



## **ENTE OPERADOR REGIONAL** DEL MERCADO ELÉCTRICO DE AMÉRICA CENTRAL

### **ESTUDIO DE SEGURIDAD OPERATIVA PARA:**

**Determinar los límites de transferencia de potencia desde el Sistema Eléctrico de México hacia el Sistema Eléctrico Regional**

**Época Húmeda  
período de junio a noviembre 2019**

|                       |                                                                                                          |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Elaborado por:</b> | Gerencia de Planificación y Operación del EOR                                                            |
| <b>Dirigido a:</b>    | OS/OM y Agentes del MER                                                                                  |
| <b>Asunto:</b>        | Límite de Transferencia de Potencia entre el Sistema Eléctrico de México y el Sistema Eléctrico Regional |
| <b>Fecha:</b>         | 21 de junio de 2019                                                                                      |

# Contenido

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Resumen .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 6  |
| 1.0 Introducción .....                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 8  |
| 1.1 Premisas Técnicas.....                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 8  |
| 2.0 Desarrollo del Estudio.....                                                                                                                                                                                                                                                                              | 10 |
| 2.1 Estudio de flujo de potencia .....                                                                                                                                                                                                                                                                       | 10 |
| 2.2 Estudios de estabilidad de voltaje .....                                                                                                                                                                                                                                                                 | 11 |
| 2.3 Estudios de estabilidad transitoria de contingencias simples.....                                                                                                                                                                                                                                        | 11 |
| 2.4 Estudio de estabilidad transitoria ante la contingencia simple (N-1-México).....                                                                                                                                                                                                                         | 11 |
| 2.5 Representación del Sistema Eléctrico de México.....                                                                                                                                                                                                                                                      | 12 |
| 3.0 Resultados.....                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 12 |
| 3.1 Resultados del análisis de flujo de potencia.....                                                                                                                                                                                                                                                        | 12 |
| Tabla 3.1. Violaciones de flujo en elementos que dependen de las transferencias México-Guatemala para el escenario de septiembre 2019, en condiciones de demanda máxima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER. ....                                             | 14 |
| Tabla 3.2. Violaciones de flujo en elementos que dependen de las transferencias México-Guatemala para el escenario de septiembre 2019, en condiciones de demanda media y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER.....                                               | 14 |
| Tabla 3.3. Violaciones de flujo en elementos que dependen de las transferencias México-Guatemala para el escenario de septiembre 2019, en condiciones de demanda mínima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER.....                                              | 15 |
| 3.2 Resultados del análisis de estabilidad de voltaje.....                                                                                                                                                                                                                                                   | 15 |
| Tabla 3.4. Buses en los que se aplicó el análisis QV .....                                                                                                                                                                                                                                                   | 16 |
| Tabla 3.5. Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1105 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda máxima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER ..... | 16 |
| Tabla 3.6. Principales puntos de la curva de QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1105 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019,                                                                                                                        |    |

en condiciones de demanda media y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER ..... 17

Tabla 3.7. Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1105 para la transferencia México-Guatemala 230 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda mínima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER ..... 18

3.3 Resultados del análisis de estabilidad transitoria ..... 19

3.3.1 Contingencias N-1 ..... 19

3.3.2 Contingencias simples de generación (N-1-México). ..... 20

Tabla 3.8. Contingencias simples que provocan transferencia MEX-GUA superior a 408 MW y un voltaje en la sub Los Brillantes igual o inferior a 0.96 pu ..... 22

Tabla 3.9. Límites de transferencia seguros verificando la condición que produce la activación del EDACBF luego de una contingencia simple, seguida de la desconexión de la interconexión México-Guatemala, activándose a los 408 MW y un voltaje en la sub Los Brillantes igual o inferior a 0.96 pu ..... 23

4.0 Análisis de los resultados ..... 24

5.0 Conclusiones y Recomendaciones ..... 24

Apéndice A ..... 27

Tabla 5.1. Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1105 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda máxima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER ..... 27

Tabla 5.2. Principales puntos de la curva de QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1105 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda media y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER ..... 28

Tabla 5.3. Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1105 para la transferencia México-Guatemala 230 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda mínima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER ..... 29

Tabla 5.4. Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1108 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en



condiciones de demanda máxima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER ..... 30

Tabla 5.5. Principales puntos de la curva de QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1108 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda media y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER ..... 31

Tabla 5.6. Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1108 para la transferencia México-Guatemala 230 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda mínima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER ..... 32

Tabla 5.7. Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1109 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda máxima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER ..... 33

Tabla 5.8. Principales puntos de la curva de QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1109 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda media y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER ..... 34

Tabla 5.9. Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1109 para la transferencia México-Guatemala 230 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda mínima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER ..... 35

Tabla 5.10. Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1110 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda máxima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER ..... 36

Tabla 5.11. Principales puntos de la curva de QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1110 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda media y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER..... 37

Tabla 5.12. Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1110 para la transferencia México-Guatemala 230 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda mínima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER ..... 38

Tabla 5.13. Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1128 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda máxima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER .....39

Tabla 5.14. Principales puntos de la curva de QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1128 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda media y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER.....40

Tabla 5.15. Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1128 para la transferencia México-Guatemala 230 MW para marzo de 2019, en condiciones de demanda mínima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER .....41

## Resumen

Con el presente estudio, se ha realizado una actualización de los valores límite de las transferencias de potencia entre el Sistema Eléctrico de México (SEM) y el Sistema Eléctrico Regional (SER), para la época húmeda correspondiente al período comprendido entre los meses de junio de 2019 a noviembre de 2019.

Los valores límite de la transferencia de potencia desde el SEM hacia el SER, que son actualizados mediante este informe, corresponden al escenario de época húmeda (junio de 2019 a noviembre de 2019) utilizando la base de datos regional integrada del mes de septiembre 2019, remitida al EOR por cada uno de los OS/OM, con las condiciones operativas esperadas por cada OS/OM para su área de control, información que el EOR utilizó de conformidad con lo establecido en el numeral 2.2.2.2, Libro I del RMER.

El presente estudio técnico, ha sido elaborado cumpliendo con los Criterios de Calidad, Seguridad y Desempeño (CCSD) establecidos en el Capítulo 16 del Libro III del RMER, considerando condiciones operativas típicas de época húmeda, reflejadas en las Bases de Datos remitidas por los OS/OM al EOR.

Las principales características que inciden en las transferencias del SEM al SER son las siguientes:

- a) La configuración de la interconexión México-Guatemala: Hay una sola línea de transmisión que permite la transferencia de potencia desde México al SER y dos bancos de transformadores en paralelo en la subestación Los Brillantes 400/230 KV, considerando el valor de límite térmico continuo de dichos bancos de transformadores en 247.5 MVA, con base en lo declarado por el AMM en la nota GMEI-038-2019, del 4 de junio 2019. Para tal efecto, se actualizó en la base de datos PSSE el parámetro RATE A de dichos Transformadores, en el cual se indica el valor de 247.5 MVA en sustitución de 225 MVA. De esta configuración, se presentan dos características importantes:
  - i. Ante la salida de funcionamiento de uno de los bancos de transformadores, el otro banco en paralelo transporta el total del flujo México-SER. Esta sería una de las primeras evaluaciones a realizar cuando se aplican los Criterios de Calidad, Seguridad y Desempeño (CCSD) establecidos en el Reglamento del Mercado Eléctrico Regional (RMER).
  - ii. La contingencia simple (N-1) de la línea de 400 kV México-Guatemala, se considera de importancia regional debido a la magnitud relativa de las transferencias México-SER en comparación con la contingencia más severa del SER.

- b) El mayor tamaño relativo de la inercia del SEM con respecto a los países que integran el SER, hace que la transferencia de potencia México-SER aumente de forma rápida y automática, luego que ocurre una contingencia simple de pérdida de generación en el SER.
- c) Actualmente en la interconexión México-Guatemala, existen en funcionamiento dos Esquemas de Control Suplementario (ECS), que inciden en la determinación de la máxima transferencia México-SER, ya que, por la activación de éstos la interconexión se desconecta, luego de ocurrir algunas contingencias simples de generación en el SER. La lógica de operación de cada uno de los ECS es la siguiente:
- i. Esquema de “disparo transferido por bajo voltaje” (EDALTBV), el cual desconecta la interconexión México-Guatemala cada vez que se cumplen las siguientes condiciones simultáneamente:
    - (1) la transferencia de potencia México-SER aumenta por encima de 300 MW y
    - (2) el voltaje en la subestación de Tapachula disminuye al 97% o menor.Quando se cumplen simultáneamente los 2 parámetros mencionados, y específicamente cuando el voltaje en Tapachula disminuye a 0.97 p.u. este ECS inicia un retardo intencional de 11 ciclos, luego de lo cual de mantenerse activados los 2 parámetros indicados, desconecta la interconexión México-Guatemala [ver la forma en que se ha simulado su actuación en la sección 1.1 y 3.3.2 más adelante].

La rápida respuesta del SEM luego de una repentina pérdida de generación en el SER, puede ocasionar que la transferencia supere los 300 MW en pocos segundos. Con base en los registros de eventos, el ECS de disparo transferido por bajo voltaje, se ha activado 26 veces, entre los meses de septiembre 2016 y el 14 de junio de 2019.

  - ii. Ocurre actualmente el fenómeno de las oscilaciones electromecánicas inter-área entre el sistema de México y el SER, la solución para este fenómeno es la desconexión de la interconexión México-Guatemala por medio de un ECS que actúa cuando se detectan oscilaciones inter-área no amortiguadas. El ECS contra oscilaciones denominado “ESIM004\_OSC”, se activó 83 veces, entre enero de 2017 y el 14 de junio de 2019.

Los límites de transferencia de potencia desde el Sistema Eléctrico de México hacia el Sistema Eléctrico Regional, en el nodo de 400 kV en la subestación Los Brillantes, que resultan de la actualización de este estudio, para época húmeda del año 2019, son los siguientes:

| Escenario de Demanda regional | Horario       | Límite de Transferencia (MW) |
|-------------------------------|---------------|------------------------------|
| Demanda máxima                | 17:00 - 21:59 | <b>240</b>                   |
| Demanda media                 | 06:00 - 16:59 | <b>240</b>                   |
| Demanda mínima                | 22:00 - 05:59 | <b>220</b>                   |

La Base de Datos regional utilizada para este estudio, contiene modelos de usuario homologados desde el primer semestre del año 2018, para los controles de algunas de las principales unidades generadoras en el SER.

Con base en los resultados de este estudio de actualización, se puede verificar que la interconexión México-Guatemala reviste una importancia regional, ya que las transferencias de potencia desde México tienen un impacto significativo en la estabilidad del SER.

## 1.0 Introducción

El objetivo de este estudio es proporcionar un análisis técnico detallado, sobre las transferencias de potencia que se producen a través de la interconexión México-Guatemala, de conformidad con los Criterios de Calidad, Seguridad y Desempeño (CCSD) establecidos en el Reglamento del Mercado Eléctrico Regional (RMER).

### 1.1 Premisas Técnicas

- ✓ Para el presente estudio se ha utilizado la Base de Datos PSS/E de Septiembre 2019, remitida por cada uno de los OS/OM al EOR, con las condiciones operativas y técnicas esperadas por cada OS/OM para su área de control, información que el EOR utilizó de conformidad con lo establecido en el numeral 2.2.2.2, Libro I del RMER, que establece que *“La información suministrada por la CRIE, el EOR, los OS/OM o los agentes del mercado, en cumplimiento del presente RMER, deberá ser verdadera, correcta y completa en el momento en que se suministra, en el mejor conocimiento de la persona que la suministra....”*, entre las cuales destacan las siguientes:
  - a) De conformidad con lo comunicado por el OS/OM de Guatemala (AMM) mediante nota GMEI-038-2019 de fecha 4 de junio 2019, se ha considerado el valor de límite térmico continuo de los bancos de transformadores 400/230 kV de subestación Los Brillantes, en 247.5 MVA. Para tal efecto, se actualizó en la base de datos PSSE el parámetro RATE A de dichos Transformadores, en el cual se indica el valor de 247.5 MVA en sustitución de 225 MVA.



- b) Los umbrales de actuación del ECS EDALTBV, asociado a la línea de interconexión México-Guatemala, se han simulado, tomando como criterio técnico de activación, valores registrados en mediciones PMU de eventos reales ocurridos en el SER, con un valor de potencia promedio de 408 MW de transferencia desde México, y 0.96 p.u. de voltaje medido en la subestación Los Brillantes 400 kV (que sería equivalente al 0.97 p.u. del voltaje medido en la subestación Tapachula de México), y el retardo intencional de 11 ciclos.
- c) Se mantienen los análisis de contingencia simple (N-1) seguida de la activación del Esquema EDALTBV, que desconecta la línea de interconexión 230/400KV México-Guatemala, debido a que la simulación de una contingencia simple N-1 más la salida de la interconexión México-Guatemala, no es una contingencia múltiple, ya que algunas contingencias simples N-1 en las que se activa el EDALTBV se debe a que el SER no alcanza el estado estable previo a la desconexión de la línea de interconexión México-Guatemala, sin que exista falla en dicha línea.
- d) La Reserva de Regulación Primaria de Frecuencia (RPF), utilizada en las simulaciones de estabilidad transitoria en el presente estudio, es aquella reportada por cada área de control en sus respectivos archivos dinámicos que corresponden al modelamiento de los controles de cada una de las máquinas en servicio y que poseen respuesta de gobernador; esta RPF es mayor al 5% de su demanda, lo cual cumple con lo establecido en el numeral 16.2.7.9, libro III del RMER, y establece las condiciones operativas típicas que cada área de control.
- e) No se han simulado Esquemas de Control Suplementario que no cumplen con los Criterios de Calidad, Seguridad y Desempeño, establecidos en el numeral 16.2.6.1, literal b), Capítulo 16, del Libro III del RMER, específicamente en lo referente al inciso i) que establece que para cumplir con el criterio de contingencia simple (N-1) no se debe de desconectar carga en forma automática. En tal sentido, para el caso de los ECS del área de control de Guatemala, se aclara que:
  - i. Tomando en cuenta lo establecido en el RMER, en el desarrollo de estudios eléctricos, no debe permitirse la actuación de ECS diseñados para la desconexión automática de carga ante contingencia simple, por tanto, no es aplicable la modelación y análisis del ECS ESIM001.
  - ii. La contingencia de la línea Los Brillantes-Siquinalá-Escuintla 1, no es una contingencia restrictiva de la transferencia México-SER, por tanto, el análisis del ECS ESIM002 no es relevante para determinar el límite de transferencia entre México y el SER.

- iii. Respecto al ECS ESIM003, que desconecta generación y demanda ante la contingencia simultánea de las líneas Guate Sur-Escuintla 1 y 2, este ECS no fue considerado debido a que el estudio no abarca el análisis de contingencias múltiples.
- iv. El ECS ESIM005 está diseñado para disparar la interconexión México-SER, ante flujo en dirección de Guatemala hacia México, lo cual no es congruente con el objetivo de este estudio, para determinar los límites seguros de transferencia desde el sistema eléctrico de México, hacia el SER, por lo que las contingencias que pudieran provocar la activación de este ECS no son parte del alcance del presente estudio.
- v. El ECS ESIM006 dispara la interconexión México-SER, ante un exceso de generación en México, lo cual es producido por contingencias en dicho sistema, no obstante, la actuación de este ECS, desconectando la interconexión México-SER, es equivalente a evaluar la contingencia de dicha interconexión, con la consecuente pérdida del intercambio con México, lo cual ya fue analizado en el presente estudio.
- vi. Respecto al ECS ESIM004, el cual desconecta la interconexión entre México y el SER ante oscilaciones electromecánicas no amortiguadas, este ECS activa su actuación ante dichas oscilaciones que aparecen producto de contingencias simples, así como de origen espontáneo (sin contingencia previa).

## 2.0 Desarrollo del Estudio

En el presente estudio de actualización, se han desarrollado los siguientes análisis:

### 2.1 Estudio de flujo de potencia

Se realiza un análisis de flujo de potencia para las condiciones del sistema en caso base (sin contingencias) y de contingencia simple (N-1). Los criterios para dicho análisis son los establecidos en el RMER, Libro III, Capítulo 16, "Criterios de Calidad, Seguridad y Desempeño (CCSD)".

Entre las contingencias simples, se incluyen los casos de contingencia simple de uno de los bancos de transformadores de la subestación Los Brillantes (LBR) en Guatemala, y los casos de contingencia simple de la línea de 400 kV de México-Guatemala.

## 2.2 Estudios de estabilidad de voltaje

El estudio se realiza con la elaboración de curvas QV; donde a una barra seleccionada se le conecta un generador con el propósito de variar la tensión en la barra y obtener la compensación de reactivos requerida para cada nivel de tensión ajustado. Se ha considerado que debe de cumplirse un margen mínimo de  $-10$  MVAR para un voltaje de 0.9 pu.

En el análisis de estabilidad de voltaje QV, se incluyen las condiciones de operación normal (sin contingencias) y las condiciones de contingencias simples (N-1), incluyendo la contingencia simple de la línea de 400 kV México-Guatemala.

## 2.3 Estudios de estabilidad transitoria de contingencias simples

Un aspecto relevante que se debe tener en consideración en los análisis de estabilidad transitoria, es que el SEM es aproximadamente cinco veces más grande que el SER, en cuanto a su demanda y generación despachada, asimismo, el SEM cuenta con unidades generadoras de mayor capacidad en comparación con las existentes en el SER, lo que en conjunto permite una característica de respuesta inercial y regulación primaria mucho más rápida y de mayor magnitud que la respuesta del parque de generación del SER.

En esta parte se analizan las contingencias simples (N-1) en el SER, incluyendo la contingencia simple de la línea de 400 kV México-Guatemala.

## 2.4 Estudio de estabilidad transitoria ante la contingencia simple (N-1-México).

En esta sección se analiza, la contingencia simple (N-1) de generación de gran magnitud en el SER, lo que puede provocar la desconexión del sistema eléctrico mexicano, por actuación de Esquemas de Control Suplementario, como ya se explicó anteriormente, el caso de la simulación de una contingencia simple N-1 más la salida de la interconexión México-Guatemala, no es una contingencia múltiple, ya que algunas contingencias simples N-1 en las que se activa el EDALTBV se debe a que el SER no alcanza el estado estable previo a la desconexión de la línea de interconexión México-Guatemala, sin que exista falla en dicha línea. La desconexión repentina del SEM ocurre en la práctica debido a dos razones:

1. Activación del ECS de "disparo transferido por bajo voltaje" (EDALTBV): cuando la importación de potencia desde México supera los 300 MW y el voltaje en la subestación de Potencia Tapachula disminuye ligeramente al 97% o inferior. Cuando se cumplen simultáneamente los 2 parámetros mencionados, y específicamente cuando el voltaje en Tapachula disminuye a 0.97 p.u., este ECS inicia un retardo

intencional de 11 ciclos, luego de lo cual de mantenerse activados los 2 parámetros indicados, desconecta la interconexión México-Guatemala. [ver la forma en que se ha simulado su actuación en la sección 1.1 y 3.3.2].

2. Activación del ECS contra oscilaciones (ESIM004\_OSC): la desconexión repentina de un generador en el SER puede desencadenar oscilaciones inter-área pobremente amortiguadas. Cuando las oscilaciones inter-área se tornan inestables, el ECS contra oscilaciones desactiva la interconexión México-Guatemala luego de varios segundos.

## 2.5 Representación del Sistema Eléctrico de México

El EOR ha utilizado el último modelo disponible del Sistema Eléctrico de México, provisto por el OS/OM de Guatemala (AMM) en sus Bases de Datos anteriores (año 2016), en aplicación de lo establecido en el numeral 3.3.7.1 Libro II del RMER. Dicho modelo disponible incluye los reactores 3x16.66 MVAR, y la línea de interconexión de 400 kV con el Sistema Eléctrico de México. En cuanto a los datos de los dos bancos de transformadores de Los Brillantes, se ha actualizado su límite térmico continuo al valor de 247.5 MVA en sustitución de los 225 MVA, conforme a lo informado por el AMM mediante nota GMEI-038-2019 de fecha 4 de junio 2019.

## 3.0 Resultados

En esta sección, se presentan los resultados obtenidos para tres tipos de análisis: flujo de potencia, estabilidad de voltaje y estabilidad transitoria; con los cuales se obtienen límites seguros de transferencia de potencia entre México y el SER.

### 3.1 Resultados del análisis de flujo de potencia

En el análisis, se tuvieron en cuenta 39 escenarios, correspondientes a las 3 condiciones de demanda y 13 niveles de transferencias entre México-Guatemala.

Las 3 condiciones de demanda que se estudiaron fueron las siguientes:

- Septiembre de 2019, escenario de demanda máxima, con transferencias máximas norte-sur entre los países que integran el MER
- Septiembre de 2019, escenario de demanda media, con transferencias máximas norte-sur entre los países que integran el MER
- Septiembre de 2019, escenario de demanda mínima, con transferencias máximas norte-sur entre los países que integran el MER

Las transferencias México-Guatemala que se consideraron, fueron las siguientes:

- 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230 y 240 MW

Los escenarios utilizados incluyen los modelos homologados de plantas hidroeléctricas, con base en pruebas de campo realizadas por el EOR por medio de una Consultoría especializada, así mismo la Base de Datos regional integrada de septiembre 2019 contiene nuevas centrales de Generación de gran magnitud que entraron recientemente en servicio, como las centrales Costa Norte y Cobre Panamá en el área de control de Panamá.

Se ejecutaron simulaciones de flujo de potencia para el SER en caso base (sistema completo, sin contingencias) y N-1 (contingencia simple). En el caso del análisis de contingencias N-1, se consideró la pérdida de los siguientes elementos:

- Contingencia de cada unidad de generación del SER
- Contingencia de cada línea o transformador con un nivel de voltaje  $\geq 115$  kV

Las simulaciones de flujos de potencia se ejecutaron con respuesta de gobernador, es decir, la condición posterior a la contingencia obtenida luego de la respuesta de todos los gobernadores del sistema, lo que modifica la producción de generación. Esta es la forma en la que comúnmente se ejecuta este tipo de análisis en la región.

Los resultados de las simulaciones, mostraron varias sobrecargas y violaciones de voltaje. La mayoría de las violaciones no aumentó al mismo ritmo que la transferencia México-Guatemala. Por lo tanto, la mayor parte de ellas no se vieron afectadas por dichas transferencias.

Las violaciones que se vieron afectadas por las transferencias México-Guatemala aparecen en la Tabla 3.1, la Tabla 3.2 y la Tabla 3.3. Cada tabla corresponde a los escenarios de demanda máxima, media y mínima respectivamente.

En la Tabla 3.1, Tabla 3.2 y Tabla 3.3, se muestra que los niveles de transferencia México-Guatemala, con respecto al análisis de flujo de potencia son los siguientes:

- 240 MW, para casos de demanda máxima
- 240 MW, para casos de demanda media
- 230 MW, para casos de demanda mínima

Estos valores son preliminares y están sujetos a prueba, con respecto a los subsiguientes análisis de estabilidad del voltaje y la estabilidad transitoria para identificar cualquier restricción adicional.

**Tabla 3.1.** Violaciones de flujo en elementos que dependen de las transferencias México-Guatemala para el escenario de septiembre 2019, en condiciones de **demanda máxima** y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER.

| Elemento con violación →       | 1110-1128(2)        | 1110-1128(1)        |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| Contingencias →                |                     |                     |
| Transferencia México-Guatemala | SINGLE 1110-1128(1) | SINGLE 1110-1128(2) |
| 190 MW                         | No violación        | No violación        |
| 200 MW                         | No violación        | No violación        |
| 210 MW                         | No violación        | No violación        |
| 220 MW                         | No violación        | No violación        |
| 230 MW                         | No violación        | No violación        |
| 240 MW                         | No violación        | No violación        |

**Tabla 3.2.** Violaciones de flujo en elementos que dependen de las transferencias México-Guatemala para el escenario de septiembre 2019, en condiciones de **demanda media** y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

| Elemento con violación →       | 1110-1128(2)        | 1110-1128(1)        |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| Contingencias →                |                     |                     |
| Transferencia México-Guatemala | SINGLE 1110-1128(1) | SINGLE 1110-1128(2) |
| 190 MW                         | No violación        | No violación        |
| 200 MW                         | No violación        | No violación        |
| 210 MW                         | No violación        | No violación        |
| 220 MW                         | No violación        | No violación        |
| 230 MW                         | No violación        | No violación        |
| 240 MW                         | No violación        | No violación        |

**Tabla 3.3.** Violaciones de flujo en elementos que dependen de las transferencias México-Guatemala para el escenario de septiembre 2019, en condiciones de **demanda mínima** y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

| Elemento con violación →       | 1110-1128(2)        | 1110-1128(1)        |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| Contingencias →                |                     |                     |
| Transferencia México-Guatemala | SINGLE 1110-1128(1) | SINGLE 1110-1128(2) |
| 190 MW                         | No violación        | No violación        |
| 200 MW                         | No violación        | No violación        |
| 210 MW                         | No violación        | No violación        |
| 220 MW                         | No violación        | No violación        |
| 230 MW                         | No violación        | No violación        |
| 240 MW                         | 100.9%              | 100.9%              |

## 3.2 Resultados del análisis de estabilidad de voltaje

El análisis de estabilidad de voltaje se realizó en los siguientes casos, para los cuales no se detectaron limitaciones en el análisis de flujo de potencia:

- Transferencia México-Guatemala de 240 MW, condición de demanda máxima, con transferencias máximas norte-sur entre los países que integran el MER
- Transferencia México-Guatemala de 240 MW, condición de demanda media, con transferencias máximas norte-sur entre los países que integran el MER
- Transferencia México-Guatemala de 230 MW, condición de demanda mínima, con transferencias máximas norte-sur entre los países que integran el MER

Si el margen de estabilidad de voltaje es insuficiente, se deben analizar valores inferiores de las transferencias México-Guatemala hasta que se determine un nuevo nivel de transferencia con un margen suficiente.

En las Tablas 3.5, 3.6 y 3.7, aparecen los resultados del cálculo de margen del bus 1105 para las contingencias con los peores márgenes de estabilidad. Se muestran los resultados para el bus 1105 porque éste tuvo los márgenes de estabilidad más bajos en comparación con los márgenes de los demás buses que figuran en la Tabla 3.4 (resultados para todos los buses se incluyen en el Apéndice A, sección A.1).

**Tabla 3.4.** Buses en los que se aplicó el análisis QV

| Número Bus | Nombre Bus | Base KV | MAX_240:<br>Voltaje (pu) | MED_240:<br>Voltaje (pu) | MIN_230:<br>Voltaje (pu) |
|------------|------------|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1105       | ENR-230    | 230     | 1.0071                   | 1.0062                   | 0.9974                   |
| 1108       | GNO-231    | 230     | 0.9972                   | 0.9996                   | 0.9917                   |
| 1109       | GSU-231    | 230     | 0.9956                   | 0.9956                   | 0.9874                   |
| 1110       | LBR-231    | 230     | 0.9954                   | 1.0007                   | 0.9719                   |
| 1128       | LBR-400    | 400     | 0.9800                   | 0.9818                   | 0.9728                   |

**Tabla 3.5.** Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1105 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda máxima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

| Contingencia           | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.05 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.95 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.9 pu |
|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CONTINGENCY: BASE CASE | 189.56                                      | 82.60                                        | -13.00                                    | -98.93                                       | -175.13                                     |
| CONTINGENCY: SJO-C1    | 197.01                                      | 92.92                                        | -0.63                                     | -84.54                                       | -158.88                                     |
| CONTINGENCY: EST-GUA   | 208.43                                      | 102.46                                       | 6.58                                      | -79.48                                       | -155.81                                     |
| CONTINGENCY: 15SE-U1   | 199.22                                      | 92.81                                        | -2.97                                     | -89.02                                       | -165.29                                     |
| CONTINGENCY: 15SE-U2   | 199.21                                      | 92.80                                        | -2.98                                     | -89.03                                       | -165.30                                     |
| CONTINGENCY: CGRA-U1   | 198.67                                      | 92.23                                        | -3.55                                     | -89.60                                       | -165.87                                     |
| CONTINGENCY: CGRA-U2   | 198.71                                      | 92.27                                        | -3.51                                     | -89.57                                       | -165.83                                     |
| CONTINGENCY: COBG1     | 219.20                                      | 113.40                                       | 17.34                                     | -68.68                                       | -144.99                                     |
| CONTINGENCY: COBG2     | 219.93                                      | 114.14                                       | 18.08                                     | -67.94                                       | -144.21                                     |
| CONTINGENCY: CJN U02   | 196.24                                      | 89.69                                        | -6.07                                     | -92.12                                       | -168.32                                     |
| CONTINGENCY: CJN U03   | 196.24                                      | 89.69                                        | -6.07                                     | -92.12                                       | -168.32                                     |
| CONTINGENCY: CJN U04   | 196.24                                      | 89.69                                        | -6.07                                     | -92.12                                       | -168.32                                     |
| CONTINGENCY: MSY-SMT   | 190.19                                      | 83.27                                        | -12.35                                    | -98.29                                       | -174.49                                     |
| CONTINGENCY: REN-TIC   | 198.88                                      | 93.07                                        | -2.30                                     | -87.84                                       | -163.51                                     |
| CONTINGENCY: GU1       | 190.97                                      | 84.19                                        | -11.31                                    | -97.17                                       | -173.28                                     |
| CONTINGENCY: GU2       | 190.97                                      | 84.19                                        | -11.31                                    | -97.17                                       | -173.28                                     |
| CONTINGENCY: GU3       | 190.41                                      | 84.65                                        | -10.16                                    | -95.38                                       | -170.88                                     |
| CONTINGENCY: GU4       | 198.38                                      | 92.45                                        | -2.75                                     | -88.27                                       | -164.11                                     |
| CONTINGENCY: GU5       | 198.38                                      | 92.45                                        | -2.75                                     | -88.27                                       | -164.11                                     |
| CONTINGENCY: GU6       | 197.17                                      | 93.09                                        | -0.46                                     | -84.38                                       | -158.73                                     |
| CONTINGENCY: GU7       | 191.83                                      | 85.64                                        | -9.40                                     | -94.84                                       | -170.52                                     |



|                   |        |       |        |         |         |
|-------------------|--------|-------|--------|---------|---------|
| CONTINGENCY: GU8  | 188.99 | 82.60 | -12.41 | -97.78  | -173.42 |
| CONTINGENCY: GU9  | 189.49 | 83.21 | -11.69 | -96.99  | -172.58 |
| CONTINGENCY: GU10 | 195.63 | 91.43 | -2.09  | -85.99  | -160.31 |
| CONTINGENCY: GU11 | 199.54 | 93.23 | -2.37  | -88.27  | -164.47 |
| CONTINGENCY: GU12 | 195.61 | 89.15 | -6.49  | -92.47  | -168.63 |
| CONTINGENCY: GU13 | 189.93 | 83.02 | -12.58 | -98.50  | -174.68 |
| CONTINGENCY: GU14 | 190.85 | 84.29 | -11.03 | -96.71  | -172.63 |
| CONTINGENCY: GU15 | 181.75 | 76.66 | -17.02 | -101.02 | -175.30 |
| CONTINGENCY: GU16 | 187.05 | 83.20 | -9.14  | -91.87  | -165.03 |
| CONTINGENCY: GU18 | 193.91 | 87.45 | -8.07  | -93.88  | -169.83 |
| CONTINGENCY: GU19 | 194.42 | 87.86 | -7.86  | -93.92  | -170.18 |

**Tabla 3.6.** Principales puntos de la curva de QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1105 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda media y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

| Contingencia           | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.05 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.95 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.9 pu |
|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CONTINGENCY: BASE CASE | 187.57                                      | 82.83                                        | -12.43                                    | -98.00                                       | -174.01                                     |
| CONTINGENCY: SJO-C1    | 195.99                                      | 93.54                                        | 0.52                                      | -82.96                                       | -157.01                                     |
| CONTINGENCY: JEN-C1    | 192.36                                      | 89.65                                        | -3.66                                     | -87.39                                       | -161.71                                     |
| CONTINGENCY: JEN-C2    | 192.36                                      | 89.65                                        | -3.66                                     | -87.39                                       | -161.71                                     |
| CONTINGENCY: ESTG1     | 194.69                                      | 89.75                                        | -5.59                                     | -91.22                                       | -167.33                                     |
| CONTINGENCY: 15SE-U1   | 196.90                                      | 91.93                                        | -3.43                                     | -89.09                                       | -165.17                                     |
| CONTINGENCY: CGRA-U1   | 196.37                                      | 91.41                                        | -3.96                                     | -89.60                                       | -165.68                                     |
| CONTINGENCY: COBG1     | 215.72                                      | 110.37                                       | 14.78                                     | -71.11                                       | -147.12                                     |
| CONTINGENCY: COBG2     | 216.31                                      | 110.94                                       | 15.35                                     | -70.55                                       | -146.56                                     |
| CONTINGENCY: CJN U02   | 194.68                                      | 89.73                                        | -5.59                                     | -91.23                                       | -167.34                                     |
| CONTINGENCY: CJN U03   | 191.37                                      | 86.53                                        | -8.78                                     | -94.38                                       | -170.44                                     |
| CONTINGENCY: CJN U01   | 194.11                                      | 89.18                                        | -6.14                                     | -91.77                                       | -167.88                                     |
| CONTINGENCY: REV-U1    | 193.34                                      | 88.43                                        | -6.89                                     | -92.51                                       | -168.61                                     |
| CONTINGENCY: PIR-U1    | 194.72                                      | 89.78                                        | -5.56                                     | -91.19                                       | -167.30                                     |
| CONTINGENCY: MSY-SMT   | 188.06                                      | 83.30                                        | -11.97                                    | -97.53                                       | -173.55                                     |
| CONTINGENCY: GU1       | 188.57                                      | 83.98                                        | -11.13                                    | -96.57                                       | -172.47                                     |
| CONTINGENCY: GU2       | 188.57                                      | 83.98                                        | -11.13                                    | -96.57                                       | -172.47                                     |
| CONTINGENCY: GU3       | 188.31                                      | 84.17                                        | -10.52                                    | -95.56                                       | -171.10                                     |
| CONTINGENCY: GU4       | 188.31                                      | 84.17                                        | -10.52                                    | -95.56                                       | -171.10                                     |

|                   |        |       |        |        |         |
|-------------------|--------|-------|--------|--------|---------|
| CONTINGENCY: GU5  | 185.24 | 81.70 | -12.46 | -96.98 | -172.12 |
| CONTINGENCY: GU6  | 185.34 | 81.75 | -12.46 | -97.02 | -172.19 |
| CONTINGENCY: GU7  | 189.10 | 85.22 | -9.21  | -94.03 | -169.38 |
| CONTINGENCY: GU8  | 187.39 | 84.38 | -9.29  | -93.41 | -168.13 |
| CONTINGENCY: GU9  | 197.12 | 92.75 | -2.07  | -87.20 | -162.83 |
| CONTINGENCY: GU10 | 189.47 | 84.77 | -10.39 | -95.86 | -171.78 |
| CONTINGENCY: GU11 | 196.18 | 93.71 | 0.69   | -82.80 | -156.86 |
| CONTINGENCY: GU12 | 186.82 | 83.85 | -9.78  | -93.87 | -168.56 |
| CONTINGENCY: GU13 | 187.34 | 83.47 | -10.97 | -95.82 | -171.21 |
| CONTINGENCY: GU14 | 186.50 | 82.40 | -12.26 | -97.25 | -172.75 |
| CONTINGENCY: GU15 | 184.73 | 81.00 | -13.32 | -98.04 | -173.31 |
| CONTINGENCY: GU16 | 186.92 | 82.46 | -12.51 | -97.78 | -173.50 |
| CONTINGENCY: GU17 | 186.92 | 82.46 | -12.51 | -97.78 | -173.50 |
| CONTINGENCY: GU18 | 192.52 | 90.16 | -2.80  | -86.22 | -160.22 |
| CONTINGENCY: GU19 | 188.39 | 83.60 | -11.70 | -97.30 | -173.35 |
| CONTINGENCY: GU20 | 198.17 | 93.35 | -1.89  | -87.44 | -163.47 |
| CONTINGENCY: GU21 | 194.02 | 89.29 | -5.92  | -91.51 | -167.57 |

**Tabla 3.7.** Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1105 para la transferencia México-Guatemala 230 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda mínima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

| Contingencia           | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.05 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.95 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.9 pu |
|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CONTINGENCY: BASE CASE | 197.73                                      | 95.35                                        | 4.46                                      | -77.32                                       | -150.19                                     |
| CONTINGENCY: SJO-C1    | 210.67                                      | 113.11                                       | 25.39                                     | -53.58                                       | -120.64                                     |
| CONTINGENCY: JEN-C2    | 204.71                                      | 107.38                                       | 20.53                                     | -57.60                                       | -127.18                                     |
| CONTINGENCY: COBG1     | 241.07                                      | 140.42                                       | 48.91                                     | -30.86                                       | -95.40                                      |
| CONTINGENCY: COBG2     | 242.02                                      | 141.38                                       | 49.85                                     | -29.71                                       | -94.01                                      |
| CONTINGENCY: MSY-SMT   | 198.70                                      | 96.42                                        | 5.49                                      | -76.30                                       | -149.19                                     |
| CONTINGENCY: REN-TIC   | 212.70                                      | 113.06                                       | 23.22                                     | -57.68                                       | -127.19                                     |
| CONTINGENCY: GU1       | 199.03                                      | 97.18                                        | 6.46                                      | -75.16                                       | -147.91                                     |
| CONTINGENCY: GU2       | 199.03                                      | 97.18                                        | 6.46                                      | -75.16                                       | -147.91                                     |
| CONTINGENCY: GU3       | 192.32                                      | 96.28                                        | 11.99                                     | -63.73                                       | -131.24                                     |
| CONTINGENCY: GU4       | 197.17                                      | 96.10                                        | 5.98                                      | -75.07                                       | -147.31                                     |
| CONTINGENCY: GU5       | 183.42                                      | 84.06                                        | -2.51                                     | -80.42                                       | -149.62                                     |
| CONTINGENCY: GU6       | 210.87                                      | 113.32                                       | 25.60                                     | -53.39                                       | -120.43                                     |
| CONTINGENCY: GU7       | 200.40                                      | 99.13                                        | 9.04                                      | -71.97                                       | -143.98                                     |

|                   |        |        |       |        |         |
|-------------------|--------|--------|-------|--------|---------|
| CONTINGENCY: GU8  | 198.80 | 97.36  | 7.23  | -73.83 | -146.00 |
| CONTINGENCY: GU9  | 197.57 | 96.03  | 6.12  | -74.73 | -146.78 |
| CONTINGENCY: GU10 | 187.82 | 88.25  | 1.43  | -76.75 | -146.19 |
| CONTINGENCY: GU11 | 209.06 | 111.29 | 23.58 | -55.38 | -122.71 |

### 3.3 Resultados del análisis de estabilidad transitoria

En el análisis de estabilidad transitoria, se verificó la existencia de restricciones adicionales; por lo tanto, los límites de transferencia finales son inferiores a aquellos identificados por medio del análisis de flujo de potencia.

Las máximas transferencias estudiadas son 240 MW (para condiciones de demanda máxima), 240 MW (para condiciones de demanda media) y 230 MW (para condiciones de demanda mínima), ya que estos casos no mostraron limitaciones en el análisis de flujo de potencia de la sección 3.1, en condiciones N-1 (contingencia simple).

Los datos dinámicos de los generadores, incluidos los modelos de los controles de las máquinas del SER, homologados por el EOR, como para los demás modelos de las restantes unidades generadoras del SER con control de Gobernador, se han mantenido con el ajuste remitido por cada uno de los OS/OM en su Base de Datos dinámica PSS/E.

Los resultados se describen a continuación.

#### 3.3.1 Contingencias N-1

El análisis de la estabilidad transitoria para las contingencias N-1, no arrojó restricciones adicionales en las transferencias México-SER (véanse las figuras del comportamiento dinámico de la frecuencia en el Apéndice A, sección A.2.1). En particular, el análisis se concentró en observar si se presentan las condiciones para la actuación del ECS de desconexión de carga por baja frecuencia (EDACBF regional).

Como conclusión de este análisis, no se observó evento alguno de desconexión de carga en las transferencias México-SER de 240 MW en condiciones de demanda máxima, ni en las transferencias México-SER de 240 MW en condiciones de demanda media, ni en las transferencias México-SER de 230 MW en condiciones de demanda mínima.

### 3.3.2 Contingencias simples de generación (N-1-México).

En esta parte, se considera el efecto del ECS de disparo transferido por bajo voltaje (EDALTBV), según la lógica de operación actual.

En este sentido, el EOR ha simulado la actuación del EDALTBV, con base en registros de PMUs durante eventos reales ocurridos en el SER, donde el EDALTBV ha operado, con el objetivo de reproducir el comportamiento del voltaje en la subestación Los Brillantes 400 kV que represente el voltaje de la subestación Tapachula Potencia del SEM, y ha determinado los parámetros de flujo de potencia en la interconexión México-Guatemala y del voltaje en la subestación Los Brillantes 400 kV, para los cuales el ECS EDALTBV se activa efectivamente según registros PMU, resultando los siguientes valores:

| Fecha Evento | Transferencia MW de activación del EDALTBV | Voltaje LBR-400 kV de activación del EDALTBV |
|--------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 04-mar-17    | -404.23                                    | 0.952                                        |
| 21-mar-17    | -413.48                                    | 0.956                                        |
| 26-abr-17    | -441.94                                    | 0.958                                        |
| 27-jun-17    | -442.40                                    | 0.937                                        |
| 28-ago-18    | -418.53                                    | 0.933                                        |
| 30-oct-18    | -326.17                                    | 0.946                                        |
| 11-mar-19    | -408.02                                    | 0.954                                        |

Considerando los valores resumidos en la tabla anterior, el EOR ha realizado actualizaciones de las simulaciones de estabilidad transitoria, utilizando los parámetros de activación del EDALTBV correspondientes a un valor promedio de 408 MW de transferencia México-Guatemala y a un voltaje en la subestación Los Brillantes 400 kV de 0.96 p.u., que corresponde al caso más sensible de abatimiento de voltaje que activa el EDALTBV, en función de mantener la seguridad operativa del SER.

Los valores resultantes se muestran a continuación, los cuales representan los límites de transferencia de potencia desde el sistema eléctrico de México hacia el sistema eléctrico regional, para época húmeda (junio a noviembre 2019):

| Escenario de Demanda regional | Límites de transferencia México-Guatemala resultantes (MW) |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Demanda máxima                | 240                                                        |
| Demanda media                 | 240                                                        |
| Demanda mínima                | 220                                                        |

Los resultados se han obtenido a partir de las simulaciones realizadas con la Base de Datos PSS/E remitida por los OS/OM, la cual posee una reserva de regulación primaria mostrada en las siguientes tablas para cada escenario de demanda, esto considerando que dicha reserva fue calculada por el EOR a partir de los ajustes de los gobernadores contenidos en la Base de Datos dinámica de septiembre de 2019, según el detalle siguiente:

Demanda Máxima Sept 2019

| País | Generación | Intercambio Neto | Demanda_Gen | Reserva | Porcentaje |
|------|------------|------------------|-------------|---------|------------|
| GU   | 1789.03    | 63.94485         | 1725.089    | 437.98  | 25         |
| ES   | 713.02     | -252.348         | 965.3678    | 150.86  | 16         |
| HO   | 1733.25    | 118.4343         | 1614.815    | 185.25  | 11         |
| NI   | 739.8      | 29.51359         | 710.2864    | 171.12  | 24         |
| CR   | 1222.25    | -199.259         | 1421.513    | 480.88  | 34         |
| PA   | 1492.46    | 35.88985         | 1456.573    | 475.26  | 33         |

Demanda Media Sept 2019

| País | Generación | Intercambio Neto | Demanda_Gen | Reserva | Porcentaje |
|------|------------|------------------|-------------|---------|------------|
| GU   | 1570.48    | 60.49434         | 1509.989    | 523.25  | 35         |
| ES   | 811        | -212.256         | 1023.256    | 152.73  | 15         |
| HO   | 1725.49    | 110.136          | 1615.358    | 222.76  | 14         |
| NI   | 592.32     | -0.31083         | 592.6308    | 214.14  | 36         |
| CR   | 1058.97    | -200.104         | 1259.076    | 409.82  | 33         |
| PA   | 1766.06    | 33.32047         | 1732.741    | 470.57  | 27         |

Demanda Mínima Sept 2019

| País | Generación | Intercambio Neto | Demanda_Gen | Reserva | Porcentaje |
|------|------------|------------------|-------------|---------|------------|
| GU   | 1026.56    | 82.1482          | 944.4118    | 297.39  | 31         |
| ES   | 259.95     | -272.186         | 532.1361    | 80.03   | 15         |
| HO   | 1074.31    | 159.6437         | 914.6695    | 122.67  | 13         |
| NI   | 449.15     | 19.90772         | 429.2423    | 217.15  | 51         |
| CR   | 522.06     | -209.292         | 731.3507    | 323.47  | 44         |
| PA   | 1208.65    | 28.94333         | 1179.712    | 542.72  | 46         |

Es importante mencionar que, en el caso del archivo DYR remitido por el OS/OM del área de control de Panamá, el EOR observó que existen 3 unidades de generación (BONG1, BONG2, BONG3) de 10.4 MW cada una, que tenían ajustado un límite de gobernador de 10.0 p.u. en los 3 escenarios de demanda, lo cual es físicamente imposible, ya que esas 3 unidades no podrían proporcionar una RPF de más de 300 MW en conjunto; por lo anterior, el EOR ajustó dichos límites de gobernador de esas unidades de generación específicas al valor de 1.0 p.u.

En la Tabla 3.8, se muestra la lista de contingencias simples ante las cuales, las transferencias desde México superan los 408 MW y alcanzan un voltaje en la sub Los Brillantes igual o inferior a 0.96 p.u.

En la Tabla 3.9, se muestran los resultados tomando el criterio en las simulaciones, con las contingencias N-1-México, a los 408 MW y alcanzan un voltaje en la sub Los Brillantes igual o inferior a 0.96 p.u.

Los valores límites fueron determinados al verificar que, en la transferencia superior a la determinada, la frecuencia cae claramente por debajo del umbral de la primera etapa del Esquema de Desconexión Automática de Carga por Baja Frecuencia (EDACBF), el cual es de 59.3 Hz.

**Tabla 3.8.** Contingencias simples que provocan transferencia MEX-GUA superior a 408 MW y un voltaje en la sub Los Brillantes igual o inferior a 0.96 p.u.

| Demanda | Nivel de Transferencia Pre-Contingencia México-SER | Nodo Contingencia                                                                                          | Nombre de la Generación Pérdida | Generación Pérdida (MW) | Nivel de Transferencia Post-Contingencia México-SER |
|---------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------|
| Máxima  | 160                                                | Ninguna contingencia produce una transferencia posterior a la contingencia México-SER por encima de 408 MW |                                 |                         |                                                     |
| Máxima  | 170                                                | 1448 TO BUS 1756<br>CKT1                                                                                   | TIC-232-REN-230-1               | 214.4                   | 413.7                                               |
| Máxima  | 200                                                | 1448 TO BUS 1756<br>CKT1                                                                                   | TIC-232-REN-230-1               | 214.4                   | 443.6                                               |
| Máxima  | 210                                                | 1448 TO BUS 1756<br>CKT1                                                                                   | TIC-232-REN-230-1               | 214.4                   | 453.3                                               |
| Máxima  | 220                                                | 1448 TO BUS 1756<br>CKT1                                                                                   | TIC-232-REN-230-1               | 214.4                   | 463.7                                               |
| Máxima  | 220                                                | 6756                                                                                                       | COBG1                           | 134.6                   | 408.3                                               |
| Máxima  | 220                                                | 6757                                                                                                       | COBG2                           | 136.1                   | 410.3                                               |
| Máxima  | 230                                                | 1448 TO BUS 1756<br>CKT1                                                                                   | TIC-232-REN-230-1               | 214.4                   | 474.1                                               |
| Máxima  | 230                                                | 6756                                                                                                       | COBG1                           | 134.6                   | 420.7                                               |
| Máxima  | 230                                                | 6757                                                                                                       | COBG2                           | 136.1                   | 420.7                                               |

|        |     |                                                                                                            |                       |       |       |
|--------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------|-------|
| Máxima | 240 | 1448 TO BUS 1756<br>CKT1                                                                                   | TIC-232-REN-230-1     | 214.4 | 483.0 |
| Máxima | 240 | 6179 TO BUS 6360<br>CKT 22                                                                                 | GUA230-GLA230-<br>22  | 110.4 | 407.6 |
| Máxima | 240 | 6756                                                                                                       | COBG1                 | 134.6 | 429.9 |
| Máxima | 240 | 6757                                                                                                       | COBG2                 | 136.1 | 429.9 |
| Media  | 190 | Ninguna contingencia produce una transferencia posterior a la contingencia México-SER por encima de 408 MW |                       |       |       |
| Media  | 210 | 6756                                                                                                       | COBG1                 | 134.6 | 411.1 |
| Media  | 210 | 6757                                                                                                       | COBG2                 | 136.1 | 413.1 |
| Media  | 210 | 1448 TO BUS 1756<br>CKT1                                                                                   | TIC-232-REN-230-<br>1 | 178   | 406.2 |
| Media  | 230 | 6756                                                                                                       | COBG1                 | 134.6 | 430.7 |
| Media  | 230 | 6757                                                                                                       | COBG2                 | 136.1 | 431.0 |
| Media  | 230 | 1448 TO BUS 1756<br>CKT1                                                                                   | TIC-232-REN-230-<br>1 | 178   | 425.0 |
| Media  | 240 | 6756                                                                                                       | COBG1                 | 134.6 | 441.0 |
| Media  | 240 | 6757                                                                                                       | COBG2                 | 136.1 | 442.0 |
| Media  | 240 | 1448 TO BUS 1756<br>CKT1                                                                                   | TIC-232-REN-230-<br>1 | 178   | 438.0 |
| Mínima | 210 | Ninguna contingencia produce una transferencia posterior a la contingencia México-SER por encima de 408 MW |                       |       |       |
| Mínima | 220 | 1448 TO BUS 1756<br>CKT1                                                                                   | TIC-232-REN-230-1     | 172.0 | 408.1 |
| Mínima | 230 | 1448 TO BUS 1756<br>CKT1                                                                                   | TIC-232-REN-230-1     | 172.0 | 418.5 |

**Tabla 3.9.** Límites de transferencia seguros verificando la condición que produce la activación del EDACBF luego de una contingencia simple, seguida de la desconexión de la interconexión México-Guatemala, activándose a los 408 MW y un voltaje en la sub Los Brillantes igual o inferior a 0.96 p.u.

| Caso                                                 | Contingencia     | Carga desconectada (MW) | Frecuencia       |
|------------------------------------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| Demanda Máxima, Transferencia México - SER de 240 MW | Sin limitaciones | Sin limitaciones        | Sin limitaciones |
| Demanda Mínima, Transferencia México - SER de 240 MW | Sin limitaciones | Sin limitaciones        | Sin limitaciones |
| Demanda Mínima, Transferencia México - SER de 220 MW | Sin limitaciones | Sin limitaciones        | Sin limitaciones |
| Demanda Mínima, Transferencia México - SER de 230 MW | TIC-232-REN-230  | 138                     | 59.23            |

## 4.0 Análisis de los resultados

Los valores límite de transferencia de potencia, desde el sistema eléctrico de México hacia el SER, resultantes en este estudio son de:

- **240 MW** para condiciones de demanda máxima
- **240 MW** para condiciones de demanda media y
- **220 MW** para condiciones de demanda mínima

Usando la Base de Datos regional integrada de septiembre de 2019, que representa la estación de época húmeda (junio 2019 a noviembre 2019). Los resultados finales indicados, corresponden al valor más bajo de transferencia, de entre todos los que se identificaron.

Con base en los resultados obtenidos, se verifica que la interconexión México-Guatemala posee una gran importancia a nivel regional, para la operación segura y confiable del SER.

## 5.0 Conclusiones y Recomendaciones

- A. De conformidad con los resultados del presente estudio de actualización de los valores límite de transferencia de potencia desde el Sistema Eléctrico de México hacia el SER, para época húmeda correspondiente al período de junio de 2019 a noviembre de 2019, son los siguientes:

| Escenario de Demanda regional | Horario       | Límite de Transferencia (MW) |
|-------------------------------|---------------|------------------------------|
| Demanda máxima                | 17:00 - 21:59 | <b>240</b>                   |
| Demanda media                 | 06:00 - 16:59 | <b>240</b>                   |
| Demanda mínima                | 22:00 - 05:59 | <b>220</b>                   |

- B. Las principales características que inciden en las transferencias determinadas, son las siguientes:

- a) Existe una sola línea de interconexión México-Guatemala, que transporta la importación desde México al SER, y dos bancos de transformadores en paralelo, en la subestación Los Brillantes (LBR). De lo anterior, se obtienen la siguiente condición operativa:



- Cuando sale de funcionamiento un banco de transformadores, el otro banco de transformadores en paralelo, transporta el total del flujo México-SER. Este hecho provoca una de las limitaciones identificadas cuando se aplican los CCSD del RMER.
- b) Existen dos Esquemas de Control Suplementario (ECS) que inciden en la determinación de los límites seguros de las transferencias de potencia México-SER:
- El ECS de “disparo transferido por bajo voltaje” (EDALTBV), que desactiva la interconexión México-Guatemala, cada vez que se cumplen estas dos condiciones simultáneamente:
    - (1) la transferencia de potencia México-SER aumenta por encima de 300 MW y
    - (2) el voltaje en la subestación mexicana Tapachula Potencia 400 kV (THP) disminuye al 97% o inferior.Cuando se cumplen simultáneamente los 2 parámetros mencionados, y específicamente cuando el voltaje en Tapachula disminuye a 0.97 pu, este ECS inicia un retardo intencional de 11 ciclos, luego de lo cual de mantenerse activados los 2 parámetros indicados, desconecta la interconexión México-Guatemala.  
De conformidad con los registros del EOR, el ECS de disparo transferido por bajo voltaje, se activó 26 veces en la operación práctica, entre septiembre de 2016 y el 11 de junio de 2019.
  - La solución actualmente en funcionamiento en el SER, para las oscilaciones inter-área pobremente amortiguadas, es la desconexión de la interconexión México-SER por medio de un ECS, cuando se detectan oscilaciones inter-área inestables. De conformidad con los registros del EOR, el ECS contra oscilaciones se activó 83 veces en la operación práctica entre enero de 2017 y el 11 de junio de 2019.
- C.** No se han simulado Esquemas de Control Suplementario que no cumplen con los Criterios de Calidad, Seguridad y Desempeño, establecidos en el numeral 16.2.6.1, literal b), Capítulo 16, del Libro III del RMER, específicamente en lo referente al inciso i) que establece que para cumplir con el criterio de contingencia simple (N-1) no se debe de desconectar carga en forma automática.
- D.** Se han realizado análisis de contingencia simple (N-1) seguida de la activación del Esquema EDALTBV, que desconecta la línea de interconexión 230/400KV México-Guatemala, debido a que la simulación de una contingencia simple N-1 más la salida de la interconexión México-Guatemala, no es una contingencia múltiple, ya que algunas contingencias simples N-1 en las que se activa el EDALTBV se debe a que el SER no

alcanza el estado estable previo a la desconexión de la línea de interconexión México-Guatemala, sin que exista falla en dicha línea.

- E. La interconexión México-Guatemala posee gran importancia a nivel regional, ya que las transferencias de potencia desde México tienen un impacto significativo en la estabilidad, confiabilidad y seguridad del SER.

## Apéndice A

### Resultados de la Estabilidad de Voltaje y Estabilidad Transitoria

#### A.1 Resultados del análisis de Estabilidad de Voltaje

**Tabla 5.1.** Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1105 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda máxima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

| Contingencia           | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.05 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.95 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.9 pu |
|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CONTINGENCY: BASE CASE | 189.56                                      | 82.60                                        | -13.00                                    | -98.93                                       | -175.13                                     |
| CONTINGENCY: SJO-C1    | 197.01                                      | 92.92                                        | -0.63                                     | -84.54                                       | -158.88                                     |
| CONTINGENCY: EST-GUA   | 208.43                                      | 102.46                                       | 6.58                                      | -79.48                                       | -155.81                                     |
| CONTINGENCY: 15SE-U1   | 199.22                                      | 92.81                                        | -2.97                                     | -89.02                                       | -165.29                                     |
| CONTINGENCY: 15SE-U2   | 199.21                                      | 92.80                                        | -2.98                                     | -89.03                                       | -165.30                                     |
| CONTINGENCY: CGRA-U1   | 198.67                                      | 92.23                                        | -3.55                                     | -89.60                                       | -165.87                                     |
| CONTINGENCY: CGRA-U2   | 198.71                                      | 92.27                                        | -3.51                                     | -89.57                                       | -165.83                                     |
| CONTINGENCY: COBG1     | 219.20                                      | 113.40                                       | 17.34                                     | -68.68                                       | -144.99                                     |
| CONTINGENCY: COBG2     | 219.93                                      | 114.14                                       | 18.08                                     | -67.94                                       | -144.21                                     |
| CONTINGENCY: CJN U02   | 196.24                                      | 89.69                                        | -6.07                                     | -92.12                                       | -168.32                                     |
| CONTINGENCY: CJN U03   | 196.24                                      | 89.69                                        | -6.07                                     | -92.12                                       | -168.32                                     |
| CONTINGENCY: CJN U04   | 196.24                                      | 89.69                                        | -6.07                                     | -92.12                                       | -168.32                                     |
| CONTINGENCY: MSY-SMT   | 190.19                                      | 83.27                                        | -12.35                                    | -98.29                                       | -174.49                                     |
| CONTINGENCY: REN-TIC   | 198.88                                      | 93.07                                        | -2.30                                     | -87.84                                       | -163.51                                     |
| CONTINGENCY: GU1       | 190.97                                      | 84.19                                        | -11.31                                    | -97.17                                       | -173.28                                     |
| CONTINGENCY: GU2       | 190.97                                      | 84.19                                        | -11.31                                    | -97.17                                       | -173.28                                     |
| CONTINGENCY: GU3       | 190.41                                      | 84.65                                        | -10.16                                    | -95.38                                       | -170.88                                     |
| CONTINGENCY: GU4       | 198.38                                      | 92.45                                        | -2.75                                     | -88.27                                       | -164.11                                     |
| CONTINGENCY: GU5       | 198.38                                      | 92.45                                        | -2.75                                     | -88.27                                       | -164.11                                     |
| CONTINGENCY: GU6       | 197.17                                      | 93.09                                        | -0.46                                     | -84.38                                       | -158.73                                     |
| CONTINGENCY: GU7       | 191.83                                      | 85.64                                        | -9.40                                     | -94.84                                       | -170.52                                     |
| CONTINGENCY: GU8       | 188.99                                      | 82.60                                        | -12.41                                    | -97.78                                       | -173.42                                     |
| CONTINGENCY: GU9       | 189.49                                      | 83.21                                        | -11.69                                    | -96.99                                       | -172.58                                     |
| CONTINGENCY: GU10      | 195.63                                      | 91.43                                        | -2.09                                     | -85.99                                       | -160.31                                     |
| CONTINGENCY: GU11      | 199.54                                      | 93.23                                        | -2.37                                     | -88.27                                       | -164.47                                     |
| CONTINGENCY: GU12      | 195.61                                      | 89.15                                        | -6.49                                     | -92.47                                       | -168.63                                     |

|                   |        |       |        |         |         |
|-------------------|--------|-------|--------|---------|---------|
| CONTINGENCY: GU13 | 189.93 | 83.02 | -12.58 | -98.50  | -174.68 |
| CONTINGENCY: GU14 | 190.85 | 84.29 | -11.03 | -96.71  | -172.63 |
| CONTINGENCY: GU15 | 181.75 | 76.66 | -17.02 | -101.02 | -175.30 |
| CONTINGENCY: GU16 | 187.05 | 83.20 | -9.14  | -91.87  | -165.03 |
| CONTINGENCY: GU18 | 193.91 | 87.45 | -8.07  | -93.88  | -169.83 |
| CONTINGENCY: GU19 | 194.42 | 87.86 | -7.86  | -93.92  | -170.18 |

**Tabla 5.2.** Principales puntos de la curva de QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1105 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda media y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

| Contingencia           | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.05 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.95 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.9 pu |
|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CONTINGENCY: BASE CASE | 187.57                                      | 82.83                                        | -12.43                                    | -98.00                                       | -174.01                                     |
| CONTINGENCY: SJO-C1    | 195.99                                      | 93.54                                        | 0.52                                      | -82.96                                       | -157.01                                     |
| CONTINGENCY: JEN-C1    | 192.36                                      | 89.65                                        | -3.66                                     | -87.39                                       | -161.71                                     |
| CONTINGENCY: JEN-C2    | 192.36                                      | 89.65                                        | -3.66                                     | -87.39                                       | -161.71                                     |
| CONTINGENCY: ESTG1     | 194.69                                      | 89.75                                        | -5.59                                     | -91.22                                       | -167.33                                     |
| CONTINGENCY: 15SE-U1   | 196.90                                      | 91.93                                        | -3.43                                     | -89.09                                       | -165.17                                     |
| CONTINGENCY: CGRA-U1   | 196.37                                      | 91.41                                        | -3.96                                     | -89.60                                       | -165.68                                     |
| CONTINGENCY: COBG1     | 215.72                                      | 110.37                                       | 14.78                                     | -71.11                                       | -147.12                                     |
| CONTINGENCY: COBG2     | 216.31                                      | 110.94                                       | 15.35                                     | -70.55                                       | -146.56                                     |
| CONTINGENCY: CJN U02   | 194.68                                      | 89.73                                        | -5.59                                     | -91.23                                       | -167.34                                     |
| CONTINGENCY: CJN U03   | 191.37                                      | 86.53                                        | -8.78                                     | -94.38                                       | -170.44                                     |
| CONTINGENCY: CJN U01   | 194.11                                      | 89.18                                        | -6.14                                     | -91.77                                       | -167.88                                     |
| CONTINGENCY: REV-U1    | 193.34                                      | 88.43                                        | -6.89                                     | -92.51                                       | -168.61                                     |
| CONTINGENCY: PIR-U1    | 194.72                                      | 89.78                                        | -5.56                                     | -91.19                                       | -167.30                                     |
| CONTINGENCY: MSY-SMT   | 188.06                                      | 83.30                                        | -11.97                                    | -97.53                                       | -173.55                                     |
| CONTINGENCY: GU1       | 188.57                                      | 83.98                                        | -11.13                                    | -96.57                                       | -172.47                                     |
| CONTINGENCY: GU2       | 188.57                                      | 83.98                                        | -11.13                                    | -96.57                                       | -172.47                                     |
| CONTINGENCY: GU3       | 188.31                                      | 84.17                                        | -10.52                                    | -95.56                                       | -171.10                                     |
| CONTINGENCY: GU4       | 188.31                                      | 84.17                                        | -10.52                                    | -95.56                                       | -171.10                                     |
| CONTINGENCY: GU5       | 185.24                                      | 81.70                                        | -12.46                                    | -96.98                                       | -172.12                                     |
| CONTINGENCY: GU6       | 185.34                                      | 81.75                                        | -12.46                                    | -97.02                                       | -172.19                                     |
| CONTINGENCY: GU7       | 189.10                                      | 85.22                                        | -9.21                                     | -94.03                                       | -169.38                                     |
| CONTINGENCY: GU8       | 187.39                                      | 84.38                                        | -9.29                                     | -93.41                                       | -168.13                                     |
| CONTINGENCY: GU9       | 197.12                                      | 92.75                                        | -2.07                                     | -87.20                                       | -162.83                                     |

|                   |        |       |        |        |         |
|-------------------|--------|-------|--------|--------|---------|
| CONTINGENCY: GU10 | 189.47 | 84.77 | -10.39 | -95.86 | -171.78 |
| CONTINGENCY: GU11 | 196.18 | 93.71 | 0.69   | -82.80 | -156.86 |
| CONTINGENCY: GU12 | 186.82 | 83.85 | -9.78  | -93.87 | -168.56 |
| CONTINGENCY: GU13 | 187.34 | 83.47 | -10.97 | -95.82 | -171.21 |
| CONTINGENCY: GU14 | 186.50 | 82.40 | -12.26 | -97.25 | -172.75 |
| CONTINGENCY: GU15 | 184.73 | 81.00 | -13.32 | -98.04 | -173.31 |
| CONTINGENCY: GU16 | 186.92 | 82.46 | -12.51 | -97.78 | -173.50 |
| CONTINGENCY: GU17 | 186.92 | 82.46 | -12.51 | -97.78 | -173.50 |
| CONTINGENCY: GU18 | 192.52 | 90.16 | -2.80  | -86.22 | -160.22 |
| CONTINGENCY: GU19 | 188.39 | 83.60 | -11.70 | -97.30 | -173.35 |
| CONTINGENCY: GU20 | 198.17 | 93.35 | -1.89  | -87.44 | -163.47 |
| CONTINGENCY: GU21 | 194.02 | 89.29 | -5.92  | -91.51 | -167.57 |

**Tabla 5.3.** Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1105 para la transferencia México-Guatemala 230 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda mínima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

| Contingencia           | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.05 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.95 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.9 pu |
|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CONTINGENCY: BASE CASE | 197.73                                      | 95.35                                        | 4.46                                      | -77.32                                       | -150.19                                     |
| CONTINGENCY: SJO-C1    | 210.67                                      | 113.11                                       | 25.39                                     | -53.58                                       | -120.64                                     |
| CONTINGENCY: JEN-C2    | 204.71                                      | 107.38                                       | 20.53                                     | -57.60                                       | -127.18                                     |
| CONTINGENCY: COBG1     | 241.07                                      | 140.42                                       | 48.91                                     | -30.86                                       | -95.40                                      |
| CONTINGENCY: COBG2     | 242.02                                      | 141.38                                       | 49.85                                     | -29.71                                       | -94.01                                      |
| CONTINGENCY: MSY-SMT   | 198.70                                      | 96.42                                        | 5.49                                      | -76.30                                       | -149.19                                     |
| CONTINGENCY: REN-TIC   | 212.70                                      | 113.06                                       | 23.22                                     | -57.68                                       | -127.19                                     |
| CONTINGENCY: GU1       | 199.03                                      | 97.18                                        | 6.46                                      | -75.16                                       | -147.91                                     |
| CONTINGENCY: GU2       | 199.03                                      | 97.18                                        | 6.46                                      | -75.16                                       | -147.91                                     |
| CONTINGENCY: GU3       | 192.32                                      | 96.28                                        | 11.99                                     | -63.73                                       | -131.24                                     |
| CONTINGENCY: GU4       | 197.17                                      | 96.10                                        | 5.98                                      | -75.07                                       | -147.31                                     |
| CONTINGENCY: GU5       | 183.42                                      | 84.06                                        | -2.51                                     | -80.42                                       | -149.62                                     |
| CONTINGENCY: GU6       | 210.87                                      | 113.32                                       | 25.60                                     | -53.39                                       | -120.43                                     |
| CONTINGENCY: GU7       | 200.40                                      | 99.13                                        | 9.04                                      | -71.97                                       | -143.98                                     |
| CONTINGENCY: GU8       | 198.80                                      | 97.36                                        | 7.23                                      | -73.83                                       | -146.00                                     |
| CONTINGENCY: GU9       | 197.57                                      | 96.03                                        | 6.12                                      | -74.73                                       | -146.78                                     |
| CONTINGENCY: GU10      | 187.82                                      | 88.25                                        | 1.43                                      | -76.75                                       | -146.19                                     |
| CONTINGENCY: GU11      | 209.06                                      | 111.29                                       | 23.58                                     | -55.38                                       | -122.71                                     |

**Tabla 5.4.** Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1108 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda máxima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

| Contingencia           | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.05 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.95 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.9 pu |
|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CONTINGENCY: BASE CASE | 634.65                                      | 318.48                                       | 15.75                                     | -250.75                                      | -475.87                                     |
| CONTINGENCY: SJO-C1    | 640.95                                      | 333.69                                       | 40.21                                     | -216.39                                      | -424.21                                     |
| CONTINGENCY: EST-GUA   | 693.81                                      | 374.47                                       | 73.64                                     | -189.08                                      | -399.08                                     |
| CONTINGENCY: 15SE-U1   | 664.38                                      | 347.04                                       | 45.08                                     | -219.19                                      | -437.21                                     |
| CONTINGENCY: 15SE-U2   | 664.36                                      | 347.02                                       | 45.06                                     | -219.21                                      | -437.24                                     |
| CONTINGENCY: CGRA-U1   | 662.64                                      | 345.35                                       | 43.29                                     | -221.10                                      | -439.53                                     |
| CONTINGENCY: CGRA-U2   | 662.77                                      | 345.48                                       | 43.41                                     | -220.99                                      | -439.41                                     |
| CONTINGENCY: COBG1     | 723.93                                      | 402.97                                       | 103.80                                    | -156.57                                      | -354.57                                     |
| CONTINGENCY: COBG2     | 725.87                                      | 404.88                                       | 105.81                                    | -154.25                                      | -351.07                                     |
| CONTINGENCY: CJN U02   | 656.52                                      | 339.41                                       | 37.09                                     | -227.72                                      | -448.58                                     |
| CONTINGENCY: CJN U03   | 656.52                                      | 339.41                                       | 37.09                                     | -227.72                                      | -448.58                                     |
| CONTINGENCY: CJN U04   | 656.52                                      | 339.41                                       | 37.09                                     | -227.72                                      | -448.58                                     |
| CONTINGENCY: MSY-SMT   | 636.76                                      | 320.55                                       | 17.81                                     | -248.52                                      | -473.26                                     |
| CONTINGENCY: REN-TIC   | 604.30                                      | 307.50                                       | 24.91                                     | -222.86                                      | -423.56                                     |
| CONTINGENCY: GU1       | 639.29                                      | 325.96                                       | 25.94                                     | -237.42                                      | -463.12                                     |
| CONTINGENCY: GU2       | 639.29                                      | 325.96                                       | 25.94                                     | -237.42                                      | -463.12                                     |
| CONTINGENCY: GU3       | 636.32                                      | 322.19                                       | 22.05                                     | -242.08                                      | -463.85                                     |
| CONTINGENCY: GU4       | 629.84                                      | 343.68                                       | 69.97                                     | -169.90                                      | -372.21                                     |
| CONTINGENCY: GU5       | 629.84                                      | 343.68                                       | 69.97                                     | -169.90                                      | -372.21                                     |
| CONTINGENCY: GU6       | 641.32                                      | 334.01                                       | 40.52                                     | -216.08                                      | -423.86                                     |
| CONTINGENCY: GU7       | 632.68                                      | 322.86                                       | 26.22                                     | -233.87                                      | -450.99                                     |
| CONTINGENCY: GU8       | 623.51                                      | 314.87                                       | 17.98                                     | -242.59                                      | -460.11                                     |
| CONTINGENCY: GU9       | 624.32                                      | 315.45                                       | 19.41                                     | -240.46                                      | -458.03                                     |
| CONTINGENCY: GU10      | 637.94                                      | 330.94                                       | 37.27                                     | -219.53                                      | -428.06                                     |
| CONTINGENCY: GU11      | 669.35                                      | 365.02                                       | 72.60                                     | -182.50                                      | -395.20                                     |
| CONTINGENCY: GU12      | 647.87                                      | 337.80                                       | 43.36                                     | -215.22                                      | -432.00                                     |
| CONTINGENCY: GU13      | 635.01                                      | 320.00                                       | 18.27                                     | -247.27                                      | -471.45                                     |
| CONTINGENCY: GU14      | 579.90                                      | 290.28                                       | 17.20                                     | -223.92                                      | -431.56                                     |
| CONTINGENCY: GU15      | 630.20                                      | 322.53                                       | 27.35                                     | -231.34                                      | -449.17                                     |
| CONTINGENCY: GU16      | 643.29                                      | 340.52                                       | 50.48                                     | -201.89                                      | -410.01                                     |
| CONTINGENCY: GU18      | 628.31                                      | 315.60                                       | 17.61                                     | -244.25                                      | -461.65                                     |
| CONTINGENCY: GU19      | 654.71                                      | 339.09                                       | 37.73                                     | -227.34                                      | -451.12                                     |

**Tabla 5.5.** Principales puntos de la curva de QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1108 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda media y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

| Contingencia           | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.05 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.95 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.9 pu |
|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CONTINGENCY: BASE CASE | 619.22                                      | 298.54                                       | 0.38                                      | -261.91                                      | -477.37                                     |
| CONTINGENCY: SJO-C1    | 626.44                                      | 315.71                                       | 26.93                                     | -225.09                                      | -418.94                                     |
| CONTINGENCY: JEN-C1    | 617.82                                      | 308.39                                       | 20.48                                     | -231.15                                      | -422.79                                     |
| CONTINGENCY: JEN-C2    | 617.82                                      | 308.39                                       | 20.48                                     | -231.15                                      | -422.79                                     |
| CONTINGENCY: ESTG1     | 641.02                                      | 319.97                                       | 22.27                                     | -238.77                                      | -447.89                                     |
| CONTINGENCY: 15SE-U1   | 646.16                                      | 325.28                                       | 27.87                                     | -232.59                                      | -438.98                                     |
| CONTINGENCY: CGRA-U1   | 644.39                                      | 323.55                                       | 26.11                                     | -234.40                                      | -441.21                                     |
| CONTINGENCY: COBG1     | 700.29                                      | 378.21                                       | 82.63                                     | -174.27                                      | -361.34                                     |
| CONTINGENCY: COBG2     | 701.85                                      | 379.75                                       | 84.24                                     | -172.55                                      | -358.82                                     |
| CONTINGENCY: CJN U02   | 642.62                                      | 321.42                                       | 23.78                                     | -237.16                                      | -446.79                                     |
| CONTINGENCY: CJN U03   | 632.10                                      | 311.16                                       | 13.21                                     | -248.37                                      | -460.96                                     |
| CONTINGENCY: CJN U01   | 640.83                                      | 319.67                                       | 21.97                                     | -239.08                                      | -449.22                                     |
| CONTINGENCY: REV-U1    | 636.99                                      | 316.02                                       | 18.21                                     | -243.06                                      | -453.50                                     |
| CONTINGENCY: PIR-U1    | 641.11                                      | 320.07                                       | 22.37                                     | -238.66                                      | -447.76                                     |
| CONTINGENCY: MSY-SMT   | 620.82                                      | 300.12                                       | 1.95                                      | -260.24                                      | -475.39                                     |
| CONTINGENCY: GU1       | 623.26                                      | 305.23                                       | 9.57                                      | -250.36                                      | -467.23                                     |
| CONTINGENCY: GU2       | 623.26                                      | 305.23                                       | 9.57                                      | -250.36                                      | -467.23                                     |
| CONTINGENCY: GU3       | 616.95                                      | 299.59                                       | 4.38                                      | -254.91                                      | -473.20                                     |
| CONTINGENCY: GU4       | 616.95                                      | 299.59                                       | 4.38                                      | -254.91                                      | -473.20                                     |
| CONTINGENCY: GU5       | 607.37                                      | 302.94                                       | 19.30                                     | -229.46                                      | -437.95                                     |
| CONTINGENCY: GU6       | 606.90                                      | 302.84                                       | 19.53                                     | -228.93                                      | -437.25                                     |
| CONTINGENCY: GU7       | 621.53                                      | 303.28                                       | 7.37                                      | -252.43                                      | -463.55                                     |
| CONTINGENCY: GU8       | 619.09                                      | 300.13                                       | 3.49                                      | -257.02                                      | -473.33                                     |
| CONTINGENCY: GU9       | 616.23                                      | 325.93                                       | 56.47                                     | -179.75                                      | -372.86                                     |
| CONTINGENCY: GU10      | 620.21                                      | 299.03                                       | 0.60                                      | -261.75                                      | -475.79                                     |
| CONTINGENCY: GU11      | 626.82                                      | 316.05                                       | 27.26                                     | -224.78                                      | -418.56                                     |
| CONTINGENCY: GU12      | 618.27                                      | 299.40                                       | 2.81                                      | -257.67                                      | -473.88                                     |
| CONTINGENCY: GU13      | 607.95                                      | 295.63                                       | 5.37                                      | -249.94                                      | -455.22                                     |
| CONTINGENCY: GU14      | 606.42                                      | 294.42                                       | 2.05                                      | -254.51                                      | -462.34                                     |
| CONTINGENCY: GU15      | 599.55                                      | 287.94                                       | -1.76                                     | -256.66                                      | -463.22                                     |
| CONTINGENCY: GU16      | 616.34                                      | 297.02                                       | 0.13                                      | -260.78                                      | -474.20                                     |
| CONTINGENCY: GU17      | 616.34                                      | 297.02                                       | 0.13                                      | -260.78                                      | -474.20                                     |



|                   |        |        |       |         |         |
|-------------------|--------|--------|-------|---------|---------|
| CONTINGENCY: GU18 | 619.71 | 309.15 | 20.35 | -231.95 | -427.87 |
| CONTINGENCY: GU19 | 620.89 | 300.12 | 1.89  | -260.39 | -475.52 |
| CONTINGENCY: GU20 | 654.90 | 345.47 | 57.43 | -193.70 | -397.02 |
| CONTINGENCY: GU21 | 628.71 | 316.11 | 27.58 | -227.11 | -432.75 |

**Tabla 5.6.** Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1108 para la transferencia México-Guatemala 230 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda mínima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

| Contingencia           | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.05 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.95 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.9 pu |
|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CONTINGENCY: BASE CASE | 520.16                                      | 291.11                                       | 38.74                                     | -184.50                                      | -358.44                                     |
| CONTINGENCY: SJO-C1    | 536.86                                      | 317.29                                       | 78.26                                     | -129.95                                      | -286.63                                     |
| CONTINGENCY: JEN-C2    | 511.65                                      | 303.43                                       | 69.58                                     | -135.96                                      | -298.44                                     |
| CONTINGENCY: COBG1     | 642.90                                      | 401.12                                       | 152.70                                    | -57.60                                       | -193.20                                     |
| CONTINGENCY: COBG2     | 645.13                                      | 403.40                                       | 155.01                                    | -54.88                                       | -189.51                                     |
| CONTINGENCY: MSY-SMT   | 523.66                                      | 294.01                                       | 41.63                                     | -181.53                                      | -354.67                                     |
| CONTINGENCY: REN-TIC   | 492.55                                      | 298.85                                       | 78.73                                     | -118.16                                      | -257.58                                     |
| CONTINGENCY: GU1       | 525.87                                      | 297.55                                       | 47.11                                     | -174.68                                      | -349.54                                     |
| CONTINGENCY: GU2       | 525.87                                      | 297.55                                       | 47.11                                     | -174.68                                      | -349.54                                     |
| CONTINGENCY: GU3       | 529.50                                      | 300.96                                       | 50.33                                     | -171.32                                      | -345.59                                     |
| CONTINGENCY: GU4       | 521.90                                      | 292.90                                       | 42.38                                     | -179.27                                      | -350.07                                     |
| CONTINGENCY: GU5       | 508.99                                      | 297.24                                       | 48.36                                     | -162.79                                      | -323.77                                     |
| CONTINGENCY: GU6       | 537.34                                      | 317.65                                       | 78.64                                     | -129.55                                      | -286.24                                     |
| CONTINGENCY: GU7       | 520.86                                      | 297.70                                       | 51.11                                     | -165.66                                      | -329.69                                     |
| CONTINGENCY: GU8       | 514.77                                      | 293.49                                       | 46.83                                     | -170.45                                      | -334.52                                     |
| CONTINGENCY: GU9       | 510.16                                      | 289.83                                       | 43.25                                     | -172.93                                      | -337.69                                     |
| CONTINGENCY: GU10      | 519.32                                      | 304.38                                       | 55.00                                     | -156.69                                      | -316.32                                     |
| CONTINGENCY: GU11      | 533.02                                      | 314.11                                       | 74.74                                     | -134.03                                      | -291.20                                     |



**Tabla 5.7.** Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1109 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda máxima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

| Contingencia           | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.05 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.95 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.9 pu |
|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CONTINGENCY: BASE CASE | 660.63                                      | 344.34                                       | 26.93                                     | -254.10                                      | -473.51                                     |
| CONTINGENCY: SJO-C1    | 657.17                                      | 358.64                                       | 55.91                                     | -210.00                                      | -411.74                                     |
| CONTINGENCY: EST-GUA   | 733.45                                      | 406.59                                       | 89.53                                     | -187.19                                      | -389.76                                     |
| CONTINGENCY: 15SE-U1   | 698.96                                      | 376.54                                       | 59.36                                     | -219.33                                      | -429.97                                     |
| CONTINGENCY: 15SE-U2   | 698.93                                      | 376.51                                       | 59.33                                     | -219.35                                      | -430.00                                     |
| CONTINGENCY: CGRA-U1   | 696.93                                      | 374.77                                       | 57.55                                     | -221.28                                      | -432.22                                     |
| CONTINGENCY: CGRA-U2   | 697.15                                      | 374.93                                       | 57.69                                     | -221.16                                      | -432.08                                     |
| CONTINGENCY: COBG1     | 766.22                                      | 438.53                                       | 122.54                                    | -151.67                                      | -340.47                                     |
| CONTINGENCY: COBG2     | 768.31                                      | 440.66                                       | 124.76                                    | -149.14                                      | -336.60                                     |
| CONTINGENCY: CJN U02   | 687.91                                      | 366.86                                       | 49.61                                     | -229.82                                      | -443.74                                     |
| CONTINGENCY: CJN U03   | 687.91                                      | 366.86                                       | 49.61                                     | -229.82                                      | -443.74                                     |
| CONTINGENCY: CJN U04   | 687.91                                      | 366.86                                       | 49.61                                     | -229.82                                      | -443.74                                     |
| CONTINGENCY: MSY-SMT   | 663.41                                      | 346.57                                       | 29.17                                     | -251.74                                      | -470.64                                     |
| CONTINGENCY: REN-TIC   | 662.23                                      | 352.50                                       | 47.16                                     | -221.27                                      | -419.59                                     |
| CONTINGENCY: GU1       | 669.99                                      | 353.68                                       | 37.67                                     | -241.36                                      | -464.06                                     |
| CONTINGENCY: GU2       | 669.99                                      | 353.68                                       | 37.67                                     | -241.36                                      | -464.06                                     |
| CONTINGENCY: GU3       | 659.02                                      | 346.86                                       | 33.87                                     | -243.06                                      | -457.13                                     |
| CONTINGENCY: GU4       | 671.47                                      | 371.31                                       | 70.71                                     | -194.12                                      | -397.38                                     |
| CONTINGENCY: GU5       | 671.47                                      | 371.31                                       | 70.71                                     | -194.12                                      | -397.38                                     |
| CONTINGENCY: GU6       | 657.75                                      | 359.08                                       | 56.31                                     | -209.61                                      | -411.33                                     |
| CONTINGENCY: GU7       | 653.04                                      | 346.77                                       | 37.90                                     | -234.84                                      | -443.24                                     |
| CONTINGENCY: GU8       | 640.64                                      | 337.79                                       | 28.49                                     | -244.82                                      | -453.66                                     |
| CONTINGENCY: GU9       | 641.52                                      | 337.90                                       | 29.78                                     | -242.44                                      | -451.32                                     |
| CONTINGENCY: GU10      | 653.02                                      | 355.09                                       | 52.31                                     | -213.81                                      | -416.25                                     |
| CONTINGENCY: GU11      | 697.44                                      | 384.95                                       | 73.32                                     | -200.57                                      | -410.13                                     |
| CONTINGENCY: GU12      | 682.12                                      | 366.04                                       | 53.01                                     | -223.40                                      | -436.12                                     |
| CONTINGENCY: GU13      | 661.40                                      | 345.72                                       | 28.88                                     | -251.58                                      | -470.37                                     |
| CONTINGENCY: GU14      | 650.13                                      | 343.27                                       | 35.24                                     | -237.52                                      | -449.62                                     |
| CONTINGENCY: GU15      | 615.95                                      | 332.04                                       | 26.12                                     | -243.44                                      | -452.13                                     |
| CONTINGENCY: GU16      | 627.56                                      | 346.03                                       | 48.80                                     | -211.86                                      | -406.02                                     |
| CONTINGENCY: GU18      | 665.63                                      | 349.17                                       | 35.17                                     | -241.98                                      | -453.02                                     |
| CONTINGENCY: GU19      | 681.36                                      | 363.78                                       | 46.66                                     | -233.75                                      | -451.87                                     |

**Tabla 5.8.** Principales puntos de la curva de QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1109 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda media y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

| Contingencia           | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.05 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.95 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.9 pu |
|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CONTINGENCY: BASE CASE | 652.21                                      | 337.27                                       | 23.53                                     | -249.48                                      | -451.55                                     |
| CONTINGENCY: SJO-C1    | 649.92                                      | 352.22                                       | 53.92                                     | -203.88                                      | -385.82                                     |
| CONTINGENCY: JEN-C1    | 639.94                                      | 343.59                                       | 45.73                                     | -211.99                                      | -390.44                                     |
| CONTINGENCY: JEN-C2    | 639.94                                      | 343.59                                       | 45.73                                     | -211.99                                      | -390.44                                     |
| CONTINGENCY: ESTG1     | 679.72                                      | 359.51                                       | 46.29                                     | -225.52                                      | -420.99                                     |
| CONTINGENCY: 15SE-U1   | 687.52                                      | 365.86                                       | 53.00                                     | -218.24                                      | -410.99                                     |
| CONTINGENCY: CGRA-U1   | 685.58                                      | 364.22                                       | 51.32                                     | -219.94                                      | -413.02                                     |
| CONTINGENCY: COBG1     | 750.57                                      | 421.27                                       | 110.38                                    | -157.97                                      | -331.65                                     |
| CONTINGENCY: COBG2     | 752.23                                      | 422.92                                       | 112.09                                    | -156.16                                      | -329.10                                     |
| CONTINGENCY: CJN U02   | 680.09                                      | 360.03                                       | 46.84                                     | -224.97                                      | -420.75                                     |
| CONTINGENCY: CJN U03   | 667.39                                      | 349.67                                       | 36.21                                     | -236.14                                      | -434.80                                     |
| CONTINGENCY: CJN U01   | 677.92                                      | 358.26                                       | 45.00                                     | -226.88                                      | -423.16                                     |
| CONTINGENCY: REV-U1    | 674.60                                      | 355.37                                       | 42.04                                     | -229.99                                      | -426.67                                     |
| CONTINGENCY: PIR-U1    | 679.84                                      | 359.60                                       | 46.39                                     | -225.42                                      | -420.85                                     |
| CONTINGENCY: MSY-SMT   | 654.22                                      | 338.88                                       | 25.16                                     | -247.78                                      | -449.39                                     |
| CONTINGENCY: GU1       | 660.42                                      | 345.29                                       | 32.89                                     | -238.94                                      | -445.32                                     |
| CONTINGENCY: GU2       | 660.42                                      | 345.29                                       | 32.89                                     | -238.94                                      | -445.32                                     |
| CONTINGENCY: GU3       | 653.15                                      | 337.21                                       | 28.16                                     | -240.43                                      | -450.08                                     |
| CONTINGENCY: GU4       | 653.15                                      | 337.21                                       | 28.16                                     | -240.43                                      | -450.08                                     |
| CONTINGENCY: GU5       | 620.84                                      | 327.54                                       | 46.35                                     | -198.82                                      | -397.92                                     |
| CONTINGENCY: GU6       | 619.72                                      | 327.09                                       | 46.58                                     | -198.01                                      | -396.83                                     |
| CONTINGENCY: GU7       | 651.44                                      | 340.61                                       | 31.20                                     | -237.60                                      | -433.75                                     |
| CONTINGENCY: GU8       | 651.35                                      | 337.50                                       | 28.16                                     | -240.58                                      | -447.74                                     |
| CONTINGENCY: GU9       | 663.31                                      | 364.62                                       | 67.77                                     | -189.63                                      | -375.25                                     |
| CONTINGENCY: GU10      | 657.36                                      | 340.46                                       | 26.77                                     | -245.88                                      | -445.37                                     |
| CONTINGENCY: GU11      | 650.51                                      | 352.66                                       | 54.33                                     | -203.50                                      | -385.39                                     |
| CONTINGENCY: GU12      | 650.33                                      | 336.41                                       | 27.17                                     | -241.49                                      | -448.35                                     |
| CONTINGENCY: GU13      | 631.59                                      | 330.28                                       | 27.47                                     | -236.34                                      | -425.83                                     |
| CONTINGENCY: GU14      | 627.86                                      | 329.90                                       | 23.80                                     | -241.87                                      | -434.14                                     |
| CONTINGENCY: GU15      | 620.00                                      | 321.33                                       | 19.21                                     | -243.99                                      | -434.31                                     |
| CONTINGENCY: GU16      | 646.38                                      | 334.89                                       | 23.08                                     | -247.95                                      | -447.01                                     |
| CONTINGENCY: GU17      | 646.38                                      | 334.89                                       | 23.08                                     | -247.95                                      | -447.01                                     |

|                   |        |        |       |         |         |
|-------------------|--------|--------|-------|---------|---------|
| CONTINGENCY: GU18 | 640.18 | 344.15 | 45.80 | -212.18 | -395.88 |
| CONTINGENCY: GU19 | 654.97 | 339.28 | 25.44 | -247.62 | -449.11 |
| CONTINGENCY: GU20 | 688.57 | 377.11 | 69.45 | -197.17 | -388.97 |
| CONTINGENCY: GU21 | 672.12 | 357.36 | 49.22 | -219.69 | -413.58 |

**Tabla 5.9.** Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1109 para la transferencia México-Guatemala 230 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda mínima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

| Contingencia           | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.05 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.95 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.9 pu |
|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CONTINGENCY: BASE CASE | 555.01                                      | 338.14                                       | 62.64                                     | -176.31                                      | -347.03                                     |
| CONTINGENCY: SJO-C1    | 565.17                                      | 364.85                                       | 105.94                                    | -111.63                                      | -267.24                                     |
| CONTINGENCY: JEN-C2    | 542.99                                      | 344.84                                       | 95.09                                     | -118.58                                      | -280.12                                     |
| CONTINGENCY: COBG1     | 708.07                                      | 460.14                                       | 184.82                                    | -40.41                                       | -175.48                                     |
| CONTINGENCY: COBG2     | 710.61                                      | 462.42                                       | 187.27                                    | -37.55                                       | -171.75                                     |
| CONTINGENCY: MSY-SMT   | 559.68                                      | 341.56                                       | 65.74                                     | -173.11                                      | -343.02                                     |
| CONTINGENCY: REN-TIC   | 552.97                                      | 362.39                                       | 106.35                                    | -112.22                                      | -255.15                                     |
| CONTINGENCY: GU1       | 564.51                                      | 346.81                                       | 71.66                                     | -166.64                                      | -339.00                                     |
| CONTINGENCY: GU2       | 564.51                                      | 346.81                                       | 71.66                                     | -166.64                                      | -339.00                                     |
| CONTINGENCY: GU3       | 560.59                                      | 345.49                                       | 76.86                                     | -155.07                                      | -327.30                                     |
| CONTINGENCY: GU4       | 554.44                                      | 338.81                                       | 66.00                                     | -169.89                                      | -336.45                                     |
| CONTINGENCY: GU5       | 507.46                                      | 315.05                                       | 55.51                                     | -164.80                                      | -314.93                                     |
| CONTINGENCY: GU6       | 565.82                                      | 365.36                                       | 106.40                                    | -111.17                                      | -266.80                                     |
| CONTINGENCY: GU7       | 554.94                                      | 342.66                                       | 74.41                                     | -156.02                                      | -315.52                                     |
| CONTINGENCY: GU8       | 546.97                                      | 337.43                                       | 69.88                                     | -161.41                                      | -320.92                                     |
| CONTINGENCY: GU9       | 542.23                                      | 332.64                                       | 65.43                                     | -164.29                                      | -324.22                                     |
| CONTINGENCY: GU10      | 520.31                                      | 324.60                                       | 64.07                                     | -157.01                                      | -306.29                                     |
| CONTINGENCY: GU11      | 560.50                                      | 360.70                                       | 101.91                                    | -116.22                                      | -272.28                                     |

**Tabla 5.10.** Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1110 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda máxima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

| Contingencia           | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.05 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.95 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.9 pu |
|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CONTINGENCY: BASE CASE | 429.50                                      | 220.66                                       | 17.67                                     | -163.89                                      | -314.06                                     |
| CONTINGENCY: SJO-C1    | 446.45                                      | 240.71                                       | 41.48                                     | -135.83                                      | -279.62                                     |
| CONTINGENCY: EST-GUA   | 475.64                                      | 270.17                                       | 72.91                                     | -101.70                                      | -241.22                                     |
| CONTINGENCY: 15SE-U1   | 450.76                                      | 243.70                                       | 43.49                                     | -134.63                                      | -279.39                                     |
| CONTINGENCY: 15SE-U2   | 450.75                                      | 243.70                                       | 43.48                                     | -134.64                                      | -279.40                                     |
| CONTINGENCY: CGRA-U1   | 449.01                                      | 241.82                                       | 41.36                                     | -137.03                                      | -282.22                                     |
| CONTINGENCY: CGRA-U2   | 449.05                                      | 241.85                                       | 41.40                                     | -137.00                                      | -282.19                                     |
| CONTINGENCY: COBG1     | 503.31                                      | 299.73                                       | 105.38                                    | -65.49                                       | -199.42                                     |
| CONTINGENCY: COBG2     | 505.20                                      | 301.73                                       | 107.57                                    | -63.06                                       | -196.51                                     |
| CONTINGENCY: CJN U02   | 444.89                                      | 237.47                                       | 36.64                                     | -142.21                                      | -288.21                                     |
| CONTINGENCY: CJN U03   | 444.89                                      | 237.47                                       | 36.64                                     | -142.21                                      | -288.21                                     |
| CONTINGENCY: CJN U04   | 444.89                                      | 237.47                                       | 36.64                                     | -142.21                                      | -288.21                                     |
| CONTINGENCY: MSY-SMT   | 430.60                                      | 221.87                                       | 19.03                                     | -162.31                                      | -312.15                                     |
| CONTINGENCY: REN-TIC   | 476.44                                      | 273.09                                       | 77.98                                     | -94.14                                       | -231.11                                     |
| CONTINGENCY: GU1       | 430.81                                      | 221.99                                       | 19.01                                     | -162.41                                      | -312.37                                     |
| CONTINGENCY: GU2       | 430.81                                      | 221.99                                       | 19.01                                     | -162.41                                      | -312.37                                     |
| CONTINGENCY: GU3       | 405.54                                      | 210.94                                       | 18.35                                     | -153.79                                      | -293.93                                     |
| CONTINGENCY: GU4       | 440.90                                      | 232.00                                       | 29.33                                     | -151.82                                      | -300.57                                     |
| CONTINGENCY: GU5       | 440.90                                      | 232.00                                       | 29.33                                     | -151.82                                      | -300.57                                     |
| CONTINGENCY: GU6       | 446.59                                      | 240.85                                       | 41.61                                     | -135.71                                      | -279.49                                     |
| CONTINGENCY: GU7       | 431.98                                      | 223.59                                       | 21.06                                     | -159.94                                      | -309.24                                     |
| CONTINGENCY: GU8       | 429.36                                      | 221.01                                       | 18.52                                     | -162.50                                      | -311.98                                     |
| CONTINGENCY: GU9       | 429.99                                      | 221.66                                       | 19.27                                     | -161.71                                      | -311.09                                     |
| CONTINGENCY: GU10      | 444.07                                      | 238.17                                       | 38.70                                     | -138.88                                      | -283.15                                     |
| CONTINGENCY: GU11      | 441.86                                      | 232.81                                       | 30.05                                     | -151.18                                      | -299.98                                     |
| CONTINGENCY: GU12      | 436.04                                      | 227.39                                       | 24.65                                     | -156.53                                      | -305.74                                     |
| CONTINGENCY: GU13      | 430.06                                      | 221.25                                       | 18.30                                     | -163.20                                      | -313.27                                     |
| CONTINGENCY: GU14      | 431.32                                      | 222.54                                       | 19.60                                     | -161.81                                      | -311.66                                     |
| CONTINGENCY: GU15      | 332.87                                      | 195.82                                       | 69.13                                     | -43.22                                       | -139.24                                     |
| CONTINGENCY: GU16      | 362.67                                      | 224.84                                       | 75.51                                     | -56.45                                       | -149.80                                     |
| CONTINGENCY: GU18      | 448.58                                      | 247.19                                       | 52.42                                     | -120.19                                      | -259.37                                     |

|                   |        |        |       |         |         |
|-------------------|--------|--------|-------|---------|---------|
| CONTINGENCY: GU19 | 414.52 | 233.84 | 55.62 | -101.77 | -227.01 |
|-------------------|--------|--------|-------|---------|---------|

**Tabla 5.11.** Principales puntos de la curva de QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1110 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda media y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

| Contingencia           | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.05 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.95 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.9 pu |
|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CONTINGENCY: BASE CASE | 397.26                                      | 197.01                                       | -6.82                                     | -191.27                                      | -342.99                                     |
| CONTINGENCY: SJO-C1    | 415.22                                      | 217.85                                       | 18.01                                     | -162.09                                      | -307.36                                     |
| CONTINGENCY: JEN-C1    | 406.55                                      | 208.37                                       | 7.17                                      | -174.48                                      | -322.18                                     |
| CONTINGENCY: JEN-C2    | 406.55                                      | 208.37                                       | 7.17                                      | -174.48                                      | -322.18                                     |
| CONTINGENCY: ESTG1     | 411.49                                      | 212.24                                       | 10.46                                     | -171.59                                      | -319.61                                     |
| CONTINGENCY: 15SE-U1   | 416.16                                      | 217.15                                       | 15.90                                     | -165.50                                      | -312.52                                     |
| CONTINGENCY: CGRA-U1   | 414.60                                      | 215.47                                       | 14.01                                     | -167.64                                      | -315.01                                     |
| CONTINGENCY: COBG1     | 463.88                                      | 267.23                                       | 71.03                                     | -104.33                                      | -241.74                                     |
| CONTINGENCY: COBG2     | 465.39                                      | 268.81                                       | 72.76                                     | -102.42                                      | -239.52                                     |
| CONTINGENCY: CJN U02   | 411.36                                      | 212.07                                       | 10.25                                     | -171.84                                      | -319.94                                     |
| CONTINGENCY: CJN U03   | 404.24                                      | 204.50                                       | 1.74                                      | -181.44                                      | -331.23                                     |
| CONTINGENCY: CJN U01   | 410.08                                      | 210.72                                       | 8.74                                      | -173.54                                      | -321.93                                     |
| CONTINGENCY: REV-U1    | 408.52                                      | 209.08                                       | 6.93                                      | -175.56                                      | -324.26                                     |
| CONTINGENCY: PIR-U1    | 411.56                                      | 212.32                                       | 10.55                                     | -171.49                                      | -319.50                                     |
| CONTINGENCY: MSY-SMT   | 398.03                                      | 197.83                                       | -5.87                                     | -190.17                                      | -341.67                                     |
| CONTINGENCY: GU1       | 398.22                                      | 197.98                                       | -5.78                                     | -190.14                                      | -341.70                                     |
| CONTINGENCY: GU2       | 398.22                                      | 197.98                                       | -5.78                                     | -190.14                                      | -341.70                                     |
| CONTINGENCY: GU3       | 398.03                                      | 198.13                                       | -5.34                                     | -189.45                                      | -340.67                                     |
| CONTINGENCY: GU4       | 398.03                                      | 198.13                                       | -5.34                                     | -189.45                                      | -340.67                                     |
| CONTINGENCY: GU5       | 396.71                                      | 196.96                                       | -6.49                                     | -190.51                                      | -341.78                                     |
| CONTINGENCY: GU6       | 396.59                                      | 196.87                                       | -6.57                                     | -190.56                                      | -341.82                                     |
| CONTINGENCY: GU7       | 373.43                                      | 186.93                                       | -6.53                                     | -181.70                                      | -323.32                                     |
| CONTINGENCY: GU8       | 398.11                                      | 198.04                                       | -5.57                                     | -189.79                                      | -341.18                                     |
| CONTINGENCY: GU9       | 408.72                                      | 207.85                                       | 4.23                                      | -179.86                                      | -330.46                                     |
| CONTINGENCY: GU10      | 355.34                                      | 179.58                                       | 5.36                                      | -151.18                                      | -279.77                                     |
| CONTINGENCY: GU11      | 415.38                                      | 217.99                                       | 18.15                                     | -161.96                                      | -307.23                                     |
| CONTINGENCY: GU12      | 397.77                                      | 197.75                                       | -5.84                                     | -190.05                                      | -341.44                                     |
| CONTINGENCY: GU13      | 397.37                                      | 197.78                                       | -5.47                                     | -189.37                                      | -340.44                                     |
| CONTINGENCY: GU14      | 396.65                                      | 196.98                                       | -6.37                                     | -190.33                                      | -341.47                                     |

|                   |        |        |       |         |         |
|-------------------|--------|--------|-------|---------|---------|
| CONTINGENCY: GU15 | 395.09 | 195.79 | -7.35 | -191.18 | -342.28 |
| CONTINGENCY: GU16 | 334.24 | 166.73 | -6.91 | -163.64 | -290.04 |
| CONTINGENCY: GU17 | 334.24 | 166.73 | -6.91 | -163.64 | -290.04 |
| CONTINGENCY: GU18 | 410.76 | 213.48 | 13.40 | -167.00 | -312.93 |
| CONTINGENCY: GU19 | 395.86 | 196.48 | -6.68 | -190.52 | -341.58 |
| CONTINGENCY: GU20 | 409.89 | 208.83 | 5.11  | -179.06 | -329.73 |
| CONTINGENCY: GU21 | 404.35 | 203.95 | 0.49  | -183.56 | -334.35 |

**Tabla 5.12.** Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1110 para la transferencia México-Guatemala 230 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda mínima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

| Contingencia           | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.05 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.95 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.9 pu |
|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CONTINGENCY: BASE CASE | 454.88                                      | 271.17                                       | 97.50                                     | -73.05                                       | -225.46                                     |
| CONTINGENCY: SJO-C1    | 483.56                                      | 305.96                                       | 139.80                                    | -23.53                                       | -167.65                                     |
| CONTINGENCY: JEN-C2    | 465.48                                      | 286.14                                       | 118.13                                    | -47.49                                       | -194.98                                     |
| CONTINGENCY: COBG1     | 537.54                                      | 363.44                                       | 198.73                                    | 37.74                                        | -98.46                                      |
| CONTINGENCY: COBG2     | 539.32                                      | 365.41                                       | 200.88                                    | 40.11                                        | -95.67                                      |
| CONTINGENCY: MSY-SMT   | 456.51                                      | 272.82                                       | 99.44                                     | -70.93                                       | -223.09                                     |
| CONTINGENCY: REN-TIC   | 495.83                                      | 319.51                                       | 154.70                                    | -7.30                                        | -149.58                                     |
| CONTINGENCY: GU1       | 456.80                                      | 272.98                                       | 99.70                                     | -70.82                                       | -223.16                                     |
| CONTINGENCY: GU2       | 456.80                                      | 272.98                                       | 99.70                                     | -70.82                                       | -223.16                                     |
| CONTINGENCY: GU3       | 448.94                                      | 271.30                                       | 102.67                                    | -63.19                                       | -211.27                                     |
| CONTINGENCY: GU4       | 433.39                                      | 260.81                                       | 98.25                                     | -62.63                                       | -206.41                                     |
| CONTINGENCY: GU5       | 399.59                                      | 278.56                                       | 160.61                                    | 40.49                                        | -65.60                                      |
| CONTINGENCY: GU6       | 483.75                                      | 306.16                                       | 139.99                                    | -23.35                                       | -167.45                                     |
| CONTINGENCY: GU7       | 458.06                                      | 274.74                                       | 102.22                                    | -67.59                                       | -219.26                                     |
| CONTINGENCY: GU8       | 456.35                                      | 273.26                                       | 100.67                                    | -69.11                                       | -220.74                                     |
| CONTINGENCY: GU9       | 454.96                                      | 272.20                                       | 99.44                                     | -70.19                                       | -221.71                                     |
| CONTINGENCY: GU10      | 392.50                                      | 272.05                                       | 154.70                                    | 35.19                                        | -70.28                                      |
| CONTINGENCY: GU11      | 480.73                                      | 302.80                                       | 136.34                                    | -27.29                                       | -172.02                                     |



**Tabla 5.13.** Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1128 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda máxima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

| Contingencia           | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.05 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.95 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.9 pu |
|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CONTINGENCY: BASE CASE | 700.30                                      | 389.27                                       | 105.52                                    | -150.96                                      | -380.08                                     |
| CONTINGENCY: SJO-C1    | 728.29                                      | 418.90                                       | 137.01                                    | -117.37                                      | -344.09                                     |
| CONTINGENCY: EST-GUA   | 766.50                                      | 459.02                                       | 179.28                                    | -72.56                                       | -296.01                                     |
| CONTINGENCY: 15SE-U1   | 733.32                                      | 423.92                                       | 142.12                                    | -112.13                                      | -338.64                                     |
| CONTINGENCY: 15SE-U2   | 733.32                                      | 423.91                                       | 142.11                                    | -112.13                                      | -338.64                                     |
| CONTINGENCY: CGRA-U1   | 730.68                                      | 421.13                                       | 139.16                                    | -115.28                                      | -342.02                                     |
| CONTINGENCY: CGRA-U2   | 730.70                                      | 421.15                                       | 139.18                                    | -115.26                                      | -342.00                                     |
| CONTINGENCY: COBG1     | 800.70                                      | 495.20                                       | 217.76                                    | -31.25                                       | -251.27                                     |
| CONTINGENCY: COBG2     | 802.95                                      | 497.58                                       | 220.29                                    | -28.51                                       | -248.29                                     |
| CONTINGENCY: CJN U02   | 725.70                                      | 415.94                                       | 133.68                                    | -121.06                                      | -348.18                                     |
| CONTINGENCY: CJN U03   | 725.70                                      | 415.94                                       | 133.68                                    | -121.06                                      | -348.18                                     |
| CONTINGENCY: CJN U04   | 725.70                                      | 415.94                                       | 133.68                                    | -121.06                                      | -348.18                                     |
| CONTINGENCY: MSY-SMT   | 702.23                                      | 391.30                                       | 107.65                                    | -148.70                                      | -377.67                                     |
| CONTINGENCY: REN-TIC   | 779.51                                      | 473.30                                       | 194.95                                    | -55.23                                       | -276.84                                     |
| CONTINGENCY: GU1       | 701.16                                      | 390.11                                       | 106.38                                    | -150.04                                      | -379.15                                     |
| CONTINGENCY: GU2       | 701.16                                      | 390.11                                       | 106.38                                    | -150.04                                      | -379.15                                     |
| CONTINGENCY: GU3       | 695.94                                      | 387.31                                       | 105.75                                    | -148.68                                      | -375.96                                     |
| CONTINGENCY: GU4       | 707.32                                      | 396.33                                       | 112.70                                    | -143.66                                      | -372.67                                     |
| CONTINGENCY: GU5       | 707.32                                      | 396.33                                       | 112.70                                    | -143.66                                      | -372.67                                     |
| CONTINGENCY: GU6       | 728.35                                      | 418.96                                       | 137.07                                    | -117.31                                      | -344.03                                     |
| CONTINGENCY: GU7       | 702.63                                      | 391.72                                       | 108.08                                    | -148.23                                      | -377.22                                     |
| CONTINGENCY: GU8       | 701.37                                      | 390.50                                       | 106.90                                    | -149.41                                      | -378.36                                     |
| CONTINGENCY: GU9       | 701.70                                      | 390.84                                       | 107.26                                    | -149.05                                      | -378.00                                     |
| CONTINGENCY: GU10      | 725.30                                      | 415.78                                       | 133.72                                    | -120.84                                      | -347.79                                     |
| CONTINGENCY: GU11      | 708.18                                      | 397.21                                       | 113.58                                    | -142.75                                      | -371.72                                     |
| CONTINGENCY: GU12      | 705.10                                      | 394.11                                       | 110.50                                    | -145.81                                      | -374.80                                     |
| CONTINGENCY: GU13      | 700.64                                      | 389.63                                       | 105.88                                    | -150.58                                      | -379.70                                     |
| CONTINGENCY: GU14      | 701.36                                      | 390.35                                       | 106.59                                    | -149.85                                      | -378.96                                     |
| CONTINGENCY: GU15      | 685.76                                      | 399.12                                       | 137.94                                    | -97.25                                       | -306.18                                     |
| CONTINGENCY: GU16      | 707.07                                      | 410.96                                       | 141.33                                    | -101.71                                      | -312.89                                     |
| CONTINGENCY: GU18      | 747.08                                      | 439.64                                       | 159.82                                    | -92.30                                       | -316.39                                     |
| CONTINGENCY: GU19      | 708.55                                      | 403.22                                       | 124.86                                    | -126.38                                      | -350.16                                     |

**Tabla 5.14.** Principales puntos de la curva de QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1128 para la transferencia México-Guatemala 240 MW para septiembre de 2019, en condiciones de demanda media y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

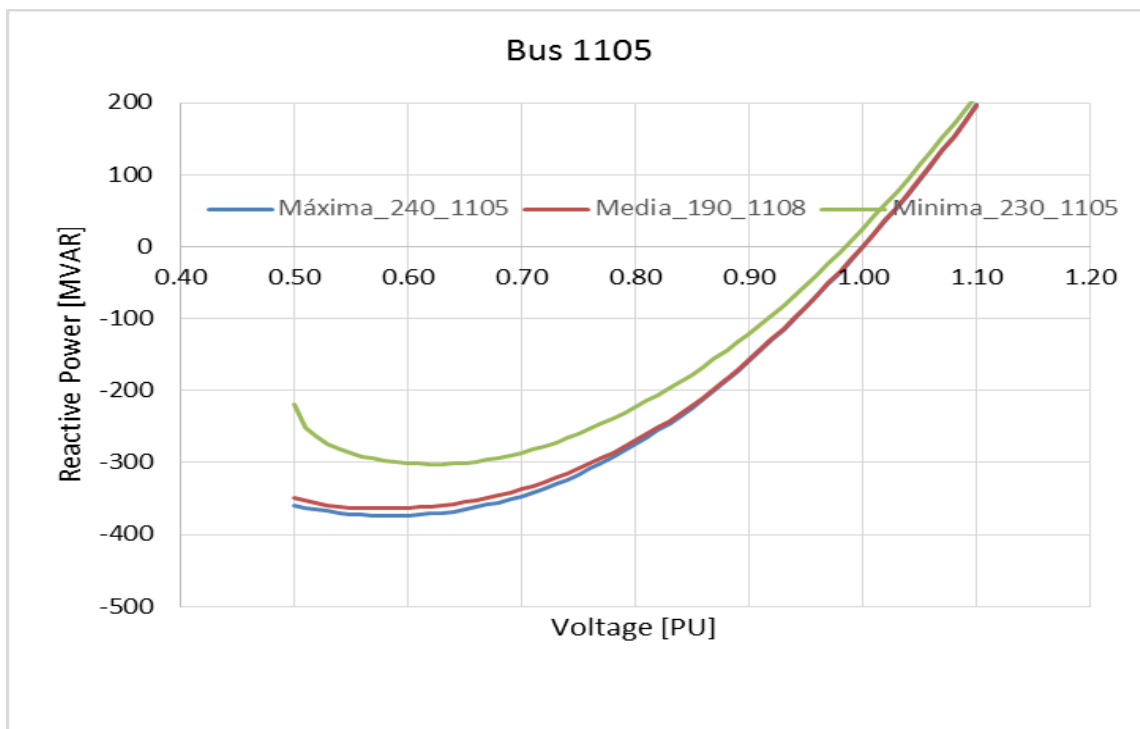
| Contingencia           | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.05 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.95 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.9 pu |
|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CONTINGENCY: BASE CASE | 683.88                                      | 373.58                                       | 89.21                                     | -167.94                                      | -397.82                                     |
| CONTINGENCY: SJO-C1    | 713.12                                      | 404.18                                       | 121.58                                    | -133.53                                      | -361.16                                     |
| CONTINGENCY: JEN-C1    | 699.79                                      | 390.29                                       | 106.91                                    | -149.09                                      | -377.74                                     |
| CONTINGENCY: JEN-C2    | 699.79                                      | 390.29                                       | 106.91                                    | -149.09                                      | -377.74                                     |
| CONTINGENCY: ESTG1     | 707.23                                      | 397.86                                       | 114.71                                    | -140.98                                      | -369.19                                     |
| CONTINGENCY: 15SE-U1   | 713.72                                      | 404.58                                       | 121.78                                    | -133.50                                      | -361.26                                     |
| CONTINGENCY: CGRA-U1   | 711.32                                      | 402.08                                       | 119.14                                    | -136.30                                      | -364.24                                     |
| CONTINGENCY: COBG1     | 774.35                                      | 467.74                                       | 188.62                                    | -62.47                                       | -285.17                                     |
| CONTINGENCY: COBG2     | 776.14                                      | 469.63                                       | 190.62                                    | -60.34                                       | -282.88                                     |
| CONTINGENCY: CJN U02   | 706.87                                      | 397.47                                       | 114.30                                    | -141.42                                      | -369.67                                     |
| CONTINGENCY: CJN U03   | 695.96                                      | 386.14                                       | 102.38                                    | -154.02                                      | -383.06                                     |
| CONTINGENCY: CJN U01   | 704.99                                      | 395.52                                       | 112.24                                    | -143.59                                      | -371.98                                     |
| CONTINGENCY: REV-U1    | 702.81                                      | 393.27                                       | 109.88                                    | -146.08                                      | -374.62                                     |
| CONTINGENCY: PIR-U1    | 707.34                                      | 397.97                                       | 114.82                                    | -140.86                                      | -369.07                                     |
| CONTINGENCY: MSY-SMT   | 685.28                                      | 375.04                                       | 90.73                                     | -166.34                                      | -396.12                                     |
| CONTINGENCY: GU1       | 684.51                                      | 374.20                                       | 89.83                                     | -167.30                                      | -397.15                                     |
| CONTINGENCY: GU2       | 684.51                                      | 374.20                                       | 89.83                                     | -167.30                                      | -397.15                                     |
| CONTINGENCY: GU3       | 684.43                                      | 374.17                                       | 89.85                                     | -167.24                                      | -397.07                                     |
| CONTINGENCY: GU4       | 684.43                                      | 374.17                                       | 89.85                                     | -167.24                                      | -397.07                                     |
| CONTINGENCY: GU5       | 684.05                                      | 373.84                                       | 89.55                                     | -167.51                                      | -397.30                                     |
| CONTINGENCY: GU6       | 684.01                                      | 373.81                                       | 89.52                                     | -167.54                                      | -397.32                                     |
| CONTINGENCY: GU7       | 678.61                                      | 371.00                                       | 88.77                                     | -166.42                                      | -394.53                                     |
| CONTINGENCY: GU8       | 684.38                                      | 374.08                                       | 89.73                                     | -167.38                                      | -397.22                                     |
| CONTINGENCY: GU9       | 690.49                                      | 379.89                                       | 95.54                                     | -161.53                                      | -391.34                                     |
| CONTINGENCY: GU10      | 673.83                                      | 370.31                                       | 92.90                                     | -157.84                                      | -381.95                                     |
| CONTINGENCY: GU11      | 713.19                                      | 404.24                                       | 121.65                                    | -133.47                                      | -361.10                                     |
| CONTINGENCY: GU12      | 684.24                                      | 373.96                                       | 89.61                                     | -167.49                                      | -397.33                                     |
| CONTINGENCY: GU13      | 684.62                                      | 374.44                                       | 90.19                                     | -166.84                                      | -396.60                                     |
| CONTINGENCY: GU14      | 684.48                                      | 374.34                                       | 90.09                                     | -166.93                                      | -396.66                                     |
| CONTINGENCY: GU15      | 683.63                                      | 373.56                                       | 89.35                                     | -167.65                                      | -397.38                                     |
| CONTINGENCY: GU16      | 660.62                                      | 372.82                                       | 110.05                                    | -127.53                                      | -339.87                                     |
| CONTINGENCY: GU17      | 660.62                                      | 372.82                                       | 110.05                                    | -127.53                                      | -339.87                                     |



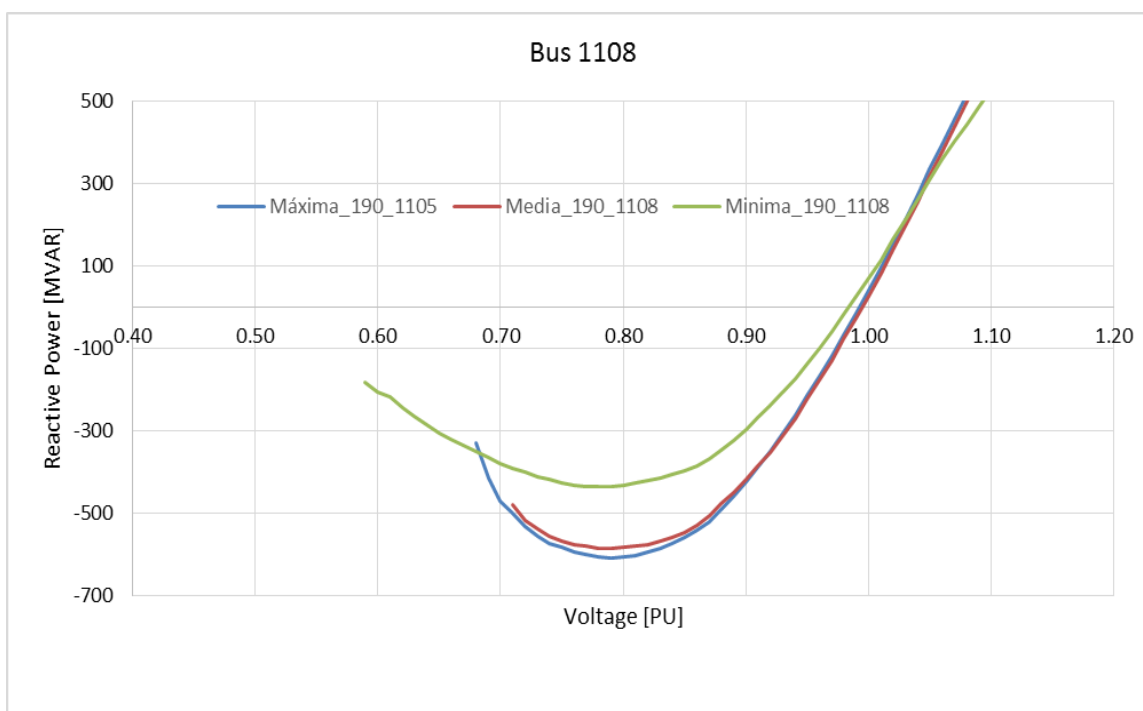
|                   |        |        |        |         |         |
|-------------------|--------|--------|--------|---------|---------|
| CONTINGENCY: GU18 | 708.83 | 399.84 | 117.08 | -138.22 | -366.07 |
| CONTINGENCY: GU19 | 683.61 | 373.47 | 89.23  | -167.80 | -397.56 |
| CONTINGENCY: GU20 | 691.60 | 380.99 | 96.66  | -160.38 | -390.16 |
| CONTINGENCY: GU21 | 689.45 | 379.10 | 94.85  | -162.11 | -391.80 |

**Tabla 5.15.** Principales puntos de la curva QV a partir del análisis de estabilidad de voltaje en el bus 1128 para la transferencia México-Guatemala 230 MW para marzo de 2019, en condiciones de demanda mínima y con nivel máximo de transferencia norte-sur entre los países que integran el MER

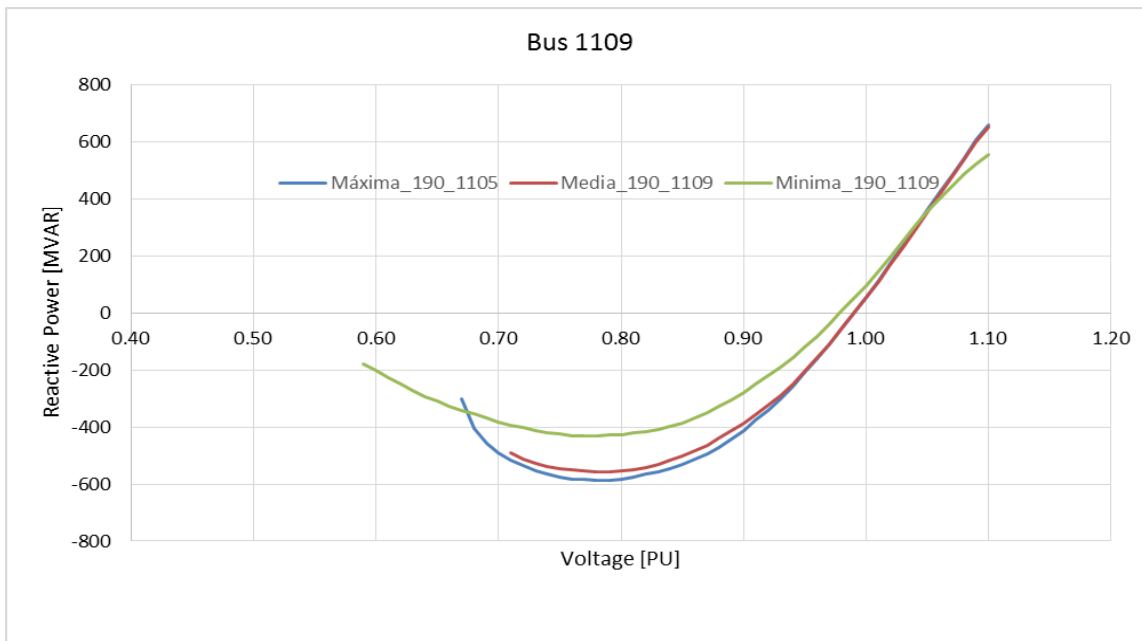
| Contingencia           | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1.05 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 1 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.95 pu | Potencia Reactiva (Mvr) a Voltaje de 0.9 pu |
|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CONTINGENCY: BASE CASE | 726.41                                      | 422.06                                       | 141.88                                    | -113.34                                      | -341.57                                     |
| CONTINGENCY: SJO-C1    | 775.34                                      | 474.57                                       | 196.82                                    | -54.38                                       | -278.14                                     |
| CONTINGENCY: JEN-C2    | 746.03                                      | 443.63                                       | 164.56                                    | -88.77                                       | -315.07                                     |
| CONTINGENCY: COBG1     | 838.06                                      | 538.48                                       | 263.28                                    | 16.28                                        | -200.88                                     |
| CONTINGENCY: COBG2     | 840.28                                      | 540.79                                       | 265.74                                    | 19.05                                        | -197.84                                     |
| CONTINGENCY: MSY-SMT   | 728.74                                      | 424.51                                       | 144.40                                    | -110.69                                      | -338.76                                     |
| CONTINGENCY: REN-TIC   | 795.95                                      | 496.38                                       | 219.65                                    | -29.83                                       | -251.54                                     |
| CONTINGENCY: GU1       | 727.72                                      | 423.42                                       | 143.13                                    | -112.07                                      | -340.29                                     |
| CONTINGENCY: GU2       | 727.72                                      | 423.42                                       | 143.13                                    | -112.07                                      | -340.29                                     |
| CONTINGENCY: GU3       | 727.55                                      | 424.77                                       | 145.59                                    | -108.50                                      | -335.71                                     |
| CONTINGENCY: GU4       | 722.49                                      | 421.48                                       | 144.01                                    | -108.87                                      | -334.98                                     |
| CONTINGENCY: GU5       | 747.27                                      | 462.54                                       | 197.67                                    | -41.64                                       | -254.56                                     |
| CONTINGENCY: GU6       | 775.46                                      | 474.68                                       | 196.92                                    | -54.28                                       | -278.05                                     |
| CONTINGENCY: GU7       | 729.40                                      | 425.33                                       | 145.15                                    | -109.86                                      | -337.89                                     |
| CONTINGENCY: GU8       | 728.70                                      | 424.68                                       | 144.61                                    | -110.36                                      | -338.35                                     |
| CONTINGENCY: GU9       | 727.84                                      | 423.77                                       | 143.80                                    | -111.15                                      | -339.12                                     |
| CONTINGENCY: GU10      | 742.36                                      | 458.43                                       | 193.88                                    | -45.14                                       | -257.82                                     |
| CONTINGENCY: GU11      | 771.70                                      | 470.75                                       | 192.91                                    | -58.53                                       | -282.56                                     |



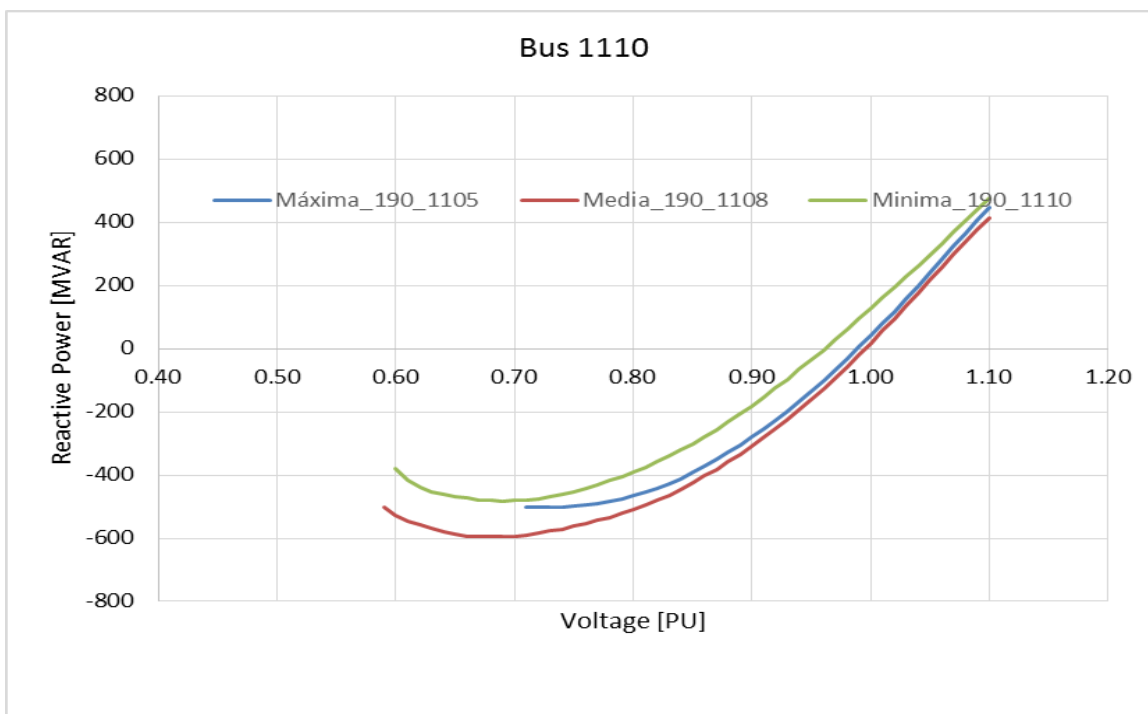
**Figura 5-1.** Curva de estabilidad de voltaje: Bus 1105



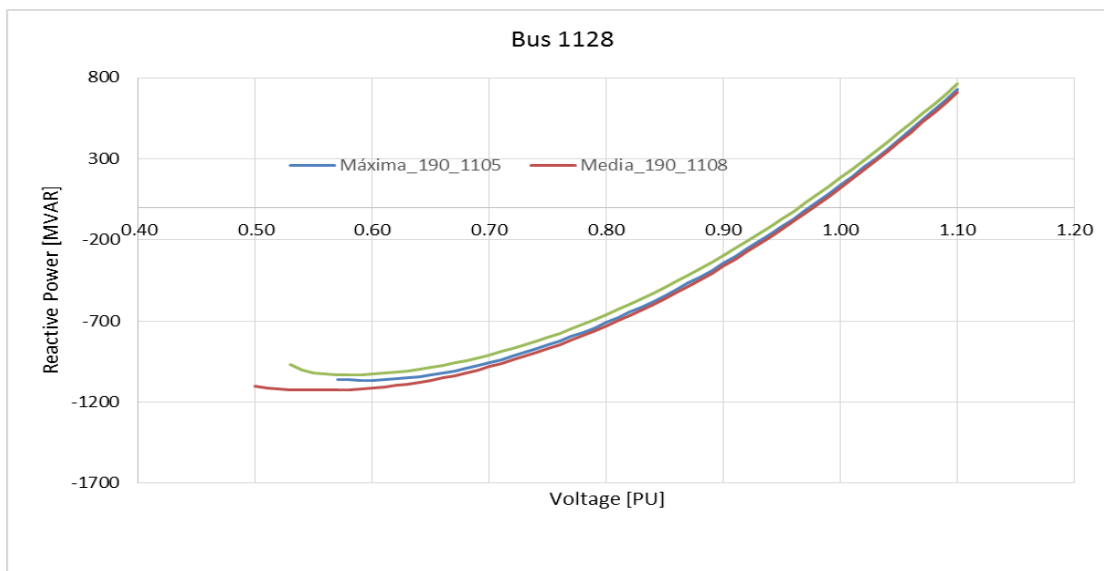
**Figura 5-2.** Curva de estabilidad de voltaje: Bus 1108



**Figura 5-3.** Curva de estabilidad de voltaje: Bus 1109



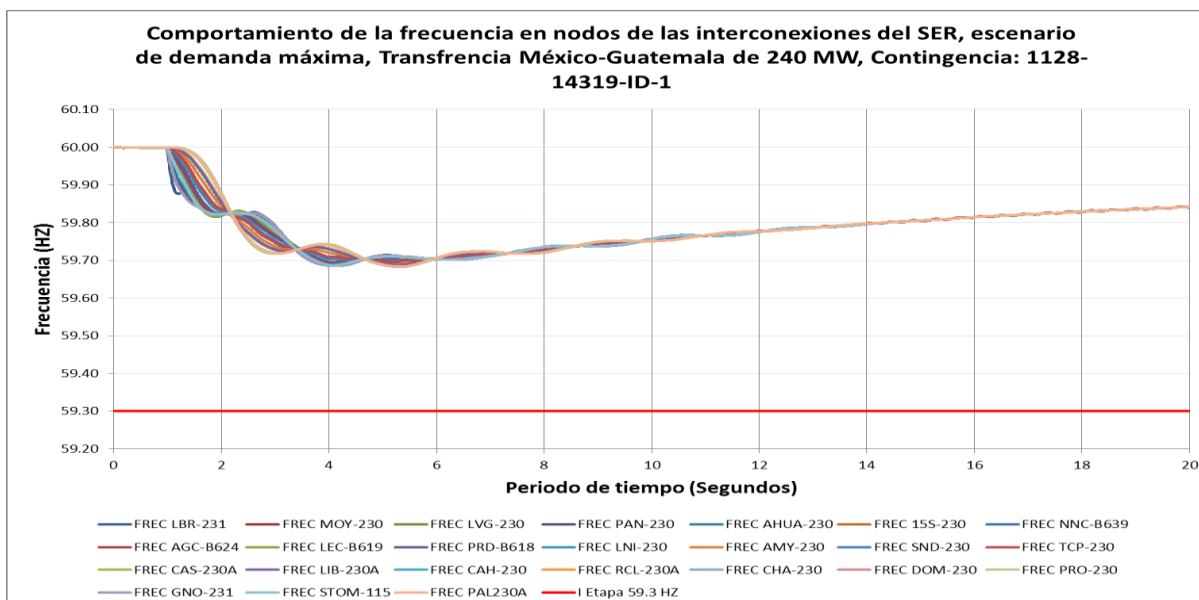
**Figura 5-4.** Curva de estabilidad de voltaje: Bus 1110



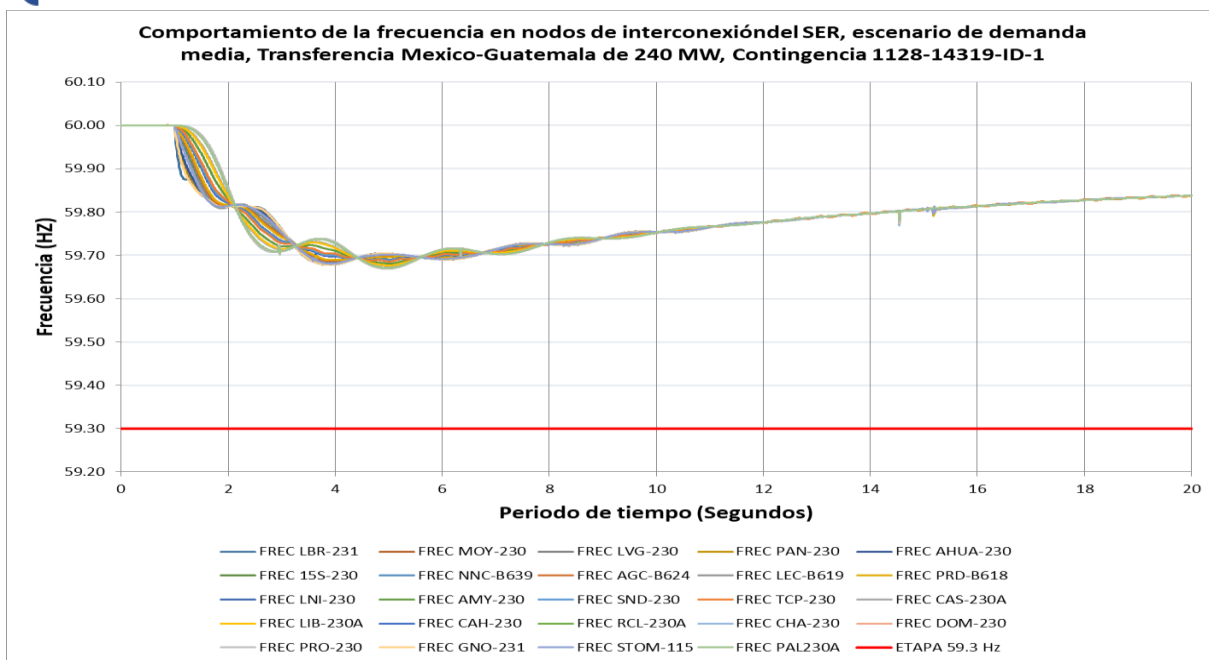
**Figura 5-5.** Curva de estabilidad de voltaje: Bus 1128

## A.2 Resultados del análisis de Estabilidad Transitoria

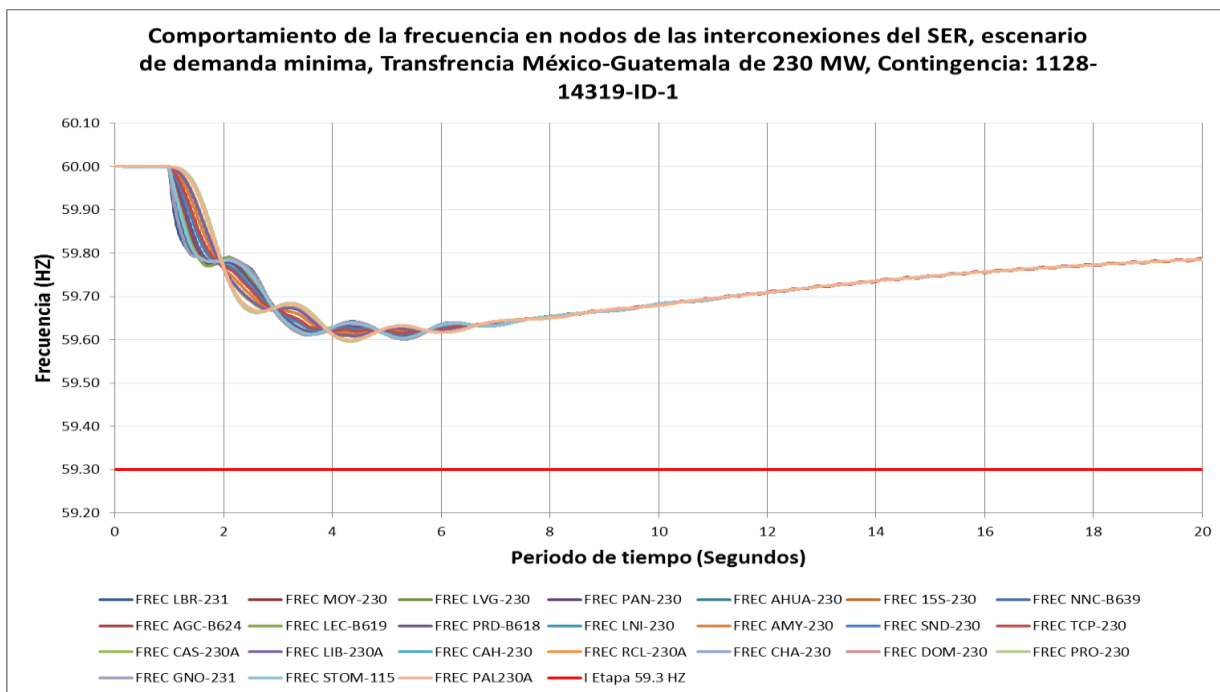
### A.2.1 Comportamiento dinámico de la Frecuencia para la mayor pérdida de generación N-1



**Figura 5-6.** Frecuencia en nodos de interconexiones del SER, para el caso de demanda máxima con transferencia de pre-contingencia de 240 MW entre México-Guatemala, bajo la mayor contingencia de pérdida de generación N-1 (1128-14319-ID-1)



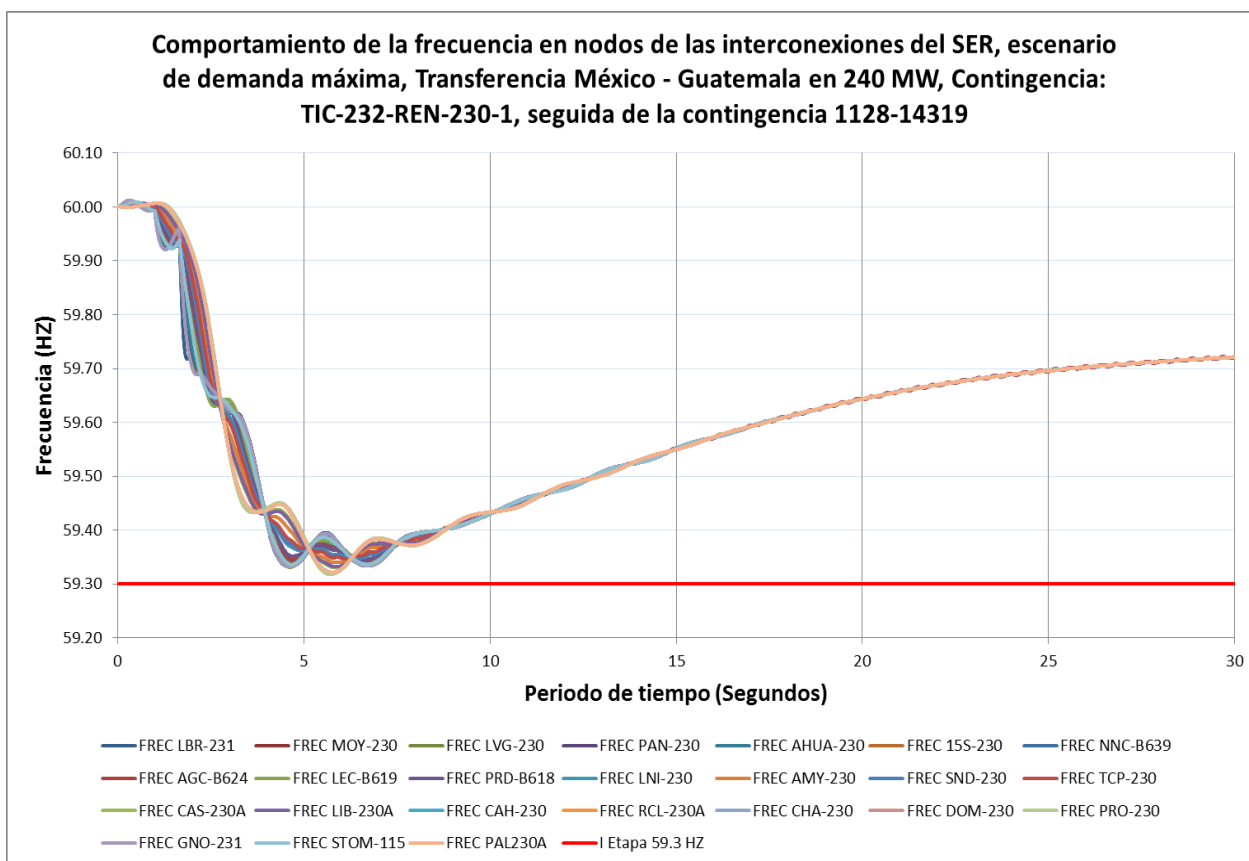
**Figura 5-7.** Frecuencia en nodos de interconexiones del SER, para el caso de demanda media con transferencia de pre-contingencia de 240 MW entre México-SER, bajo la mayor contingencia de pérdida de generación N-1 (1128-14319-ID-1)



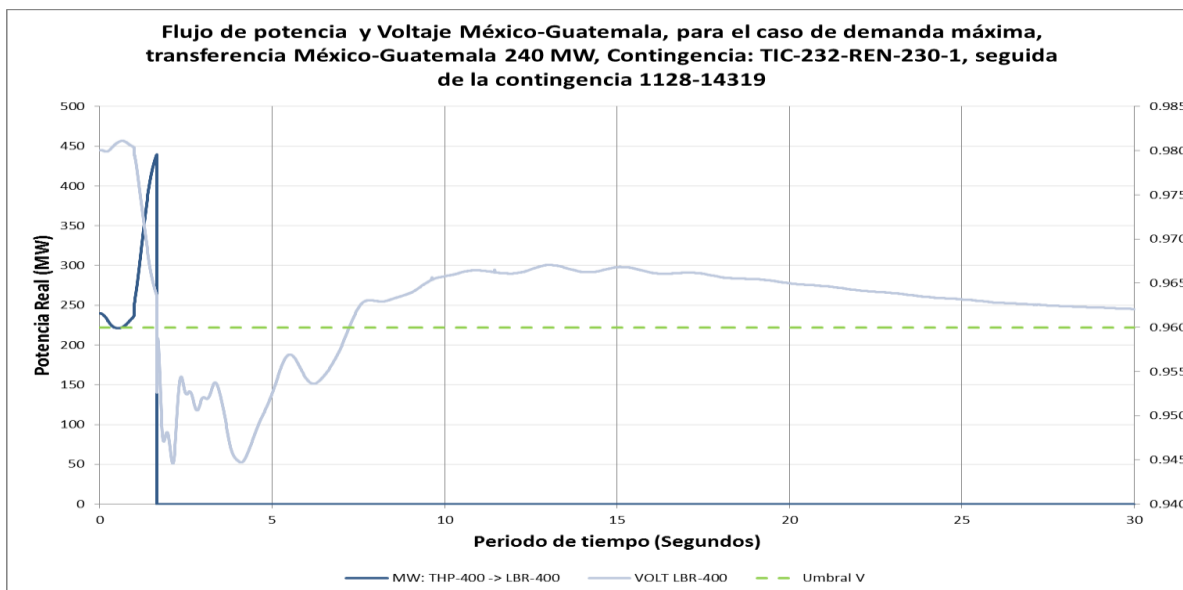
**Figura 5-8.** Frecuencia en nodos de interconexiones del SER, para el caso de demanda mínima con transferencia de pre-contingencia de 230 MW entre México-SER, bajo la mayor contingencia de pérdida de generación N-1 (1128-14319-ID-1)

## A.2.2 Sensibilidad del comportamiento dinámico de la Frecuencia para la mayor pérdida de generación (N-1-México), considerando un flujo de 408 MW y voltaje 0.96 pu en S/E Los Brillantes 400 kV para activación EDALTBV.

### A.2.2.1 Casos de demanda máxima

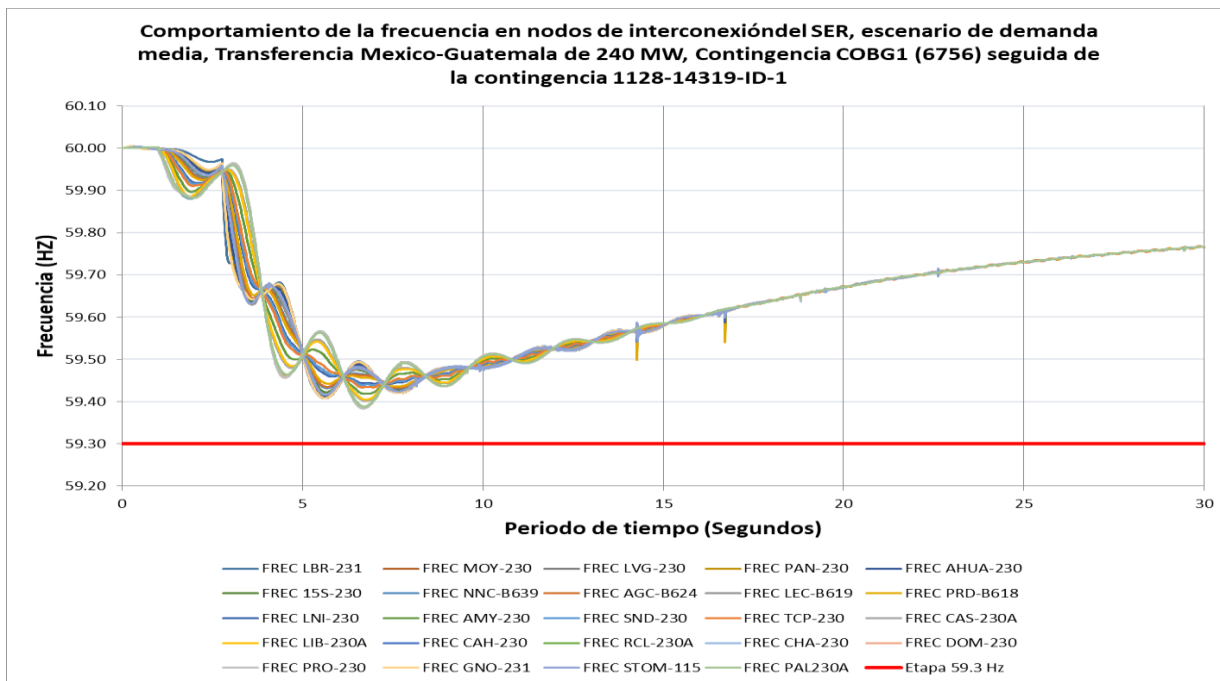


**Figura 5-9.** Frecuencia en nodos de interconexiones del SER, para el caso de demanda máxima con transferencia de pre-contingencia de 240 MW entre México-SER, bajo la contingencia N-1-México (TIC-232-REN-230-1+1128-14319-1)



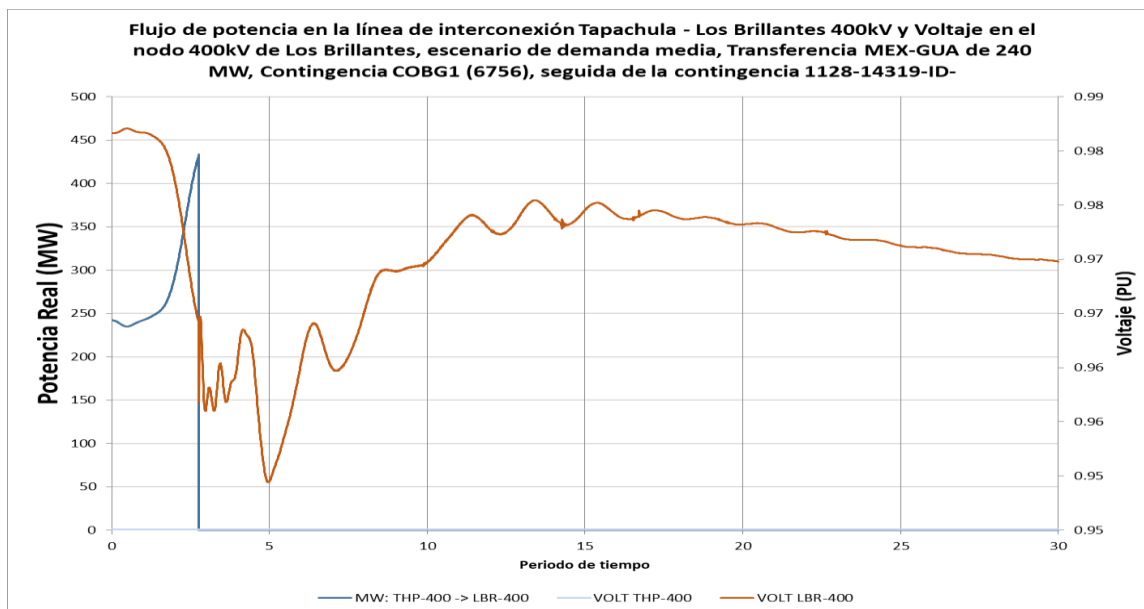
**Figura 5-10.** Flujo de potencia y Voltaje México-Guatemala, para el caso de demanda máxima con transferencia de pre-contingencia de 240 MW entre México-Guatemala, bajo la contingencia N-1-México (TIC-232-REN-230-1+1128-14319-1)

### A.2.2.1 Casos de demanda media



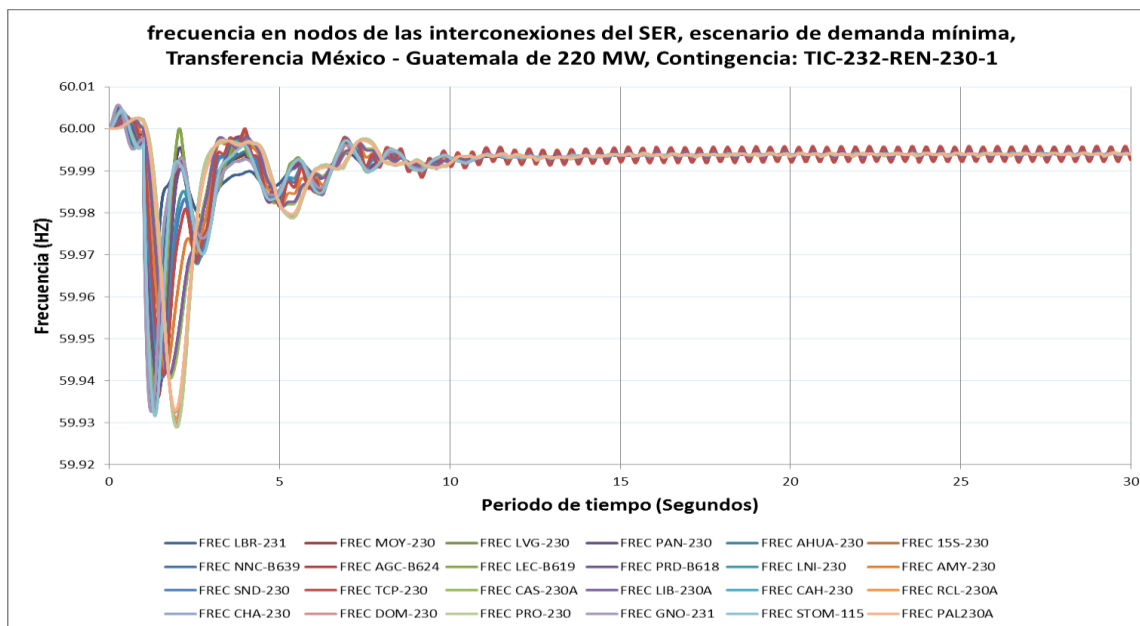
**Figura 5-11.** Frecuencia en nodos de interconexiones del SER, para el caso de demanda máxima con transferencia de pre-contingencia de 240 MW entre México-SER, bajo la contingencia N-1-México (COBG1+1128-14319-1)



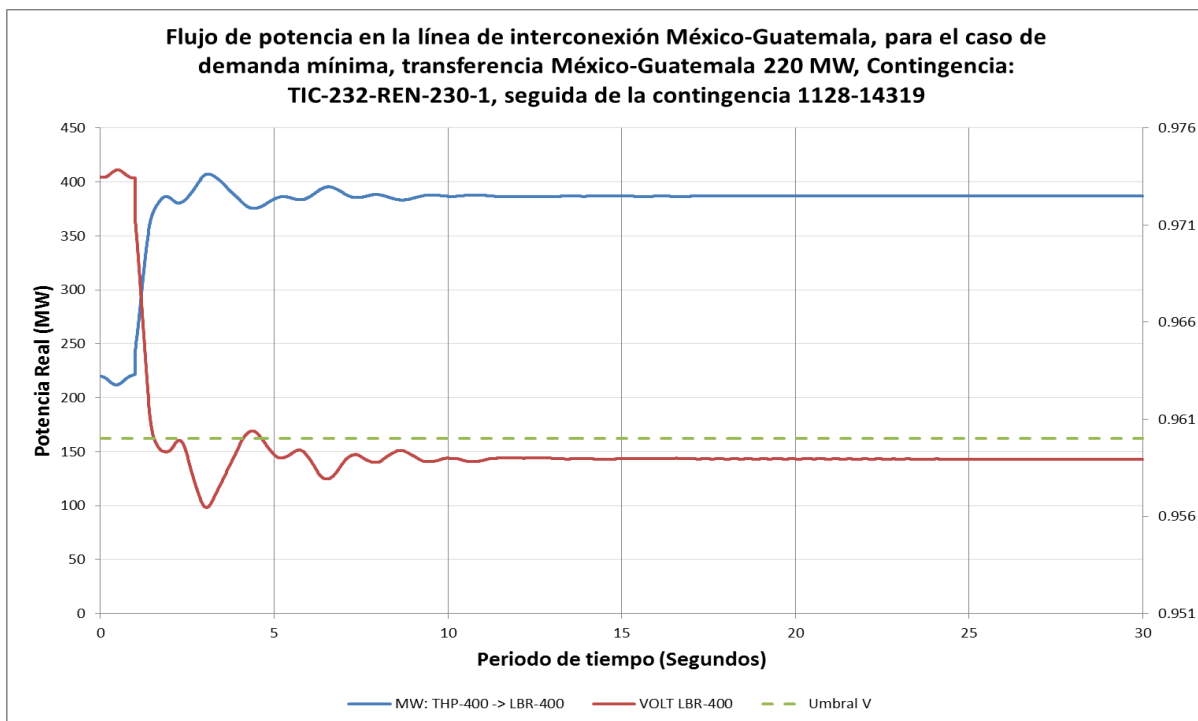


**Figura 5-12.** Flujo de potencia México-Guatemala, para el caso de demanda media con transferencia de pre-contingencia de 240 MW entre México-Guatemala, bajo la contingencia N-1-México (COBG1+1128-14319-1)

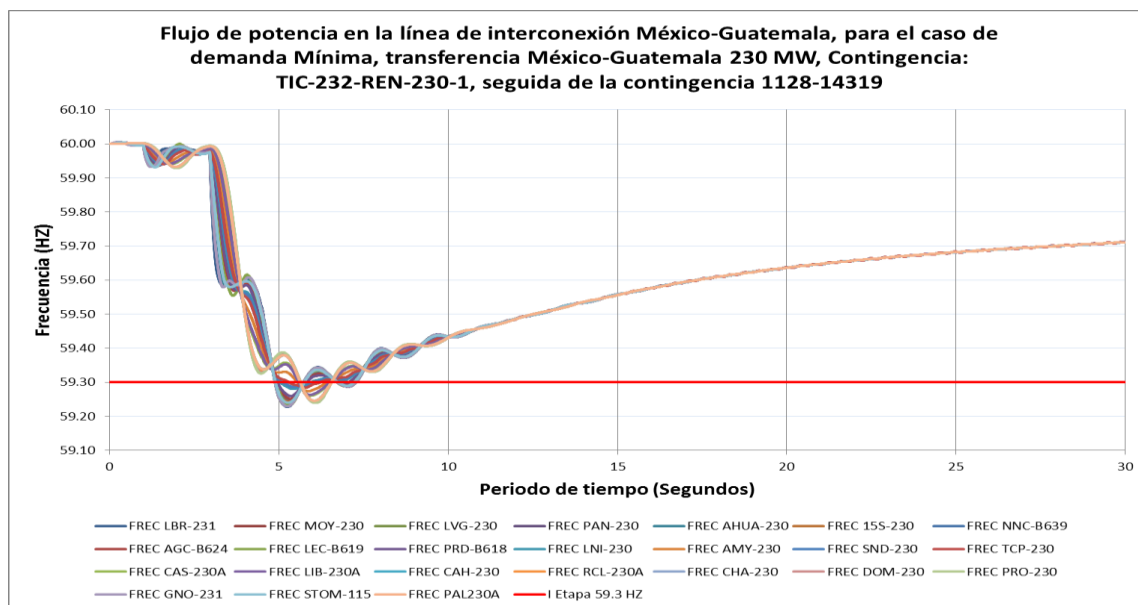
### A.2.2.1 Casos de demanda mínima



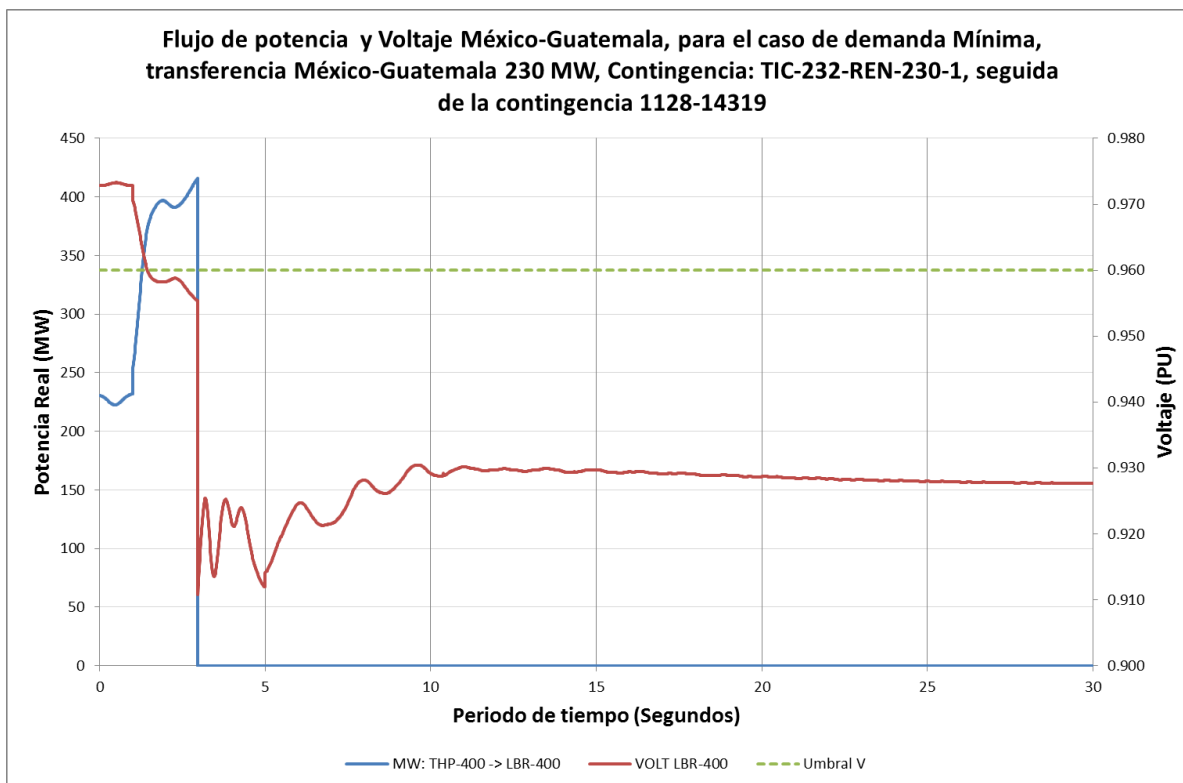
**Figura 5-13.** Frecuencia en nodos de interconexiones del SER, para el caso de demanda mínima con transferencia de pre-contingencia de 220 MW entre México-SER, bajo la contingencia N-1 (TIC-232-REN-230-1)



**Figura 5-14.** Flujo de potencia México-Guatemala, para el caso de demanda mínima con transferencia de pre-contingencia de 220 MW entre México-Guatemala, bajo la contingencia N-1 (TIC-232-REN-230-1)



**Figura 5-15.** Frecuencia en nodos de interconexiones del SER, para el caso de demanda mínima con transferencia de pre-contingencia de 230 MW entre México-SER, bajo la contingencia N-1-México (TIC-232-REN-230-1+1128-14319-1)



**Figura 5-16.** Flujo de potencia México-Guatemala, para el caso de demanda mínima con transferencia de pre-contingencia de 230 MW entre México-Guatemala, bajo la contingencia N-1-México (TIC-232-REN-230-1+1128-14319-1)