				<p><b>Calidad Servicio Eléctrico</b> Muñoz (2015) nos dice: “La Real Academia de la Lengua define calidad como la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor” (p.36).</p>	<p><b>Nivel de investigación:</b> Descriptivo</p> <p><b>Población:</b></p>	

	<p>de la situación actual.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plantear correctivos para minimizar los problemas de calidad de energía eléctrica.</li> </ul>			<p>Por lo que, podemos definir la calidad de servicio eléctrico como el conjunto de características, técnicas y comerciales, inherentes al suministro eléctrico exigibles por los sujetos, consumidores y por los órganos competentes de la administración.</p>	<p>La población para nuestra investigación tiene la característica de ser una población finita, está compuesta por: Sistema Eléctrico de Virú S.A.</p> <p><b>Diseño de investigación.</b></p> <p>El diseño del trabajo de investigación planteado es no experimental, dado que la recolección de datos se basa en evaluar los parámetros de calidad eléctrica en la Planta de Congelado de la empresa Virú S.A., fenómeno en estudio o realidad en estudio.</p>	<p>Analizador de Redes. Excel. Software de Simulación Eléctrica: NEPLAN V. 5.3.51 Memoria de Cálculo..</p>
--	---	--	--	---	---	--

## Anexo 2: Ficha Técnica Filtro Activo AccuSine PCS+ 60 A, 120 A, 200 A, 300 A - 380 V AC to 480 VAC.

Harmonic compensation offer

### AccuSine PCS+

The Schneider Electric solution for active harmonic filtering in industrial installations.



#### AccuSine PCS+ Specifications

##### Technical Specifications

Standard RMS output current ratings	60 A, 120 A, 200 A, 300 A - 380 V AC to 480 V AC 47 A, 94 A, 157 A, 235 A - 480-600 V AC 40 A, 80 A, 133 A, 200 A - 600-690 V AC
-------------------------------------	--

##### Electrical System Characteristics

Nominal voltage	380-480 V AC; +10%/-15% 480-600 V AC; +10%/-15% 600-690 V AC; +10%/-15%
Nominal Frequency	50/60 Hz, ±3 Hz auto sensing
Number of phases	3-phase, with or without neutral
Operation with single phase loads	Yes; no effect on neutral current

##### Technical Product Characteristics

Power electronics	IGBT, 3 level inverter
Topology	Digital harmonic FFT Digital reactive power
Losses	At 480 V AC < 3 %; at 690 V CA < 5 %
Current transformers (CT)	Any ratio with 1 or 5 ampere secondary Type 1 accuracy 50/60 or 400 Hz rated Grounded
Quantity of CT	2 or 3 for 3-wire electrical system 3 required for 4-wire electrical system
CT VA loading	15 mVA
Spectrum cancellation	2 <sup>nd</sup> to 51 <sup>st</sup> , discrete, fully selectable per harmonic order (amplitude and on/off)
Control basis	Closed loop for new installations <sup>(1)</sup> Open loop compatible for retrofit applications
CT Position	Closed Loop Control: Source sense (at mains) CT or Load sense CT for single unit <sup>(2)</sup> Open Loop Control: Load sense CT or source sense CT for single unit <sup>(3)</sup>
Harmonic Attenuation	Closed Loop: < 3 % THD(i); max 20:1 THD(i) reduction with load harmonic current above 50 % of AccuSine PCS+ rating Open Loop: < 5 % THD Requires 3 % or higher inductive impedance per nonlinear load
Harmonic Operational Features	% THDi set point % THDv set point
Harmonic avoidance	Output at specific harmonic order turned off if resonance or lack of impedance detected; or manually turned off
Parallel operation	Up to 10 units per set of CT (to 51st order), any size combination Backward compatibility with AccuSine PCS operated in parallel. Contact your SE sales office for applications of more than 10 units
Parallel operation options	Master/Master (masters receive mains CT) Master/Slave Multi-Master/multi-slave Same as AccuSine PCS for retrofits
Parallel sequence options	Lead/lag with unit rotation: one unit operates to full capacity before next unit turns on; timed rotation. Load Share: All operating units function at the same output percentage.
Parallel redundancy	Any unit with CT connections will automatically become master if the controlling master is taken offline. Automatic increase in output of all units to make up capacity of any offline unit.
Parallel HMI control	Any unit permits viewing and changing parameter settings of complete system or any other unit in parallel system
Parallel communications	Proprietary COM Bus between operating units
Power factor correction	Optimized unity PF. Leading (capacitive) or lagging (inductive) power factor (Cos φ) to target
Mains current balancing	Negative sequence current injected to balance fundamental current on the mains due to load imbalance (inherently corrects displacement PF (Cos φ))
Control response time	25 μs
Harmonic correction time	2 cycles
Reactive correction time	1/4 cycle
Display	144 mm QVGA TFT 64k-color touchscreen
Languages	English
Operator interface	Magelis HMI STU touch panel screen
Display parameters	100%: Includes THDi, THDv, oscilloscope for viewing many selected parameters, phasor diagrams, load power, measured currents for I <sub>h</sub> , I <sub>s</sub> , I <sub>f</sub> , I <sub>neg seq</sub> , PF (Cos φ), injected currents for I <sub>h</sub> , I <sub>reactive</sub> , I <sub>neg seq</sub> , etc.

(1) Default and preferred control method.

(2) Auxiliary CT required for paralleling of units with Load sense CT position.

(3) Auxiliary CT required for paralleling of units with Source (mains) sense CT position.

# AccuSine PCS+

## AccuSine PCS+ Specifications

Communications Capability	Modbus RTU, Modbus TCP/IP
Discrete input/outputs	4 input and 4 output dry contacts; assignable
Noise level (ISO3746)	<70 db at one meter from unit surface
Color	RAL7035 Enclosure; RAL7022 Plinth (floor standing units)
Earthing (Grounding) systems	Supports TT, TN, and IT grounding systems; Solidly, low, and high resistance grounded; ungrounded; corner grounded delta; high leg delta EMC filter ground switch for IT, high resistance ground or corner grounded systems
<b>Environmental Conditions</b>	
Operating Temperature	60 A, 120 A & 200 A: IP00, IP20, UL Type Open, & UL Type 1 configurations -0 °C to 45 °C All others 0 °C to 40 °C Derate 2 % per degree °C to 50 °C
Relative humidity	to 95 %, noncondensing
Seismic rating	complies with IBC and ASCE7
Operating Altitude	1000 m (derate 1 %/100 m above), max 4500 m
Automatic rollback of output	Occurs whenever heatsink temperature sensor exceeds temperature limit
Ambient temperature shutdown	Absolute shutdown if air inlet temperature reaches 51 °C
Preset output limits (rms)	Programmable set limit due to altitude or ambient temperature - becomes fixed output limit
Storage (in original shipping container)	Temperature: -20 °C to 60 °C Relative humidity: to 95 %, noncondensing Clean, dry, and protected No conductive particles permitted
*Contaminant Levels - operating (IEC 60721-3-3)*	Chemical Class 3C2 Mechanical Class 3S2 No conductive particles permitted
*Contaminant levels - transport and storage (IEC 60721-3-3)*	Chemical Class 3C3 Mechanical Class 3S3 When stored in original shipping container No conductive particles permitted
<b>Reference Standards</b>	
Design	CE EMC Certification IEC/EN 60439-1, EN 61000-6-4 Class A, EN 61000-6-2
Protection (enclosure)	IP00, IP20, IP31, IP54, UL Type 1, UL Type 2, UL Type 12, UL Type Open
Standards compliance/certification	cULus (UL508, CSA 22.2 No. 14) CE Certified, ABS, Lloyds, other local standards
<b>Installation</b>	
Wall mount	IP00, IP20, UL Type 1, & UL Type Open
Free Standing	IP31, IP54, UL Type 2, & UL Type 12
Circuit protection	IP00 and IP20 - external means required Free standing enclosures - incoming circuit breaker or fused disconnect with mechanical door interlock
AIC Rating	to 415 V AC - 200 kA cULus; 125 kA IEC to 480 V AC - 200 kA cULus; 75 kA IEC to 600 V AC - 100 kA cULus; 100 kA IEC to 690 V AC - no cULus rating; 100 kA IEC
Cable entry	UL Type open, IP00, UL Type 1, and IP20 - bottom only Free standing - top and bottom entry through gland plates
PCBA protection	Conformal coating on all PCBAs Pollution Degree 2
Cooling configuration	Separate air plenums for heat sink section and PCBA section. Heat sink (high heat plenum!) input from bottom and exhaust out top. All components in high heat plenum rated IP54 or better => no filtering required. PCBA air supply must be clean and dry (filtering may be required). No conductive particles permitted.
<b>Service provisions</b>	
HMI (Magelis STU)	Plain language output (no cryptic codes) USB port for upload of new software and download of operational records
Service port	USB port: commission, program, or diagnostics via a laptop computer when power is on or off; laptop provides power to control board when no unit power is present
Commissioning	On-board step-by-step process; CT automatic sizing, phase rotation, and polarity; external transformer ratio and phase shift; heat test, and more

## Typical applications



Oil and gas



Water



Cement



HVAC



Building



Wind mills

- Oil and gas platforms.
- Port cranes.
- Steel.
- Water/Wastewater.
- HVAC.

- Automotive.
- Process plants. Pulp and paper.
- Wind and solar farms.
- Lifts (ski or building).
- Marine vessels...

## Harmonic compensation offer Selection Table

Harmonic and PF Correction - 380-480 V models, 50/60 Hz								
Rated current	Frequency (Hz)	Reference Number	Enclosure Information			Frame <sup>(1)</sup>	Weight kg	
			Rating	Style	Cable entry			
60	50/60	PCSP060D5IP00	IP00 (UL Type Open)	Wall Mount	Bottom	1	66	
		PCSP060D5N2	UL Type 2	Floor Standing	Top or Bottom		2	277
		PCSP060D5IP31	IP31					
		PCSP060D5N12	UL Type 12					260
		PCSP060D5IP54	IP54					
120	50/60	PCSP120D5IP00	IP00 (UL Type Open)	Wall Mount	Bottom	3	113	
		PCSP120D5N2	UL Type 2	Floor Standing	Top or Bottom		4	267
		PCSP120D5IP31	IP31					
		PCSP120D5N12	UL Type 12					293
		PCSP120D5IP54	IP54					
200	50/60	PCSP200D5IP00	IP00 (UL Type Open)	Wall Mount	Bottom	5	171	
		PCSP200D5N2	UL Type 2	Floor Standing	Top or Bottom		6	387
		PCSP200D5IP31	IP31					
		PCSP200D5N12	UL Type 12					402
		PCSP200D5IP54	IP54					
300	50/60	PCSP300D5IP00	IP00 (UL Type Open)	Wall Mount	Bottom	7	210	
		PCSP300D5N2	UL Type 2	Floor Standing	Top or Bottom		8	422
		PCSP300D5IP31	IP31					
		PCSP300D5N12	UL Type 12					436
		PCSP300D5IP54	IP54					

**Note:**

60 A IP20/UL Type 1 configuration requires ordering two items: PCSP060D5IP00 and PCSPWMK/760A; adds 232 mm to length and 8.7 kg.  
 120 A IP20/UL Type 1 configuration requires ordering two items: PCSP120D5IP00 and PCSPWMK/120A; adds 232 mm to length and 9.3 kg.  
 200 A IP20/UL Type 1 configuration requires ordering two items: PCSP200D5IP00 and PCSPWMK/200A; adds 273 mm to length and 8.6 kg.  
 300 A IP20/UL Type 1 configuration requires ordering two items: PCSP300D5IP00 and PCSPWMK/300A; adds 273 mm to length and 8.6 kg.

Harmonic and PF Correction - 480-600 V models, 50/60 Hz							
Rated current	Frequency (Hz)	Reference Number	Enclosure Information			Frame <sup>(1)</sup>	Weight kg
			Rating	Style	Cable entry		
47	50/60	PCSP047D6N2	UL Type 2	Floor Standing	Top or Bottom	9	460
		PCSP047D6IP31	IP31				
		PCSP047D6N12	UL Type 12				471
		PCSP047D6IP54	IP54				
94	50/60	PCSP094D6N2	UL Type 2	Floor Standing	Top or Bottom	9	496
		PCSP094D6IP31	IP31				
		PCSP094D6N12	UL Type 12				507
		PCSP094D6IP54	IP54				
157	50/60	PCSP157D6N2	UL Type 2	Floor Standing	Top or Bottom	10	653
		PCSP157D6IP31	IP31				
		PCSP157D6N12	UL Type 12				675
		PCSP157D6IP54	IP54				
235	50/60	PCSP235D6N2	UL Type 2	Floor Standing	Top or Bottom	10	757
		PCSP235D6IP31	IP31				
		PCSP235D6N12	UL Type 12				770
		PCSP235D6IP54	IP54				

(1) See pages 12 to 14.

## Selection Table

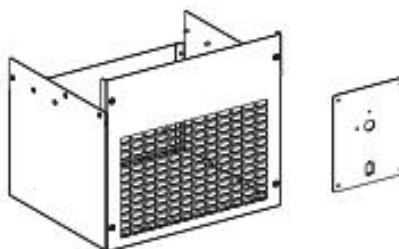
Harmonic and PF Correction - 600-690 V models, 50/60 Hz							
Rated current	Frequency (Hz)	Reference Number	Enclosure Information			Frame (1)	Weight kg
			Rating	Style	Cable entry		
40	50/60	PCSP040D7N2	UL Type 2	Floor Standing	Top or Bottom	9	483
		PCSP040D7IP31	IP31				
		PCSP040D7N12	UL Type 12				494
		PCSP040D7IP54	IP54				
80	50/60	PCSP080D7N2	UL Type 2	Floor Standing	Top or Bottom	9	533
		PCSP080D7IP31	IP31				
		PCSP080D7N12	UL Type 12				542
		PCSP080D7IP54	IP54				
133	50/60	PCSP133D7N2	UL Type 2	Floor Standing	Top or Bottom	10	708
		PCSP133D7IP31	IP31				
		PCSP133D7N12	UL Type 12				730
		PCSP133D7IP54	IP54				
200	50/60	PCSP200D7N2	UL Type 2	Floor Standing	Top or Bottom	10	826
		PCSP200D7IP31	IP31				
		PCSP200D7N12	UL Type 12				839
		PCSP200D7IP54	IP54				

(1) See pages 12 to 14.

### AccuSine+ Wall Mount Conversion Kit

- Converts IP00 (UL Type Open) to IP20 (UL Type 1) wall mounted enclosed assemblies.
- Includes HMI mounting plate and cable entry enclosure for mounting on the bottom of the IP00 assemblies.

Wall mount kit reference	Assembled dimensions - IP20				IP20 assembly	Cable entry enclosure
	Unit rating (A)	Height	Width	Depth	Weight (kg)	Weight (kg)
PCSPWMKIT60A	60	1530	421	349	97.3	8.7
PCSPWMKIT120A	120	1730	421	354	122.0	9.3
PCSPWMKIT300A	200	1642	575	435	180.0	8.6
PCSPWMKIT300A	300	1882	575	435	218.6	8.6



## Unit dimensions and installation guidelines for AccuSine PCS+ and AccuSine PFV+

Frame size figure	Exterior dimensions		
	Height mm	Width mm	Depth mm
1	1300	421	349
2	2092	800	500
3	1400	421	354
4	2089	800	500
5	1323	582	438
6	2089	900	600
7	1560	582	438
8	2092	900	600
9	2100	1300	500
10	2100	1400	600

### Frame size 1

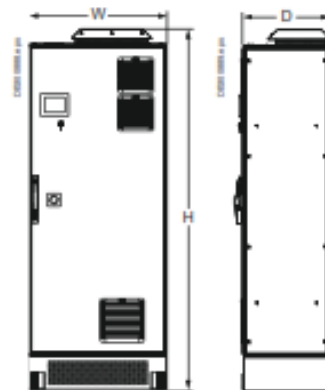


### Frame size 2

IP31



IP54



### Frame size 3

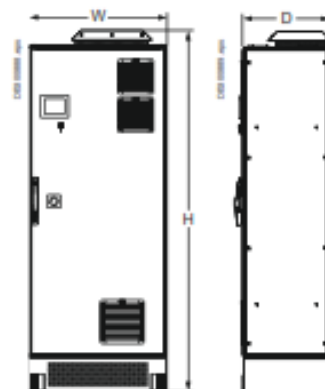


### Frame size 4

IP31

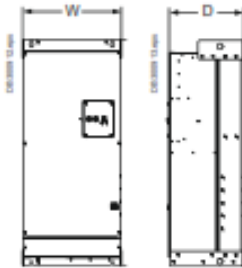


IP54



# Unit dimensions and installation guidelines for AccuSine PCS+ and AccuSine PFV+

## Frame size 5



## Frame size 6

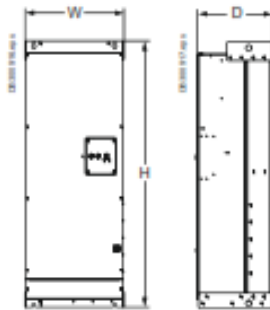
IP31



IP54



## Frame size 7

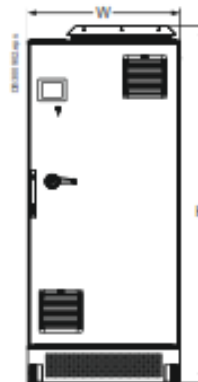


## Frame size 8

IP31

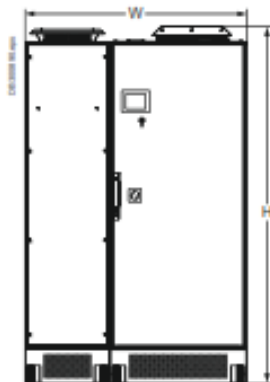


IP54

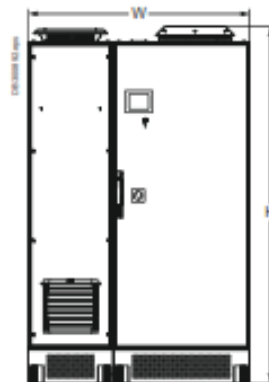


## Frame size 9

IP31



IP54





# Unit dimensions and installation guidelines for AccuSine PCS+ and AccuSine PFV+

## Frame size 10

IP31 600 V AC



IP31 690 V AC



IP54 600 V AC



IP54 690 V AC

