

**Trabajo Fin de Grado**  
**Grado en Ingeniería de las Tecnologías**  
**Industriales**

**Control Óptimo de Tensiones en Redes de Media**  
**Tensión**

Autor: Cristina García Tirador

Tutor: Esther Romero Ramos

Ángel Luis Trigo García

**Dep. Ingeniería Eléctrica**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**  
**Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2016



## **Control de Tensiones en Redes de Media Tensión**

**Control de Tensiones en Redes de Media Tensión**

Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

# **Control Óptimo de Tensiones en Redes de Media Tensión**

Autor:

Cristina García Tirador

Tutor:

Esther Romero Ramos

Profesor titular

Ángel Luis Trigo García

Profesor titular

Dep. Ingeniería Eléctrica  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, 2016

## **Control de Tensiones en Redes de Media Tensión**

## **Control de Tensiones en Redes de Media Tensión**

Trabajo Fin de Grado: Control Óptimo de Tensiones en Redes de Media Tensión

Autor: Cristina García Tirador

Tutor: Esther Romero Ramos

Ángel Luis Trigo García

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

## **Control de Tensiones en Redes de Media Tensión**

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2016

El Secretario del Tribunal

## **Control de Tensiones en Redes de Media Tensión**

# **Agradecimientos**

---

Agradecer a los profesores Luis Trigo y Esther Romero su apoyo y ayuda en este trabajo, como en los años de grado.

Agradecer a mi padre y a mi madre, el cariño, el esfuerzo y el apoyo incondicional que me brindan en todos los caminos que elijo. Sin ustedes nada sería lo mismo, me hacéis sentir afortunada, querida y me habéis hecho ser quien hoy soy.

No puede faltar el agradecimiento a mi hermano, abuelos, tíos, a mi familia. El teneros lejos me hace disfrutaros tanto cuando os tengo cerca.

A mis amigas y a mis amigos, no he podido encontrar mejores compañeros de viaje.

Y a esas personas que han estado y que ahora no están.

Gracias.



# Resumen

---

El presente trabajo tiene como objetivo mejorar la operación de las redes de media tensión.

A causa de los numerosos y relevantes cambios que se han producido en el entorno de la generación eléctrica, la gestión de las redes, cada vez presenta más retos.

Se han realizado una serie de estudios, empleando una herramienta heurística basada en sensibilidades, orientada a mejorar tensiones y pérdidas, desarrollada en entorno Matlab.

La idea que se persigue, es probar dicha herramienta en una red de media tensión, contemplando distintos escenarios y optimizar la operación de la red, contando para ello, con las tomas de los transformadores que componen la red.

# **Abstract**

---

This work aims to improve the operation of medium voltage networks.

Because of the numerous and significant changes that have occurred in the environment of electricity generation, management of networks, increasingly most challenging.

There have been a number of studies, using a heuristic based tool sensitivities, aimed at improving tensions and losses, developed in Matlab environment.

The idea pursued, is to test the tool in a medium voltage network, contemplating different stages and optimize operation of the network, counting with the transformer taps that make up the network.

## Contenido

---

<b>Agradecimientos</b>	<b>8</b>
<b>Resumen</b>	<b>9</b>
<b>Abstract</b>	<b>10</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>13</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>15</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>21</b>
1.1 <i>Introducción al control de tensiones en redes de media tensión.</i>	22
1.2.1 Control de tensiones tradicional en MT.	23
1.2.2 Control de tensiones actual en MT.	23
1.2.3 Futuro.	23
1.3 <i>Objetivo.</i>	24
1.4 <i>Estructura del documento.</i>	25
<b>2 HERRAMIENTA HEURÍSTICA BASADA EN SENSIBILIDADES</b>	<b>26</b>
2.1 <i>Introducción a la herramienta heurística basada en sensibilidades [1].</i>	27
2.2 <i>Sensibilidades.</i>	28
2.2.1 Definición de las variables[1]	28
2.2.2 Matrices de sensibilidad [1]	28
2.2.3 Linealidad de las variables dependientes respecto de los controles.	29
<b>3 ENTORNO DE TRABAJO</b>	<b>31</b>
3.1 <i>Red a estudiar.</i>	31
3.2 <i>Parámetros de la red.</i>	32
3.2.1 Líneas.	32
3.2.2 Transformadores.	33
3.2.3 Parámetros de cargas.	33
3.2.4 Distribución de carga diaria.	35
<b>4 PRUEBA DE LA HERRAMIENTA</b>	<b>38</b>
<b>5 CASOS DE ESTUDIO</b>	<b>47</b>
GD en nuestra red de Media Tensión.	48
5.1 <i>Continuo.</i>	49
5.1.1 Sin Generación Distribuida.	49
5.1.2 Con Generación Distribuida	68
5.1.3 Sintonización. Sin Generación Distribuida.	81
5.1.4 Sintonización. Con Generación Distribuida.	93
5.2 <i>Discreto.</i>	105
5.2.1 Sin Generación Distribuida.	106
5.2.2 Con Generación Distribuida.	118
5.2.3 Sintonización.	132
5.3 <i>Pérdidas.</i>	137
5.3.1 Sin Generación Distribuida.	137
5.3.2 Con Generación Distribuida.	141
<b>6 CONCLUSIONES</b>	<b>145</b>

## **Control de Tensiones en Redes de Media Tensión**

<b>7</b>	<b>LÍNEAS DE ESTUDIO</b>	<b>148</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>149</b>
	<b>ANEXO I</b>	<b>150</b>
	<b>ANEXO II</b>	<b>164</b>
	<b>ANEXO III</b>	<b>169</b>
	<b>ANEXO IV</b>	<b>172</b>

# Índice de Tablas

---

*Tabla 1.3. Casos a estudiar con la HEC.*

*Tabla 3.2.1-1. Datos de las líneas que componen la red.*

*Tabla 3.2.2-1. Datos de los transformadores que componen la red.*

*Tabla 4-1. Valor tensión en cada nudo tras el primer reparto de cargas.35*

*Tabla 4-2. Incrementos y coeficientes tomados por la Herramienta en el caso de estudio 1.39*

*Tabla 4-3. Valores de tensión inicial y final caso de estudio 2.*

*Tabla 5. Casos de estudio.*

*Tabla 5.1.1.1. Tensiones finales no corregidas caso 1. Sin GD. Continuo.*

*Tabla 5.1.1.2-1. Tensiones fuera de límites. Caso 2. Sin GD. Continuo.*

*Tabla 5.1.1.2-2. Tensiones fuera de límite después de corregir. Caso 2. Sin GD. Continuo.*

*Tabla 5.1.1.6. Valores finales de la tensión. Sin GD. Continuo. Caso 6.*

*Tabla 5.1.2.2-4. Actuaciones caso 2. Con GD. Continuo.*

*Tabla 5.1.3. Valor sintonizado de la tomas en continuo.*

*Tabla 5.2.2.6. Actuaciones caso 3. Con GD. Discreto.*

*Tabla 5.2.3-1. Valor continuo de la sintonización de las tomas de los trafos MT/BT.*

*Tabla 5.2.3-2. Valor discreto de la sintonización de las tomas de los trafos MT/BT.*

*Tabla 6. Comparativa casos estudiados.*

*ANEXO II. Tabla 1. Valores permitidos en transformadores.*

*ANEXO II. Tabla 2. Carga y factor de potencia en cada nudo.*

*ANEXO II. Tabla 3. Coeficiente que expresa el máximo en relación a la S en cada hora.*

*ANEXO II. Tabla 4. P y Q en cada nudo y hora. Hora 1-4.*

*ANEXO II. Tabla 5. P y Q en cada nudo y hora. Hora 4-8.*

*ANEXO II. Tabla 6. P y Q en cada nudo y hora. Hora 9-12.*

*ANEXO II. Tabla 7. P y Q en cada nudo y hora. Hora 13-16.*

*ANEXO II. Tabla 8. P y Q en cada nudo y hora. Hora 17-20.*

*ANEXO II. Tabla 9. P y Q en cada nudo y hora. Hora 21-24.*

*ANEXO III. Tabla 1. Valores inyecciones de potencia.*

*ANEXO IV. Tabla 1. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 1.*

*ANEXO IV. Tabla 2. Valor final de la toma de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 2*

*ANEXO IV. Tabla 3. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 3.*

*ANEXO IV. Tabla 4. Valor final de la toma de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 4.*

*ANEXO IV. Tabla 5. Valor final de la toma de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 5.*

*ANEXO IV. Tabla 6. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD en continuo. Caso*

*ANEXO IV. Tabla 7. Valor final de las tomas de los trafos. GD en continuo. Caso 1*

## **Control de Tensiones en Redes de Media Tensión**

- ANEXO IV. Tabla 8. Valor final de la toma de los trafos. GD en continuo. Caso 2.*
- ANEXO IV. Tabla 9. Valor final de la toma de los trafos. GD en continuo. Caso 3.*
- ANEXO IV. Tabla 10. Valor final de las tomas de los trafos. GD en continuo. Caso 4.*
- ANEXO IV. Tabla 11. Valor final de la toma de los trafos. GD en continuo. Caso 5.*
- ANEXO IV. Tabla 12. Valor final de las tomas de los trafos. GD en continuo. Caso 6.*
- ANEXO IV. Tabla 13. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 1.*
- ANEXO IV. Tabla 14. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 2.*
- ANEXO IV. Tabla 15. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 3.*
- ANEXO IV. Tabla 16. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 4.*
- ANEXO IV. Tabla 17. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 5.*
- ANEXO IV. Tabla 18. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 6.*
- ANEXO IV. Tabla 19. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización con GD discreto. Caso 1.*
- ANEXO IV. Tabla 20. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización con GD discreto. Caso 2.*
- ANEXO IV. Tabla 21. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización con GD continuo. Caso 3.*
- ANEXO IV. Tabla 22. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización con GD continuo. Caso 4.*
- ANEXO IV. Tabla 23. Valor de la toma del trafo 1 final. Sintonización con GD continuo. Caso 5.*
- ANEXO IV. Tabla 24. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización con GD continuo. Caso 6.*
- ANEXO IV. Tabla 25. Valor de las tomas finales de los trafos. Sin GD discreto. Caso 1.*
- ANEXO IV. Tabla 26. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD discreto. Caso 2.*
- ANEXO IV. Tabla 27. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD discreto. Caso 3.*
- ANEXO IV. Tabla 28. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD discreto. Caso 4.*
- ANEXO IV. Tabla 29. Valores de las tomas finales de los trafos. Sin GD discreto. Caso 5.*
- ANEXO IV. Tabla 30. Valor de las tomas finales de los trafos. Sin GD discreto. Caso 6.*
- ANEXO IV. Tabla 31. Valor final de las tomas de los trafos. GD discreto. Caso 1.*

# Índice de Figuras

---

*Figura 1.1. Sistema Eléctrico Peninsular. Fuente: REE.*

*Figura 1.1.3. Smart Grid.*

*Figura 3. Red en archivo .RAW.*

*Figura 3.1. Diagrama unifilar de la red a estudiar.*

*Figura 3.2.3-1. Carga máxima en cada nudo.*

*Figura 3.2.3-2. Coeficiente que expresa el máximo de S en cada hora.*

*Figura 3.2.3-3. Factor de potencia en cada nudo.*

*Figura 3.2.4-1. Consumo de potencia activa en el nudo 2 durante las 24 horas.*

*Figura 3.2.4-2. Consumo de potencia reactiva en el nudo 2 durante las 24 horas.*

*Figura 3.2.4-3. Consumo de potencia activa en los nudos 5 a 24 durante las 24 horas.*

*Figura 3.2.4-4. Consumo de potencia reactiva en los nudo 5 a 24 durante las 24 horas.*

*Figura 4. Diagrama de flujo de la herramienta.*

*Figura 4-1. Diagrama unifilar del caso de estudio.*

*Figura 4-2. Tensión inicial y final caso de estudio 1.*

*Figura 4-3. Pérdidas iniciales y finales caso de estudio 1.*

*Figura 4-4. Tensiones iniciales y finales caso de estudio 2.*

*Figura 4-5. Pérdidas iniciales y finales caso de estudio 2.*

*Figura 4-6. Tensiones iniciales y finales caso de estudio 3.*

*Figura 4-7. Pérdidas iniciales y finales caso de estudio 3.*

*Figura 5. Inyecciones de potencia durante 24 horas en nuestra red de MT.*

*Figura 5.1.1.1-1. Tensiones iniciales. Sin GD en continuo. Caso 1.*

*Figura 5.1.1.1-2. Tensiones finales. Sin GD en continuo. Caso 1.*

*Figura 5.1.1.1-3. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 1.*

*Figura 5.1.1.1-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD en continuo. Caso 1.*

*Figura 5.1.1.2-1. Tensiones iniciales. Sin GD en continuo. Caso 2.*

*Figura 5.1.1.2-2. Tensiones finales. Sin GD en continuo. Caso 2.*

*Figura 5.1.1.2-3. Valor final de la toma de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 2.*

*Figura 5.1.1.2-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD en continuo. Caso 2.*

*Figura 5.1.1.3-1. Tensiones iniciales. Sin GD en continuo. Caso 3.*

*Figura 5.1.1.3-2. Tensiones finales. Sin GD en continuo. Caso 3.*

*Figura 5.1.1.3-3. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 3.*

*Figura 5.1.1.3-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD en continuo. Caso 3.*

*Figura 5.1.1.4-1. Tensiones iniciales. Sin GD en continuo. Caso 4.*

*Figura 5.1.1.4-2. Tensiones finales. Sin GD en continuo. Caso 4.*

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

*Figura 5.1.1.4-3. Valor final de la toma de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 4.*

*Figura 5.1.1.4-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD en continuo. Caso 4.*

*Figura 5.1.1.5-1. Tensiones iniciales. Sin GD en continuo. Caso 5.*

*Figura 5.1.1.5-2. Tensiones finales. Sin GD en continuo. Caso 5.*

*Figura 5.1.1.5-3. Valor final de la toma de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 5.*

*Figura 5.1.1.5-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD en continuo. Caso 5.*

*Figura 5.1.1.6-1. Tensiones iniciales. Sin GD en continuo. Caso 6.*

*Figura 5.1.1.6-2. Tensiones finales. Sin GD en continuo. Caso 6.*

*Figura 5.1.1.6-3. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 6.*

*Figura 5.1.1.6-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD en continuo. Caso 6.*

*Figura 5.1.2.1-1. Tensiones iniciales. GD en continuo. Caso 1.*

*Figura 5.1.2.1-2. Tensiones finales. GD en continuo. Caso 1.*

*Figura 5.1.2.1-3. Valor final de las tomas de los trafos. GD en continuo. Caso 1.*

*Figura 5.1.2.1-4. Pérdidas iniciales y finales. GD en continuo. Caso 1.*

*Figura 5.1.2.2-1. Tensiones iniciales. GD en continuo. Caso 2.*

*Figura 5.1.2.2-2. Tensiones finales. GD en continuo. Caso 2.*

*Figura 5.1.2.2-3. Valor final de la toma de los trafos. GD en continuo. Caso 2.*

*Figura 5.1.2.2-4. Pérdidas iniciales y finales. GD en continuo. Caso 2.*

*Figura 5.1.2.3-1. Tensiones iniciales. GD en continuo. Caso 3.*

*Figura 5.1.2.3-2. Tensiones finales. GD en continuo. Caso 3.*

*Figura 5.1.2.3-3. Valor final de la toma de los trafos. GD en continuo. Caso 3.*

*Figura 5.1.2.3-4. Pérdidas iniciales y finales. GD en continuo. Caso 3.*

*Figura 5.1.2.4-1. Tensiones iniciales. GD en continuo. Caso 4.*

*Figura 5.1.2.4-2. Tensiones finales. GD en continuo. Caso 4.*

*Figura 5.1.2.3-3. Valor final de las tomas de los trafos. GD en continuo. Caso 4.*

*Figura 5.1.2.4-4. Pérdidas iniciales y finales. GD en continuo. Caso 4.*

*Figura 5.1.2.5-1. Tensiones iniciales. GD en continuo. Caso 5.*

*Figura 5.1.2.5-2. Tensiones finales. GD en continuo. Caso 5.*

*Figura 5.1.2.3-3. Valor final de la toma de los trafos. GD en continuo. Caso 5.*

*Figura 5.1.2.5-4. Pérdidas iniciales y finales. GD en continuo. Caso 5.*

*Figura 5.1.2.6-1. Tensiones iniciales. GD en continuo. Caso 6.*

*Figura 5.1.2.6-2. Tensiones finales. GD en continuo. Caso 6.*

*Figura 5.1.2.3-3. Valor final de la toma de los trafos. GD en continuo. Caso 5.*

*Figura 5.1.2.6-4. Pérdidas iniciales y finales. GD en continuo. Caso 6.*

*Figura 5.1.3.1-1. Tensiones iniciales. Sintonización sin GD discreto. Caso 1.*

*Figura 5.1.3.1-2. Tensiones finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 1.*

*Figura 5.1.3.1-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 1.*



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

- Figura 5.1.3.1-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 1*
- Figura 5.1.3.2-1. Tensiones iniciales. Sintonización sin GD discreto. Caso 2.*
- Figura 5.1.3.2-2. Tensiones finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 2.*
- Figura 5.1.3.2-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 2.*
- Figura 5.1.3.2-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 2.*
- Figura 5.1.3.3-1. Tensiones iniciales. Sintonización sin GD discreto. Caso 3.*
- Figura 5.1.3.3-2. Tensiones finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 3.*
- Figura 5.1.3.3-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 3.*
- Figura 5.1.3.3-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 3.*
- Figura 5.1.4.-1. Tensiones iniciales. Sintonización sin GD discreto. Caso 4.*
- Figura 5.1.4.-2. Tensiones finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 4.*
- Figura 5.1.3.4-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 4.*
- Figura 5.1.4.-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 4.*
- Figura 5.1.5.-1. Tensiones iniciales. Sintonización sin GD discreto. Caso 5.*
- Figura 5.1.5.-2. Tensiones finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 5.*
- Figura 5.1.3.5-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 5.*
- Figura 5.1.5.-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 5.*
- Figura 5.1.6.-1. Tensiones iniciales. Sintonización sin GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.1.6.-2. Tensiones finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.1.3.6-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.1.6.-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.1.4.1-1. Tensiones iniciales. Sintonización con GD discreto. Caso 1.*
- Figura 5.1.4.1-2. Tensiones finales. Sintonización con GD discreto. Caso 1.*
- Figura 5.1.4.1-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización con GD discreto. Caso 1.*
- Figura 5.1.4.1-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización con GD discreto. Caso 1.*
- Figura 5.1.4.2-1. Tensiones iniciales. Sintonización con GD discreto. Caso 2.*
- Figura 5.1.4.2-2. Tensiones finales. Sintonización con GD discreto. Caso 2.*
- Figura 5.1.4.2-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización con GD discreto. Caso 2.*
- Figura 5.1.4.2-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización con GD continuo. Caso 2.*
- Figura 5.1.4.3-1. Tensiones iniciales. Sintonización con GD continuo. Caso 3.*
- Figura 5.1.4.3-2. Tensiones finales. Sintonización con GD continuo. Caso 3.*
- Figura 5.1.4.3-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización con GD continuo. Caso 3.*
- Figura 5.1.4.3-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización con GD continuo. Caso 3.*
- Figura 5.1.4.4-1. Tensiones iniciales. Sintonización con GD continuo. Caso 4.*
- Figura 5.1.4.4-2. Tensiones finales. Sintonización con GD continuo. Caso 4.*
- Figura 5.1.4.4-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización con GD continuo. Caso 4.*
- Figura 5.1.4.4-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización con GD continuo. Caso 4.*

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

- Figura 5.1.4.5-1. Tensiones iniciales. Sintonización con GD continuo. Caso 5.*
- Figura 5.1.4.5-2. Tensiones finales. Sintonización con GD continuo. Caso 5.*
- Figura 5.1.4.5-3. Valor de la toma del trafo 1 final. Sintonización con GD continuo. Caso 5.*
- Figura 5.1.4.5-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización con GD continuo. Caso 5.*
- Figura 5.1.4.6-1. Tensiones iniciales. Sintonización con GD continuo. Caso 6.*
- Figura 5.1.4.6-2. Tensiones finales. Sintonización con GD continuo. Caso 6.*
- Figura 5.1.4.6-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización con GD continuo. Caso 6.*
- Figura 5.1.4.6-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización con GD continuo. Caso 6.*
- Figura 5.2.1.1-1. Tensiones iniciales. Sin GD discreto. Caso 1.*
- Figura 5.2.1.1-2. Tensiones finales. Sin GD discreto. Caso 1.*
- Figura 5.2.1.1-3. Valor de las tomas finales de los trafos. Sin GD discreto. Caso 1.*
- Figura 5.2.1.1-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD discreto. Caso 1.*
- Figura 5.2.1.2-1. Tensiones iniciales. Sin GD discreto. Caso 2.*
- Figura 5.2.1.2-2. Tensiones finales. Sin GD discreto. Caso 2.*
- Figura 5.2.1.2-3. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD discreto. Caso 2.*
- Figura 5.2.1.2-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD discreto. Caso 2.*
- Figura 5.2.1.3-1. Tensiones iniciales. Sin GD discreto. Caso 3.*
- Figura 5.2.1.3-2. Tensiones finales. Sin GD discreto. Caso 3.*
- Figura 5.2.1.3-3. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD discreto. Caso 3.*
- Figura 5.2.1.3-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD discreto. Caso 3.*
- Figura 5.2.1.4-1. Tensiones iniciales. Sin GD discreto. Caso 4.*
- Figura 5.2.1.4-2. Tensiones finales. Sin GD discreto. Caso 4.*
- Figura 5.2.1.4-3. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD discreto. Caso 4.*
- Figura 5.2.1.4-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD discreto. Caso 4.*
- Figura 5.2.1.5-1. Tensiones iniciales. Sin GD discreto. Caso 5.*
- Figura 5.2.1.5-2. Tensiones finales. Sin GD discreto. Caso 5.*
- Figura 5.2.1.5-3. Valores de las tomas finales de los trafos. Sin GD discreto. Caso 5.*
- Figura 5.2.1.5-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD discreto. Caso 5.*
- Figura 5.2.1.6-1. Tensiones iniciales. Sin GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.2.1.6-2. Tensiones finales. Sin GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.2.1.6-3. Valor de las tomas finales de los trafos. Sin GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.2.1.6-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.2.2.1-1. Tensiones iniciales. GD discreto. Caso 1.*
- Figura 5.2.2.1-2. Tensiones finales. GD discreto. Caso 1.*
- Figura 5.2.2.1-3. Valor final de las tomas de los trafos. GD discreto. Caso 1.*
- Figura 5.2.2.1-4. Pérdidas iniciales y finales. GD discreto. Caso 1.*
- Figura 5.2.2.2-1. Tensiones iniciales. GD discreto. Caso 2.*

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

- Figura 5.2.2.2-2. Tensiones finales. GD discreto. Caso 2.*
- Figura 5.2.2.2-3. Valor tomas finales. GD discreto. Caso 2.*
- Figura 5.2.2.2-4. Pérdidas iniciales y finales. GD discreto. Caso 2.*
- Figura 5.2.2.3-1. Tensiones iniciales. GD discreto. Caso 3.*
- Figura 5.2.2.3-2. Tensiones finales. GD discreto. Caso 3.*
- Figura 5.2.2.3-3. Valor tomas finales. GD discreto. Caso 3.*
- Figura 5.2.2.3-4. Pérdidas iniciales y finales. GD discreto. Caso 3.*
- Figura 5.2.2.4-1. Tensiones iniciales. GD discreto. Caso 4.*
- Figura 5.2.2.4-2. Tensiones finales. GD discreto. Caso 4.*
- Figura 5.2.2.4-3. Valor tomas finales. GD discreto. Caso 4.*
- Figura 5.2.2.4-4. Pérdidas iniciales y finales. GD discreto. Caso 4.*
- Figura 5.2.2.5-1. Tensiones iniciales. GD discreto. Caso 5.*
- Figura 5.2.2.5-2. Tensiones finales. GD discreto. Caso 5.*
- Figura 5.2.2.5-3. Valor tomas finales. GD discreto. Caso 5.*
- Figura 5.2.2.5-4. Pérdidas iniciales y finales. GD discreto. Caso 5.*
- Figura 5.2.2.6-1. Tensiones iniciales. GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.2.2.6-2. Tensiones finales. GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.2.2.6-3. Valor tomas finales. GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.2.2.6-4. Pérdidas iniciales y finales. GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.2.3.1.1-1. Tensiones iniciales. Sintonización sin GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.2.3.1.1-2. Tensiones finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.2.3.1.1-3. Valor toma 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.2.3.1.1-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.2.3.1.2-1. Tensiones iniciales. Sintonización con GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.2.3.1.2-2. Tensiones finales. Sintonización con GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.2.3.2.1-3. Valor toma 1. Sintonización con GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.2.3.1.2-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización con GD discreto. Caso 6.*
- Figura 5.3.1-1. Comparación de pérdidas. Caso 1.*
- Figura 5.3.1-2. Comparación de pérdidas. Caso 2.*
- Figura 5.3.1-3. Comparación de pérdidas. Caso 3.*
- Figura 5.3.1-4. Comparación de pérdidas. Caso 4.*
- Figura 5.3.1-5. Comparación de pérdidas. Caso 5.*
- Figura 5.3.1-6. Comparación de pérdidas. Caso 6.*
- Figura 5.3.2-1. Comparación de pérdidas. Caso 1.*
- Figura 5.3.2-2. Comparación de pérdidas. Caso 2.*
- Figura 5.3.2-3. Comparación de pérdidas. Caso 3.*
- Figura 5.3.2-4. Comparación de pérdidas. Caso 4.*

## **Control de Tensiones en Redes de Media Tensión**

*Figura 5.3.2-5. Comparación de pérdidas. Caso 5.*

*Figura 5.3.2-6. Comparación de pérdidas. Caso 6.*

*ANEXO I. Figura 1. Diagrama de flujo de una etapa de control.*

# 1 INTRODUCCIÓN

---

*¿Por qué es necesario el control de tensiones?*

Las cargas conectadas a una red eléctrica varían a lo largo del día, y con ellas la demanda de reactiva, por lo que el sistema operador, de forma continua debe actuar para corregir las desviaciones de tensión.

La potencia reactiva debe producirse allí donde se necesita, con el fin de reducir los gradientes de tensión y las pérdidas del sistema.

- Las tensiones en los nudos deben permanecer dentro de unos límites aceptables. Tanto los equipos de las instalaciones eléctricas como los de los consumidores están diseñados para trabajar en un rango determinado de tensión, por lo que la operación de los mismos fuera de este rango puede afectar a su funcionamiento o dañarlos.
- Un buen nivel de tensión mejora la estabilidad del sistema.
- Un reparto de tensiones inadecuado origina flujos de potencia reactiva que a su vez provocan pérdidas en las líneas por efecto Joule.

Es por ello que consideramos que el control de la tensión en las redes eléctricas es un elemento básico.

*Elementos que participan en el control de tensiones:*

**Generadores síncronos:** Pueden generar o consumir potencia reactiva dependiendo de su excitación. Esta capacidad está limitada por los márgenes de funcionamiento de la máquina, fundamentalmente la corriente máxima en el devanado de campo y la corriente máxima en el devanado inducido. Normalmente los generadores síncronos están equipados con reguladores automáticos que controlan de forma continua la tensión en el punto de conexión.

**Líneas aéreas:** En función de su carga, absorben o generan potencia reactiva.

En general, cuando están cargadas absorben reactiva, y cuando están descargadas la generan.

**Cables subterráneos:** Debido a su elevada capacidad distribuida, generan normalmente potencia reactiva, si bien, también pueden consumirla.

**Transformadores:** Siempre consumen potencia reactiva. Cuando están descargados lo hacen por la reactancia de magnetización, y cuando están cargados por la reactancia en serie.

- Con regulación en carga: Varían su relación de transformación sin interrumpir la carga que alimentan.
- Con regulación sin carga ni tensión: deben interrumpir la carga que suministran para cambiar de toma.

**Cargas:** Normalmente absorben potencia reactiva, si bien depende de la naturaleza de la carga:

Las lámparas incandescentes y los sistemas de calefacción son resistivos, mientras los motores de inducción y las lámparas fluorescentes son inductivos. Las compañías eléctricas penalizan económicamente las cargas inductivas, por lo que los clientes industriales suelen compensar su consumo de potencia reactiva mediante la instalación de baterías de condensadores.

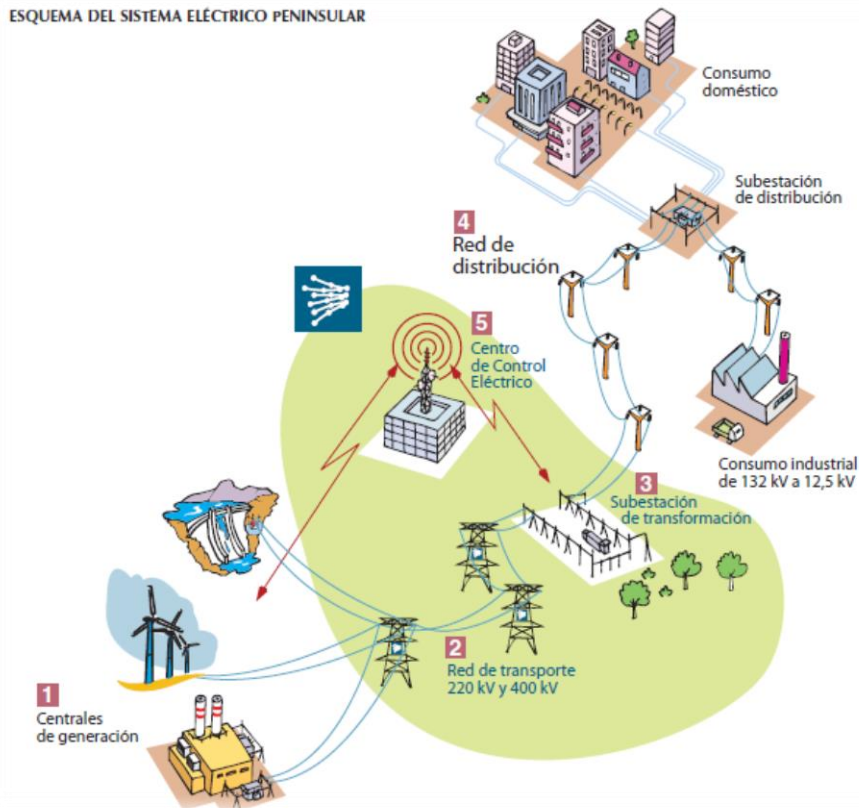
**Dispositivos compensadores:** Generan o consumen potencia eléctrica para contribuir al control de tensión. En redes de media tensión, el uso de condensadores permite disminuir los flujos de potencia

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

reactiva en las redes.

### 1.1 Introducción al control de tensiones en redes de media tensión.

La energía eléctrica que se distribuye a los diferentes usuarios de un sistema eléctrico, debe presentar una calidad adecuada para su uso cotidiano. Esta energía, normalmente se distribuye en MT y fundamentalmente en BT, por lo que se hace necesario establecer parámetros que permitan controlar, y en ocasiones actuar, sobre dicho sistema eléctrico.



*Figura 1.1. Sistema Eléctrico Peninsular. Fuente: REE.*

#### **Redes en media tensión.**

La red de media tensión cuenta con tensiones de funcionamiento de 3 a 30 kV y con una característica muy radial, a causa de su extensión y la cantidad de puntos de suministro. Cuentan con la alimentación en solo uno de sus extremos y transmiten la energía en forma radial a los receptores.

Dichas instalaciones son frecuentes en líneas de distribución eléctrica que finalizan en centros de transformación, en donde normalmente se reduce la tensión hasta los 420 voltios. Esta red cubre la superficie de los grandes centros de consumo (población, gran industria, etc.), uniendo las estaciones transformadoras de distribución con los centros de transformación, que son la última etapa del suministro en media tensión, ya que las tensiones a la salida de estos centros es de baja tensión (125/220 ó 220/380 V).

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

### 1.2.1 Control de tensiones tradicional en MT.

Lo más habitual es ver como el control de tensión en las redes de distribución se realiza a través del cambio de etapas o tomas en los transformadores con regulación en carga, y en algunas ocasiones con dispositivos que consumen o generan energía reactiva, como reactancias inductivas o capacitivas en paralelo a las cargas.

- Conectando bancos de condensadores: los condensadores en estas redes se usan para corregir el factor de potencia y disminuir los flujos de reactiva en la red. Por esta razón estarán siempre conectados ya que se instalan en puntos en los que la demanda de reactiva es siempre superior a la generación del condensador.
- Por medio de transformadores con regulación en carga. Esta regulación se realiza automáticamente.

Los cambiadores de tomas (OLTC) se utilizan para cambiar las distintas conexiones (taps) de los devanados del transformador, mientras que el transformador se mantiene bajo carga nominal, y pueden ser diseñados como una sola unidad para aplicaciones tanto monofásicas como trifásicas.

- Con reguladores de tensión situados en las líneas de media tensión muy largas.

### 1.2.2 Control de tensiones actual en MT.

Los últimos cambios y circunstancias dadas en el entorno de la generación eléctrica han llevado a integrar la generación distribuida como elemento de control en las redes de distribución.

La generación distribuida o descentralizada (GD), se refiere a fuentes no centralizadas de generación eléctrica que utilizan recursos como la energía eólica, fotovoltaica o la producción combinada de calor y electricidad y que se encuentran cerca de los consumidores.

- Reducen pérdidas en la red, al reducir los flujos de energía por la misma.
- Su energía vertida no revierte flujos hacia la red de transporte.
- Suelen tener potencias inferiores a 3 kW aunque en general no sobrepasan 10 kW de potencia instalada.

En media tensión y baja tensión la inyección de potencia activa por parte de la generación distribuida provoca aumentos de la tensión allí donde se conectan.

Este efecto puede ser muy perjudicial en estos niveles de tensión, ya que las redes de media tensión y baja tensión se han diseñado bajo el esquema de flujos unidireccionales desde los puntos frontera con la red de transporte hacia los consumidores finales. De algún modo este efecto de la potencia activa en los niveles de tensión debe ser compensado mediante la absorción de potencia reactiva para devolver los niveles de tensión a su condición de diseño en ausencia de GD.

El efecto de la potencia activa en las tensiones no puede ser compensado con la absorción/generación de reactiva, ya que implicaría unos sobrecostes en tecnologías de compensación de reactiva.

### 1.2.3 Futuro.

En la actualidad, la Red de Transporte cuenta con centros de control que monitorizan el estado de la red y garantizan una seguridad total del sistema.

Desde los puntos de distribución hasta el consumidor final apenas ha habido modificaciones tecnológicas.

Si tenemos en cuenta la infraestructura de la red eléctrica y las previsiones de crecimiento en consumo, llegamos a la conclusión de que hay que mejorar las funcionalidades de la red de cara al usuario final.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

Como consecuencia de esto, se hace necesaria la introducción de una nueva generación de equipos inteligentes (nuevos sistemas inversores, contadores inteligentes, protecciones, RTUs, etc.) que implementen dicha capacidad de comunicación y gestión en todos los niveles de la red eléctrica, desde los grandes centros de control, redes de transporte y distribución hasta los puntos de consumo/generación.

Todas estas motivaciones llevan a la definición de lo que son las Smart Grids.

*¿Qué son las Smartgrid?*



*Figura 1.1.3. Smart Grid.*

Una red inteligente es aquella que puede integrar de forma eficiente el comportamiento y las acciones de todos los usuarios conectados a ella, de tal forma que se asegure un sistema energético sostenible y eficiente, con bajas pérdidas y altos niveles de calidad y seguridad de suministro.

El futuro con la presencia de las redes inteligentes nos permite mejorar las relaciones entre el operador de red y los clientes. A su vez, estas redes son más fiables, flexibles y robustas que las tradicionales, y dan respuesta a la integración de la generación distribuida y renovable, así como a la gestión de la demanda.

Podemos conocer mejor el estado eléctrico gracias a la bidireccionalidad del flujo eléctrico que permite captar gran cantidad de datos.

Este modelo de red presenta además, una mejora en los flujos energéticos por la presencia de pequeños grupos de generación cercanos a los consumidores finales.

### 1.3 Objetivo.

*¿Qué ocurriría si nuestra red estuviera automatizada, y pudiéramos controlar las tomas de los trafos de media a baja tensión, además de la toma del trazo de cabecera?*

Se va a estudiar este caso, contando con una red de media tensión con unas características y con que podemos controlar todas las tomas.

*¿Para qué?*



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

Para garantizar el cumplimiento de los criterios de seguridad y calidad del suministro eléctrico, y para ello es necesario tener un control sobre la tensión de todos los nudos del sistema, y que éstas se mantengan dentro de los límites establecidos.

Además, el control de tensiones en la red de media tensión conlleva otros beneficios muy importantes, como son: aumentar la capacidad de transporte de la red, mejorar la calidad del suministro eléctrico y optimizar los recursos de potencia reactiva existentes en la red.

Se pondrá a prueba la eficacia de una Herramienta Heurística de Control que permite establecer una relación entre controles y variables dependientes a través de sensibilidades, analizando distintos casos y estudiando cómo tener el control total de estas tomas puede ayudar al control de las tensiones de aquellos nudos que presenten valores fuera de límites y mejorar la operación de la red.

### 1.4 Estructura del documento.

El documento se va a dividir en distintas partes, las cuales van a abarcar:

- Descripción teórica de la Herramienta Heurística de Control basada en Sensibilidades, adaptada al objeto de estudio.
- Características y detalles de la red a estudiar.
- Verificar que la herramienta funciona con la red a estudiar, mediante ensayos de prueba.
- Análisis de distintos casos:

*Tabla 1.3. Casos a estudiar con la HEC.*

CONTROL	CASO					
	1	2	3	4	5	6
V1	Vble	1,05	1,03	1	0,97	0,95
TOMA 1-2	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 4-7	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 8-9	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 10-11	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 3-5	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 6-12	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 13-14	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 16-17	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 16-18	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

TOMA 18-19	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 15-20	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 21-23	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 22-24	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble

En todos los casos se analizarán los resultados obtenidos en función de los controles con los que cuenta y de consideraciones a tener en cuenta en los casos.

# 2 HERRAMIENTA HEURÍSTICA

# BASADA EN SENSIBILIDADES

### 2.1 Introducción a la herramienta heurística basada en sensibilidades [1].

Con objeto de centralizar el control de las caídas de tensión, la red a estudiar será de tipo radial y el método que vamos a utilizar para dicho control se basa en un Análisis de Sensibilidad, donde se determina cómo varían las tensiones con las actuaciones sobre las variables de control. Las relaciones se pueden expresar en forma matricial de la siguiente forma:

$$\Delta X = S_{X,U} \Delta U$$

Donde:

$X$ : vector de variables dependientes.

En nuestro caso, las variables son las tensiones de los nudos PQ.

$U$ : vector de variables de control.

Dependiendo del caso a estudiar se tendrán, las tomas de los trafos y/o tensión, aunque no sea objeto de nuestro estudio.

$S_{X,U}$ : matriz de sensibilidades.

Dependerá del caso en estudio.

Las soluciones que nos proporcionará la herramienta son aproximadas, ya que no surge la necesidad de abordar un problema más complejo.

Como las ecuaciones que modelan un sistema eléctrico tienen un fuerte carácter no lineal, se linealizan dichas ecuaciones para un estado del sistema y se calculan las sensibilidades.

Cabe destacar que una variable de control afecta a varias dependientes y una variable dependiente se ve afectada por varios controles.

Las sensibilidades nos permiten seleccionar el control más adecuado para corregir tensiones, calcular la magnitud de la actuación sobre el control previamente seleccionado y evitar que produzcan violaciones tras la actuación de un control. Podemos resumir la gran potencialidad de las sensibilidades en tres aspectos: *selección, corrección y predicción*.

La mejor selección del control se basa en los coeficientes de eficiencia. Éstos permiten comparar las actuaciones de las variables de control de distinta naturaleza.

$$CE_{x,u} = S_{x,u} \cdot \Delta u_k^{max}$$

Donde:

$CE_{x,u}$ : coeficiente de eficiencia que relaciona la variable a modificar con los controles.

$\Delta u_k^{max}$ : actuación máxima permitida para cada control que garantiza que no existan nuevas violaciones de límites físicos y de operación.

El criterio de los coeficientes de eficiencia favorece el uso no sólo de los controles con mayor sensibilidad sino los más eficaces para realizar el control y, al mismo tiempo, se intenta garantizar la reserva de los controles, puesto que los controles con valores próximos a sus límites tendrán coeficientes menores.

# Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

## 2.2 Sensibilidades.

Desarrollo de las consideraciones tenidas en cuenta:

### 2.2.1 Definición de las variables[1]

Las variables se dividen en dos grupos

- a) El gestor del sistema tiene a disposición las variables de control:

$$U = [t \ V_g]^t$$

- $V_g$ , tensiones de consigna de los generadores.
- $t$  toma variable en los transformadores.

- b) Variables dependientes:

$$Y = [V_{PQ} \ P_{Slack}]^t$$

Magnitudes nodales:  $X = [V_{PQ} \ P_{Slack}]^t$

- Variables sujetas a límites normales de explotación:  
 $V_{PQ}$ : valor eficaz de la tensión de los nudos PQ.
- Variables que no están sujetas a límites:  
 $P_{Slack}$ , potencia activa suministrada por el Slack.

El estado de las variables sujetas a límites normales de explotación y las sujetas a restricciones adicionales serán las que se tendrán en cuenta para el control.

### 2.2.2 Matrices de sensibilidad [1]

Las variables dependientes y de control se relacionan entre sí, suponiendo un comportamiento lineal, a través de las sensibilidades. Las sensibilidades se expresarán en forma matricial, utilizando dos matrices de sensibilidades, uno por cada grupo de variables dependientes. La primera matriz que se va a utilizar es  $S_{X,U}$ , que relaciona las variables dependientes nodales,  $X$ , y las variables de control,  $U$ .

Se asume un comportamiento lineal entre las variables, así, podremos hallar el incremento necesario para que una tensión vuelva a entrar en límites.

Obtención de  $S_{X,U}$ :

Partimos de  $h(X, U) = 0$  (ecuaciones de red), en función de las variables dependientes  $X$  y de control  $U$ .

Para cada nudo del sistema tenemos:

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

$$\Delta P_i = P_i^{esp} - P_i^{cal} = 0$$

$$\Delta Q_i = Q_i^{esp} - Q_i^{cal} = 0$$

Donde las potencias especificadas son,

$$P_i^{esp} = P_i^{gen} - P_i^{con}$$

$$Q_i^{esp} = Q_i^{gen} - Q_i^{con}$$

Y las potencias calculadas,

$$P_i^{cal} = V_i \sum V_j (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B \sin \theta_{ij})$$

$$Q_i^{cal} = V_i \sum V_j (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B \cos \theta_{ij})$$

$$\text{Con } \theta_{ij} = \theta_i - \theta_j$$

Si se derivan las ecuaciones de la red se tiene:

$$H_X \Delta X + H_U \Delta U = 0$$

$H_X$ : Jacobiano extendido de la red.

$H_U$ : Derivada de las ecuaciones de la red respecto las variables de control.

Una vez derivadas las ecuaciones de la red, se puede expresar el incremento que experimenta una variable dependiente como una función de las actuaciones (incrementos) realizadas en las variables de control,

$$\Delta X = -H_X^{-1} H_U \Delta U$$

Con esta expresión, podemos ya definir la matriz de sensibilidades:

$$S_{X,U} = -H_X^{-1} H_U \quad (1)$$

Ya podemos calcular el incremento que se produce en una variable dependiente, cuando realizamos una actuación,

$$\Delta X = S_{X,U} \Delta U \quad (2)$$

### 2.2.3 Linealidad de las variables dependientes respecto de los controles.

Hasta ahora, con la relación dada por (2) y (3) se puede estimar el cambio en el valor de una variable dependiente que provoca una actuación en un control, entendiéndose como actuación el cambio sobre el valor del control, sin necesidad de resolver el sistema. El problema de operación es justamente el contrario. Para un estado dado de la red se conoce el valor de las magnitudes, cuáles de ellas están fuera de límites y en qué cantidad. El objetivo es obtener la actuación a realizar sobre los controles que permita corregir dichas variables. Para calcular las actuaciones se va a suponer una relación lineal entre cada variable dependiente y cada control en torno a un punto de funcionamiento. Esta suposición permite estimar el cambio en una variable dependiente cuando se realiza una actuación sobre un control de la siguiente forma:

$$x_i' = x_i^o + M_{x,u} (u_i' - u_i^o)$$

Donde,

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

$$M_{x,u} = S_{X,U}$$

Si  $x=X$

Para una variable que se encuentre fuera de límites, se tendrá definido un incremento  $\Delta x$  que permita a ésta volver a una situación dentro de su banda permitida. Por lo tanto, utilizando la relación lineal entre control y variable a través de la sensibilidad se puede determinar la actuación necesaria sobre este control para conseguir el cambio deseado de la siguiente forma:

$$\Delta u_j = \Delta x_i / M_{x,u}$$

El comportamiento de las variables dependientes respecto a cada control, la demostración de la linealidad y la validez de la estimación en torno al punto de funcionamiento, se muestran en la referencia [1]

# 3 ENTORNO DE TRABAJO

Se va a usar una red europea de referencia en MT, la cual se explotará de una forma radial y se detallará en el apartado siguiente. La pasaremos a un archivo texto siguiendo el formato de PSS/E-26.

```

0, 1.0
IEEE 14 BUS SYSTEM
RTS 24 NUDOS, CON DEMANDAS HORARIAS
1, '0', 66., 3, 0.00, 0.00, 1, 1, 1, 0.00, 1
2, '1', 20., 1, 0.00, 0.00, 1, 1, 1, 0.00, 1

0 / FIN DE NUDOS, COMIENZA CARGAS
2, '1', 1, 1, 1, 14.24277, 3.49469, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 1

0 / FIN DE CARGAS, COMIENZA GENERADORES
1, '1', 0.00, 0.00, 9999., -9999., 1, 0.00, 1, 0.00, 1, 0.00, 0.00, 1, 1, 100., 9999., -9999., 1, 1

0 / FIN DE GENERADORES, COMIENZA LINEAS
1, 2, '1', 0.000040, 0.004800, 0.000000, 0.00, 0.00, 0.00, 1.0000, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 1, 0.00, 1, 1.0
2, 3, '1', 0.009068, 0.012960, 0.13754, 0.00, 0.00, 0.00, 1.0000, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 1, 0.00, 1, 1.0

0 / FIN DE LINEAS, COMIENZA TRAFOS
1, 2, '1', 0.00, 1.10, 0.90, 1.10, 0.90, 0.010, 0.00, 1, 0.00, 0.00

0 / FIN DE TRAFOS, COMIENZA AREAS
0 / FIN DE AREAS, LINEAS DC
0 / FIN DE LINEAS DC, VSC
0 / FIN DE COND./REACT., MULT. DC
0 / FIN DE TABLAS DE TRAFOS, MULT. DC
0 / FIN DE MULT. DC, MULT. AC
0 / FIN DE MULT. AC, ZONAS
0 / FIN DE ZONAS, INTERCAMBIOS
0 / FIN DE INTERCAMBIOS, PROPIETARIOS
0 / FIN DE PROPIETARIOS, FACTS
0 / FIN DE FACTS, SE ACABO
    
```

Figura 3. Red en archivo .RAW.

Ya que la red de estudio incluye un perfil de cargas diario, elaboraremos los archivos correspondientes a cada una de las 24 horas.

Estos 24 escenarios nos permitirán estudiar si nuestra herramienta es adecuada para nuestros Características de la red a estudiar.

### 3.1 Red a estudiar.

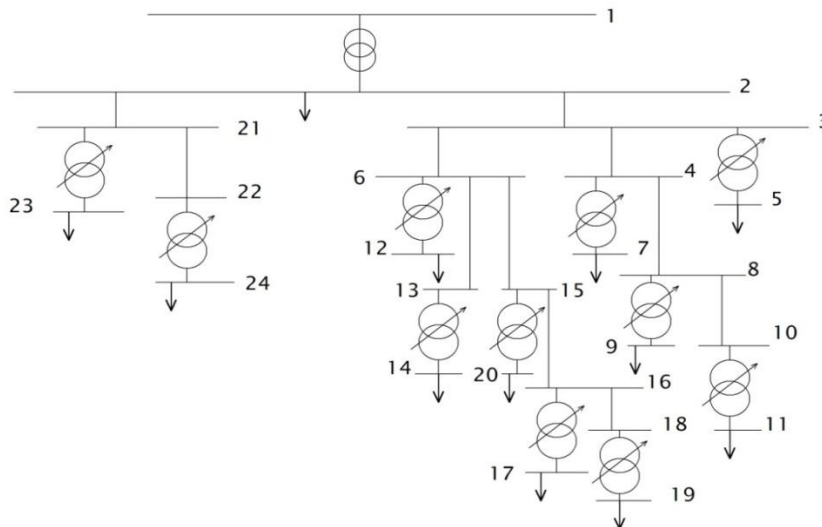


Figura 3.1. Diagrama unifilar de la red a estudiar.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

- ✓ Se trata de una red europea de referencia con 24 nudos.
- ✓ Tensión nominal es de 20 kV.

El nivel de tensión de la red, hace que la potencia activa influya de manera notable sobre las tensiones. La causa es el coeficiente  $k$ , que relaciona la resistencia con la reactancia.

$$k=R/X$$

Este coeficiente se incrementa a medida que el nivel de tensión aumenta.

Esto provoca que en nuestra red objeto de estudio, cuando trabajemos con inyección de potencia por parte de la generación distribuida, en aquellos puntos donde se produzca la inyección, se den aumentos de tensión.

A causa del diseño propio de la red de media tensión, estos aumentos de tensión, tendrán que ser compensados mediante la absorción de potencia reactiva para devolver los niveles de tensión a su condición de diseño en ausencia de GD.

En principio se va a tener en cuenta la generación del slack y las tomas de los transformadores, tanto el de AT/MT, como los de MT/BT. Posteriormente se hará un estudio incluyendo generación distribuida para ver cómo influye. No se tendrá en cuenta el uso de baterías de condensadores.

- ✓ Explotación radial.
- ✓ Potencia base de 1 MVA.
- ✓ El sistema de frecuencia es 50 Hz.
- ✓ Configurada con dos feeders que alimentan a las cargas de carácter residencial e industrial.

### 3.2 Parámetros de la red.

#### 3.2.1 Líneas.

*Tabla 3.2.1-1. Datos de las líneas que componen la red.*

LÍNEAS	R (p.u.)	X (p.u.)	B (p.u.)	t <sub>inicial</sub>
1-2	0.000040	0.004800	0.00000	1.0000
2-3	0.009068	0.012960	0.13754	1.0000
3-4	0.000764	0.001092	0.01159	1.0000
4-7	0.020000	0.080000	0.00000	1.0000
4-8	0.000701	0.001002	0.01054	1.0000
8-9	0.012471	0.049971	0.00000	1.0000
8-10	0.01929	0.002757	0.02926	1.0000
10-11	0.027390	0.059270	0.00000	1.0000
3-5	0.027390	0.059270	0.00000	1.0000
3-6	0.001628	0.002327	0.02470	1.0000
6-12	0.015396	0.061550	0.00000	1.0000
6-13	0.002092	0.002929	0.03173	1.0000
13-14	0.066875	0.266875	0.00000	1.0000
6-15	0.000401	0.000575	0.00608	1.0000
15-16	0.000964	0.001378	0.01463	1.0000
16-17	0.027390	0.059270	0.00000	1.0000
16-18	0.000413	0.000591	0.00627	1.0000



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

18-19	0.020000	0.080000	0.000000	1.0000
15-20	0.012471	0.049970	0.000000	1.0000
2-21	0.006235	0.004474	0.006200	1.0000
21-22	0.003812	0.002736	0.003790	1.0000
21-23	0.066875	0.266875	0.000000	1.0000
22-24	0.010000	0.040000	0.000000	1.0000

### 3.2.2 Transformadores.

*Tabla 3.2.2-1. Datos de los transformadores que componen la red.*

TRAFO					
AT/MT					
NUDO I	NUDO J	V1 (kw)	V2 (kw)	Z p.u.	S(MVA)
1	2	220	20	0,12+j1,91	25
MT/BT					
NUDO I	NUDO J	V1	V2	Z	S
1	2	20	0,4	0,0032+j0,0128	500
1	2	20	0,4	0,0107+j0,0427	150
1	2	20	0,4	0,0053+j0,0213	300

### 3.2.3 Parámetros de cargas.

Las cargas que se conectan a la red son de tipo comercial y residencial.

La máxima potencia aparente que se conecta en cada uno de los nudos se muestra en la siguiente gráfica.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

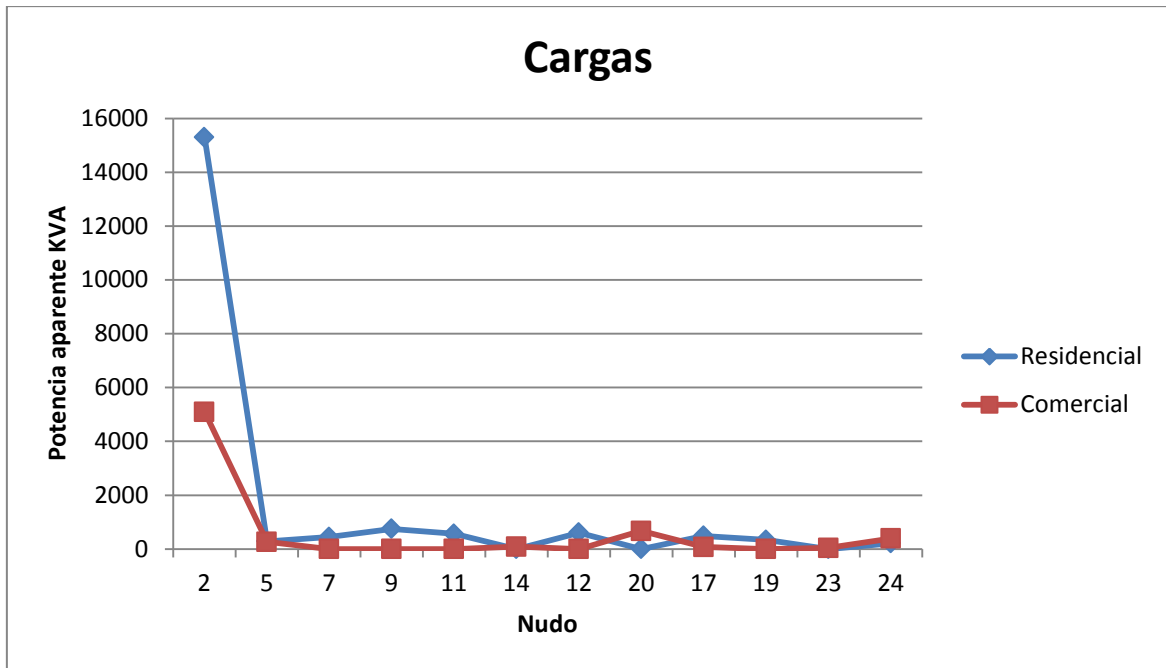


Figura 3.2.3-1. Carga máxima en cada nudo.

Como se trabajará en un periodo de tiempo, necesitamos de la evolución de dichas cargas.

Dicha evolución en el tiempo la proporciona el coeficiente que expresa el porcentaje de potencia aparente en relación al máximo en cada hora.

En la gráfica se distingue entre carga residencial y carga comercial.

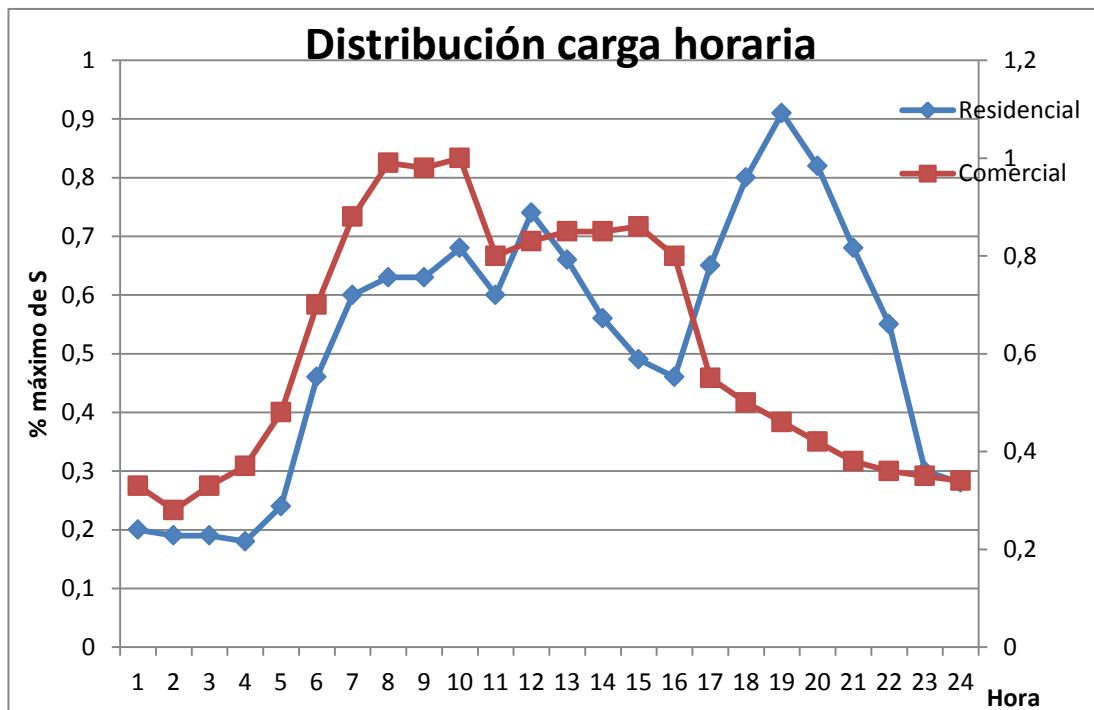


Figura 3.2.3-2. Coeficiente que expresa el máximo de S en cada hora.

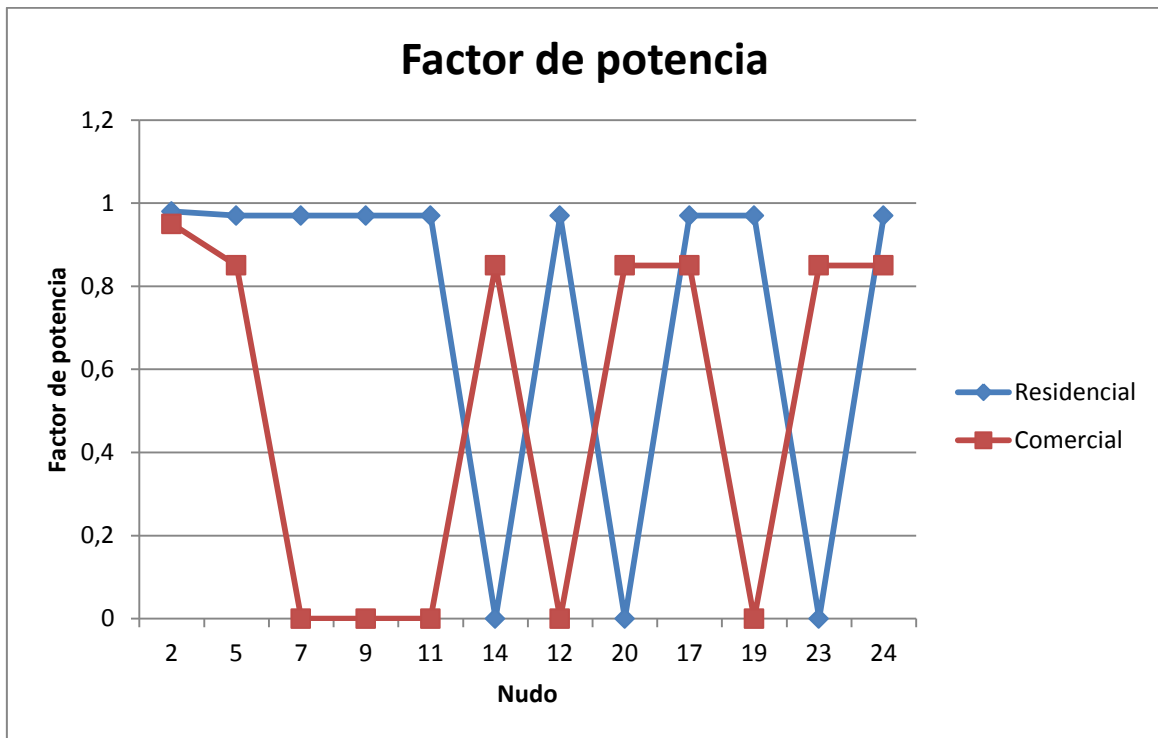
## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

Carga residencial:

- Hora valle: 22-6, 15-17.
- Hora punta: 17-22.

Carga comercial:

- Hora valle: 16-6.
- Hora punta: 6-16.



*Figura 3.2.3-3. Factor de potencia en cada nudo.*

### 3.2.4 Distribución de carga diaria.

Con los datos de los parámetros arriba detallados, se obtiene la distribución de carga con la que vamos a simular nuestros casos, durante las 24 horas.

Si nos fijamos en los valores de la carga conectada al nudo 2, es notablemente mayor que el resto de nudos. Esta carga representa un feeder como los otros de los que se compone la red, por ello vamos a separar el perfil de la carga de dicho nudo.

### Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

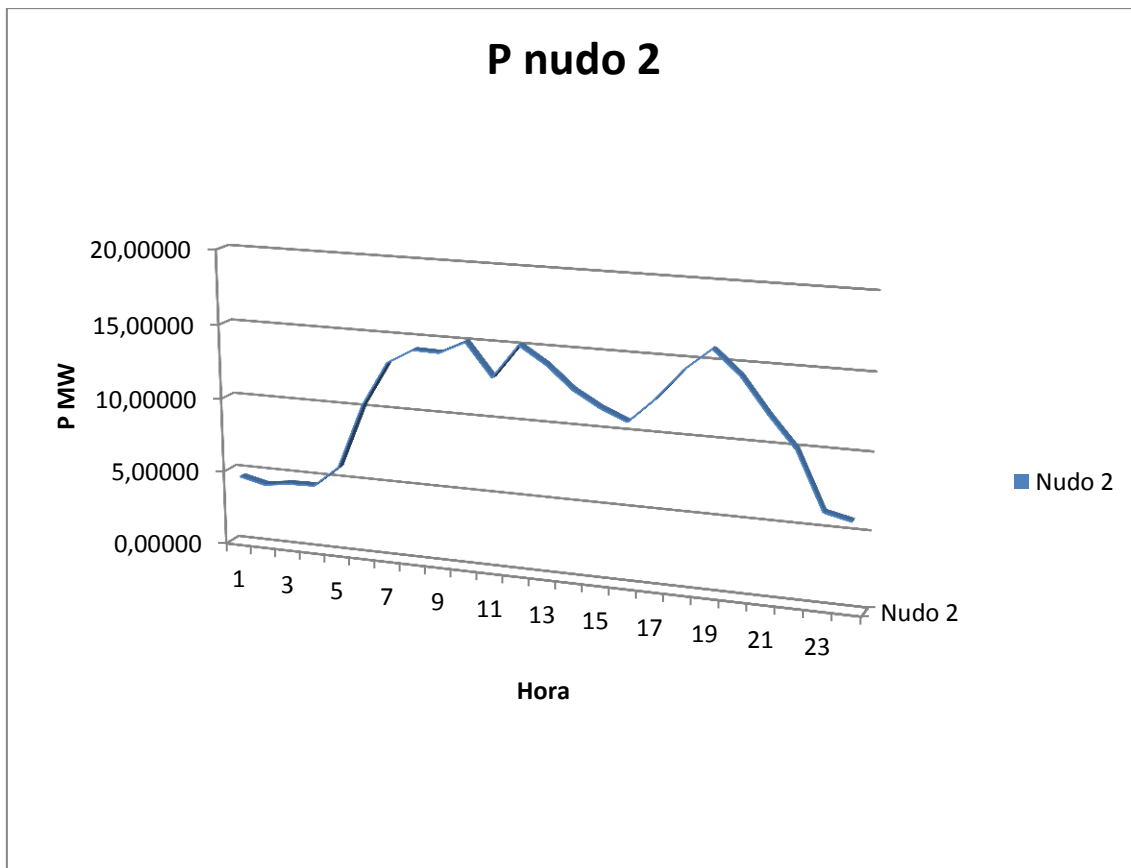


Figura 3.2.4-1. Consumo de potencia activa en el nudo 2 durante las 24 horas.

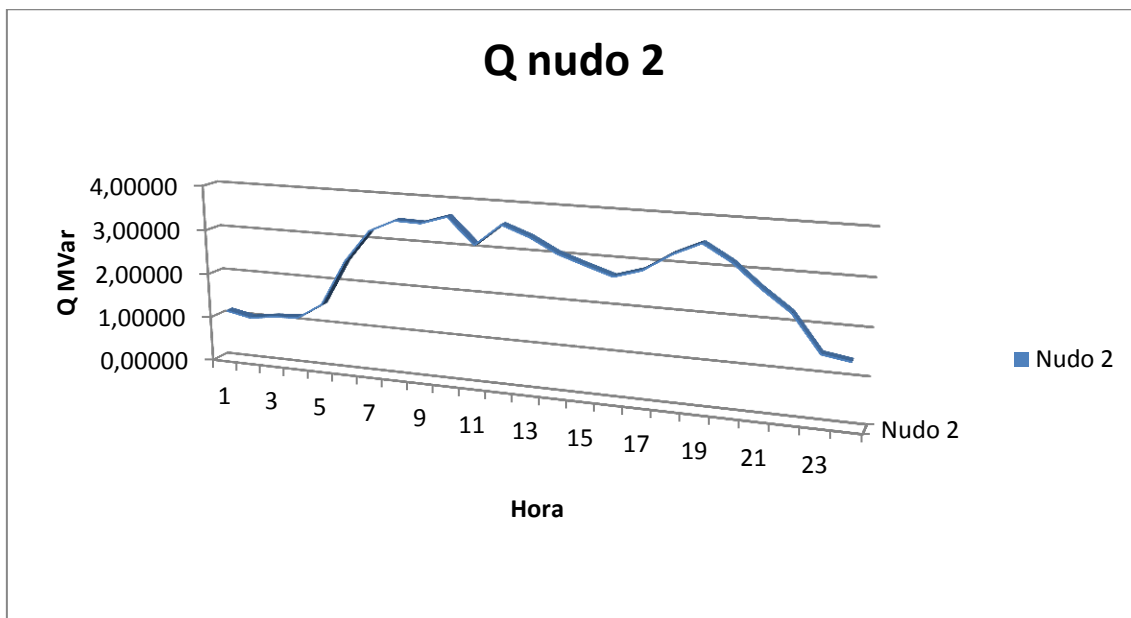
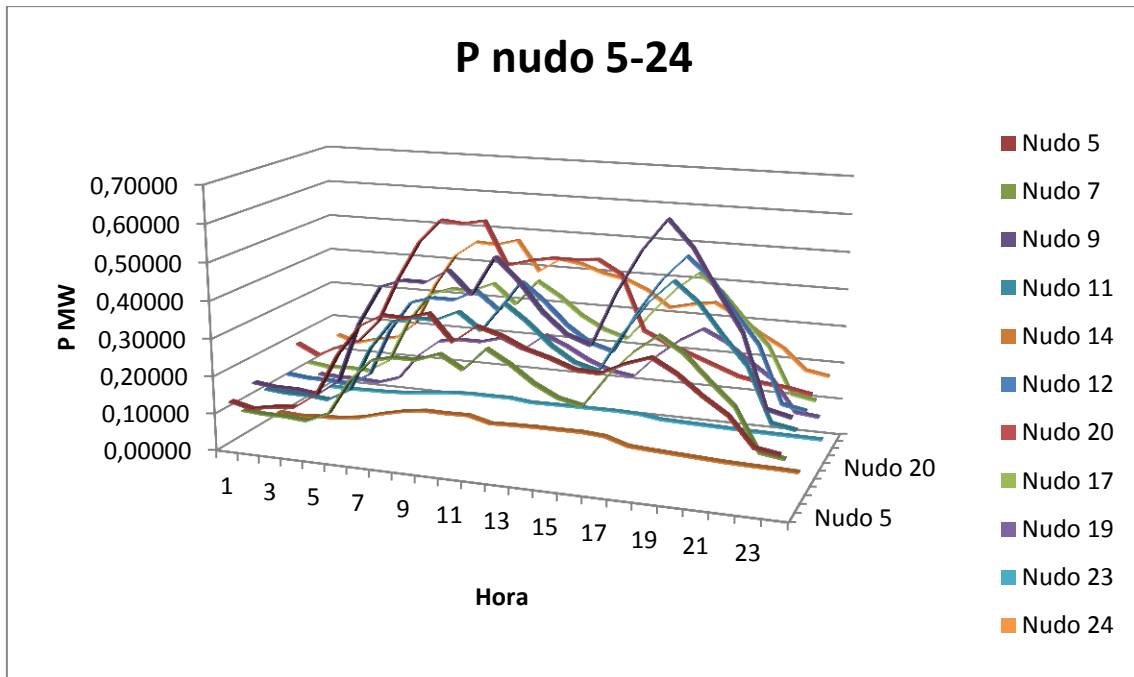
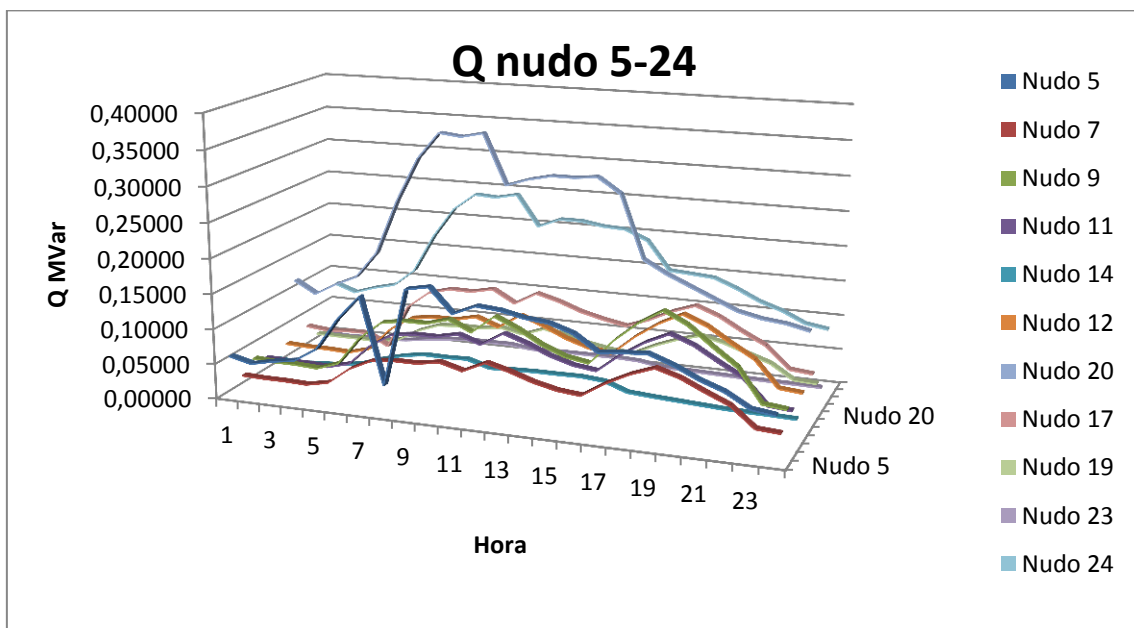


Figura 3.2.4-2. Consumo de potencia reactiva en el nudo 2 durante las 24 horas.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión



*Figura 3.2.4-3. Consumo de potencia activa en los nudos 5 a 24 durante las 24 horas.*



*Figura 3.2.4-4. Consumo de potencia reactiva en los nudo 5 a 24 durante las 24 horas.*

# 4 PRUEBA DE LA HERRAMIENTA

---

Antes de estudiar el escenario diario de nuestra red de forma global, se hacen una serie de pruebas, para confirmar que la herramienta heurística está perfectamente adaptada al caso a estudiar y funciona bien.

Se tomará como prueba el escenario de la hora 8, particularizando en varios casos, de forma que se pueda ver cómo actúa la herramienta en cada caso y qué control elige para corregir en el caso de que haya variables fuera de límites.

Los límites respecto a tensión y tomas que se van a suponer y que determinarán si la herramienta está actuando correctamente son:

Para las tensiones →

- $V_{max} = 1.05$  pu.
- $V_{min} = 0.95$  pu.

Para las tomas →

- Transformador de AT/MT:
  - $t_{max} = 1.10$
  - $t_{min} = 0.90$
- Transformadores de MT/BT:
  - $t_{max} = 1.05$
  - $t_{min} = 0.95$

Dos posibles casos:

- ✓ Aquél en el que las tomas toman un valor discreto, para acercarnos más a la práctica.
- ✓ Aquél en el que las tomas toman un valor continuo.

Y para estas dos particularizaciones, se verá qué sucede cuando incluimos la tensión del slack como elemento de control, y cuando no la incluimos.

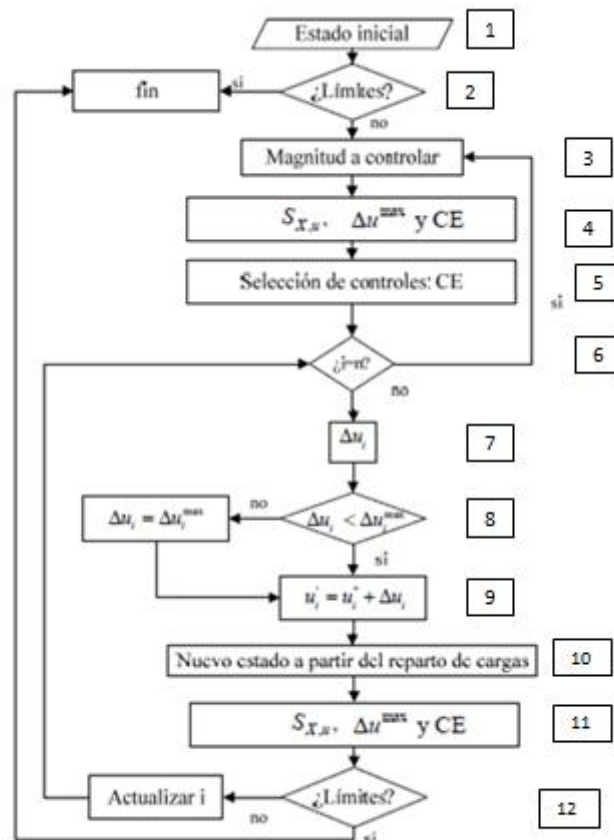
Progresivamente se incluirán trafos de media a baja tensión como elementos de control.

La herramienta actúa con la siguiente secuencia de pasos:

1. Reparto inicial de cargas.
2. Se comprueba si hay tensiones fuera de límites. Si no hay variables fuera de límites, salimos del algoritmo. Si hay, vamos al paso 3.
3. Se elige la variable a controlar, en nuestro caso, la tensión más alejada de límites.
4. Cálculo de la matriz de sensibilidad, los incrementos máximos permitidos para la variable y los coeficientes de eficiencia.
5. En función de los CE calculados, se eligen los controles a usar. Se selecciona los  $n$  controles mejores.
6. No hemos llegado a modificar los  $n$  controles.
7. Cálculo el incremento a realizar en el control.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

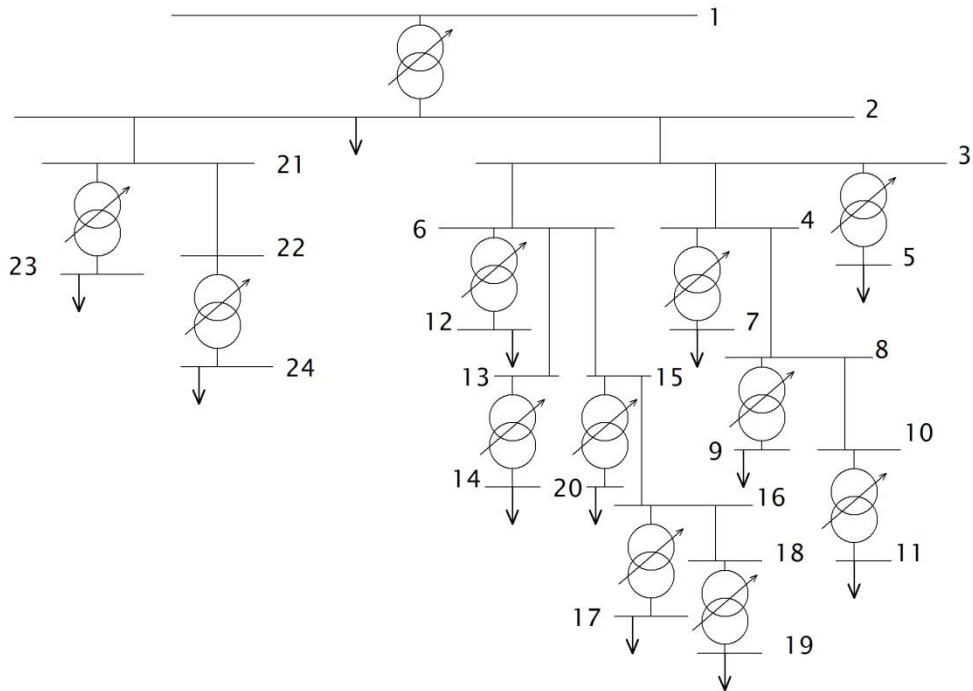
8. Se comprueba que el incremento es menor que el máximo permitido.
9. Se actualiza el control.
10. Reparto de cargas con los nuevos valores.
11. Se vuelven a calcular la matriz de sensibilidad, los incrementos máximos permitidos para la variable y los coeficientes de eficiencia.
12. Se comprueba que todas las variables están dentro de límites, y en el caso de que no, actualizamos el número de actuación y volvemos a 6. Si estamos dentro de límites, salimos del algoritmo.



**Figura 4. Diagrama de flujo de la herramienta.**

Siempre se elegirán 3 coeficientes de eficiencia, los mayores, por cada variable a corregir. Se harán hasta 3 actuaciones en el caso de que en la primera no se corrija el escenario. Si el cálculo del incremento de un control, se excede de su valor máximo, la actuación a realizar será solo el 70 % de incremento calculado.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión



*Figura 4-1. Diagrama unifilar del caso de estudio.*

### *Ensayo discreto*

✓ Caso 1.

En este primer ensayo se considerará que los controles con los que contamos son la tensión del slack y el trafo de cabecera. Los denominaremos V1 y T1 respectivamente.

- ✓ Controles: V1, T1.
- ✓ Variables: V2 a V24.

El valor de las tomas será discreto.

Los valores que se obtienen tras el primer reparto de carga son:

*Tabla 4-1. Valor tensión en cada nudo tras el primer reparto de cargas.*

Tensión inicial p.u.	Incremento variable	Ploss iniciales (Mw)
<b>1,00000</b>		176,259806
<b>0,97052</b>	0	
<b>0,92432</b>	-0.0257	
<b>0,92306</b>	-0.0269	
<b>0,90918</b>	-0.0408	
<b>0,91965</b>	-0.0303	
<b>0,91083</b>	-0.0392	

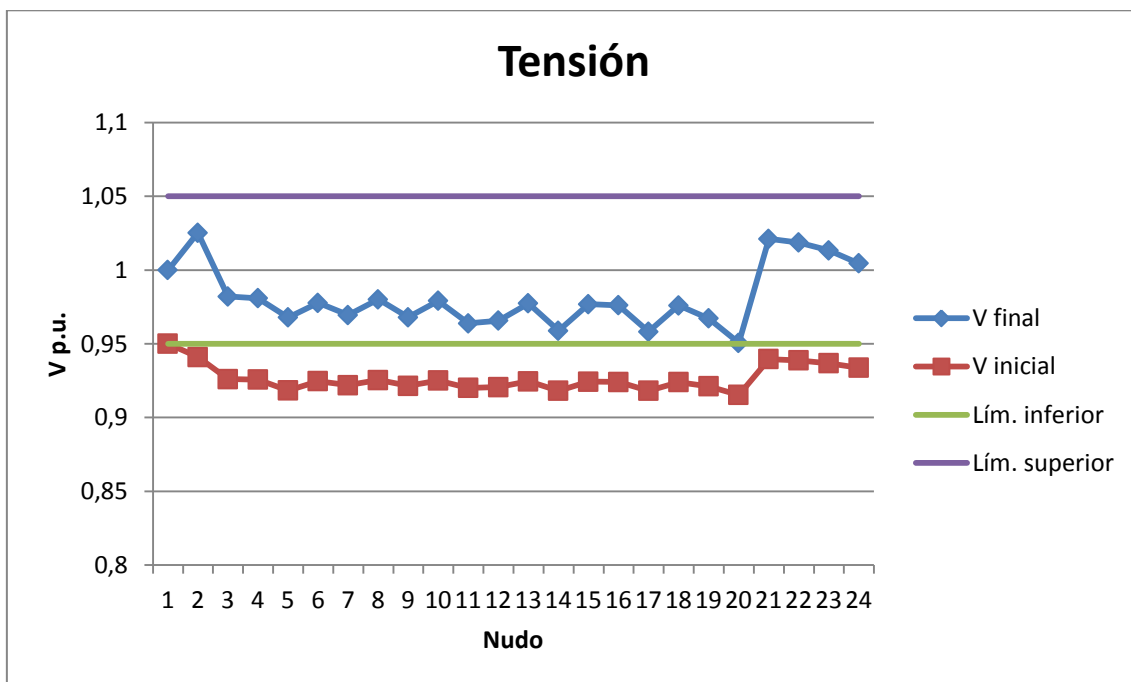


## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

0,92220	-0.0278	
0,90930	-0.0407	
0,92118	-0.0288	
0,90485	-0.0452	
0,90678	-0.0432	
0,91932	-0.0307	
0,89957	-0.0504	
0,91879	-0.0312	
0,91791	-0.0321	
0,89880	-0.0512	
0,91778	-0.0322	
0,90846	-0.0415	
<b>0,89070</b>	<b>-0.0593</b>	
0,96606	0	
0,96352	0	
0,95786	0	
0,94856	0	

Se toma como primera variable a corregir la tensión del nudo 19.

Las pérdidas iniciales son de 176,2598 MW. Al final del apartado, se compararán cómo afectan la presencia de unos controles u otros a este valor de pérdidas.



*Figura 4-2. Tensión inicial y final ensayo 1.*

Como se aprecia en la gráfica, se corrigen las subtensiones. ¿Qué controles ha usado la herramienta?

En la tabla inferior se muestran los valores que toma la herramienta, teniendo en cuenta que sólo tenemos dos controles, V1 y T1.

La herramienta con el control T1 corrige todas las subtensiones, y no es necesario mover el control V1.

Cabe destacar que el incremento de la toma calculada supera el incremento máximo permitido, con

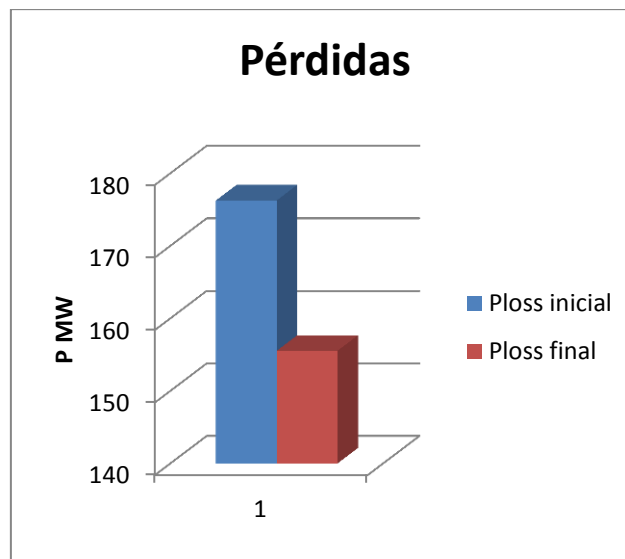
## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

que pasa a ser el 70%.

Valores obtenidos por la herramienta:

*Tabla 4-2. Incrementos y coeficientes tomados por la Herramienta en el caso 1.*

$\Delta u_{up}$	$\Delta u_{down}$	$\Delta u_{max}$	CE <sub>x</sub>	u	$\Delta u$
0	0,0765	-0,0765	0,0875	T1	-0.1545
0,05	0,05	0,05	0,0574	V1	0



*Figura 4-3. Pérdidas iniciales y finales caso 1.*

Además de corregir las posibles tensiones, las pérdidas finales son menores, a causa de subir tensiones.

### ✓ Caso 2.

En vista de que con la toma del trafo de cabecera se corrige todo, no es útil simular el caso en el que V1 es fijo.

Como con un control global conseguimos solucionar el problema de las subtensiones, vamos a incrementar la carga en el nudo que se aleja más del límite establecido, el nudo 19.

Además, vamos a incrementar los controles:

- Controles: T1, T4, T8, T10, T3, T6, T13, T16, T18, T15, T21, T22.
- Variables: V2 a V24.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

Tras el primer reparto de carga obtenemos los siguientes valores:

*Tabla 4-3. Valores de tensión inicial y final caso2.*

<b>Tensión inicial p.u.</b>	<b>Ploss inicial es (Mw)</b>
1,000000	268,590843
0,969171	
0,913397	
0,912126	
0,898065	
0,907133	
0,899740	
0,911253	
0,898185	
0,910222	
0,893675	
0,894074	
0,906797	
0,886753	
0,905888	
0,904091	
0,884669	
0,903575	
0,874329	
0,877351	
0,964702	
0,962164	
0,956496	
0,947183	

Las tensiones se alejan de los límites más que en el caso anterior, en especial en el las cargas que se sitúan en el feeder o línea que soporta la carga del nudo 19.

En la gráfica se aprecian las tensiones antes y después de actuar nuestra herramienta. Observamos que partimos de una situación inicial fuera de límites y obtenemos otra, en la que todos los nudos tienen valores de tensión aceptados.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

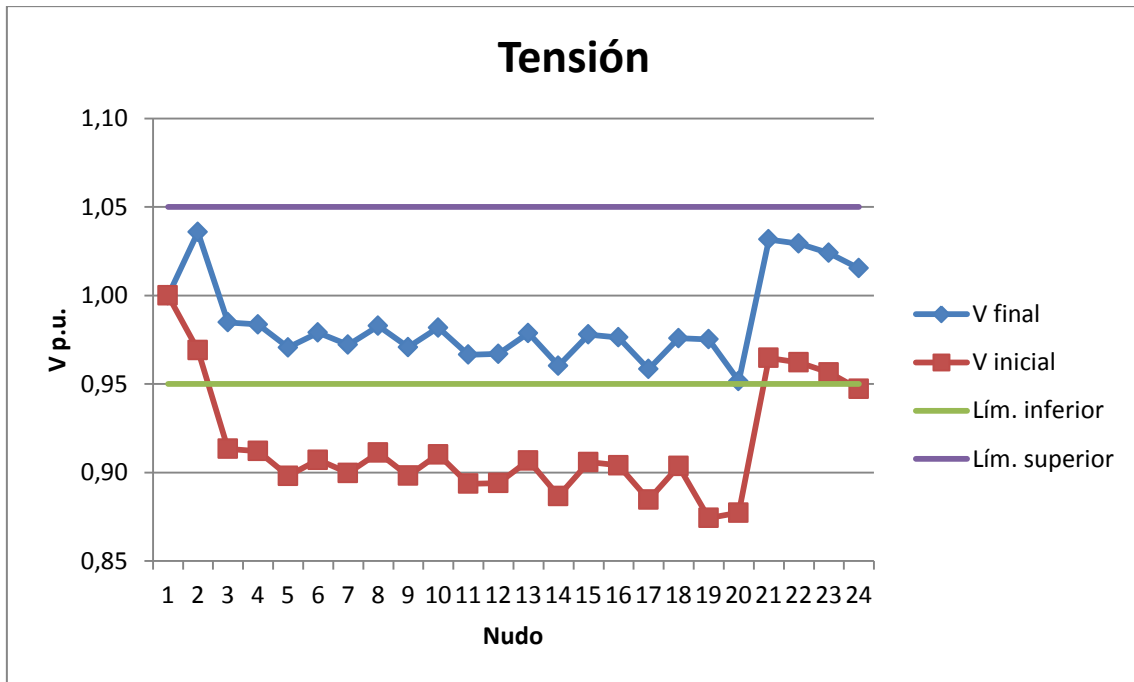


Figura 4-4. Tensiones iniciales y finales caso 2.

La herramienta, para corregir ha hecho dos actuaciones:

1. La toma del trafo de cabecera se ha bajado 0,94.
2. En la actuación segunda, la toma del trafo 15-20 ha bajado a 0,975.

En la siguiente gráfica se muestran las pérdidas antes y después de actuar la herramienta heurística de control.

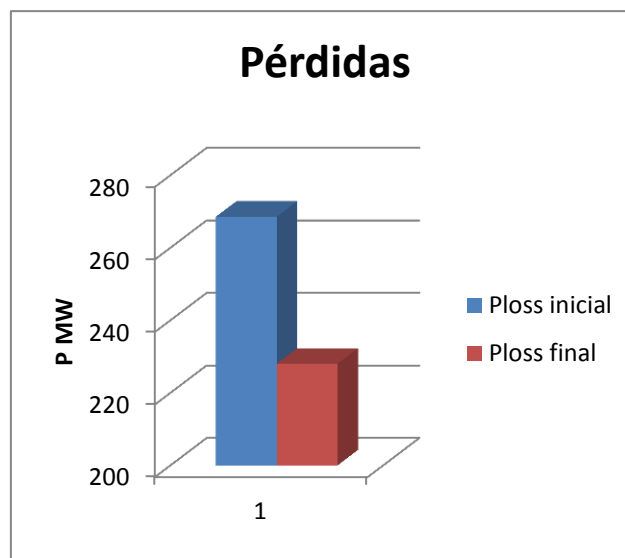


Figura 4-5. Pérdidas iniciales y finales caso 2.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

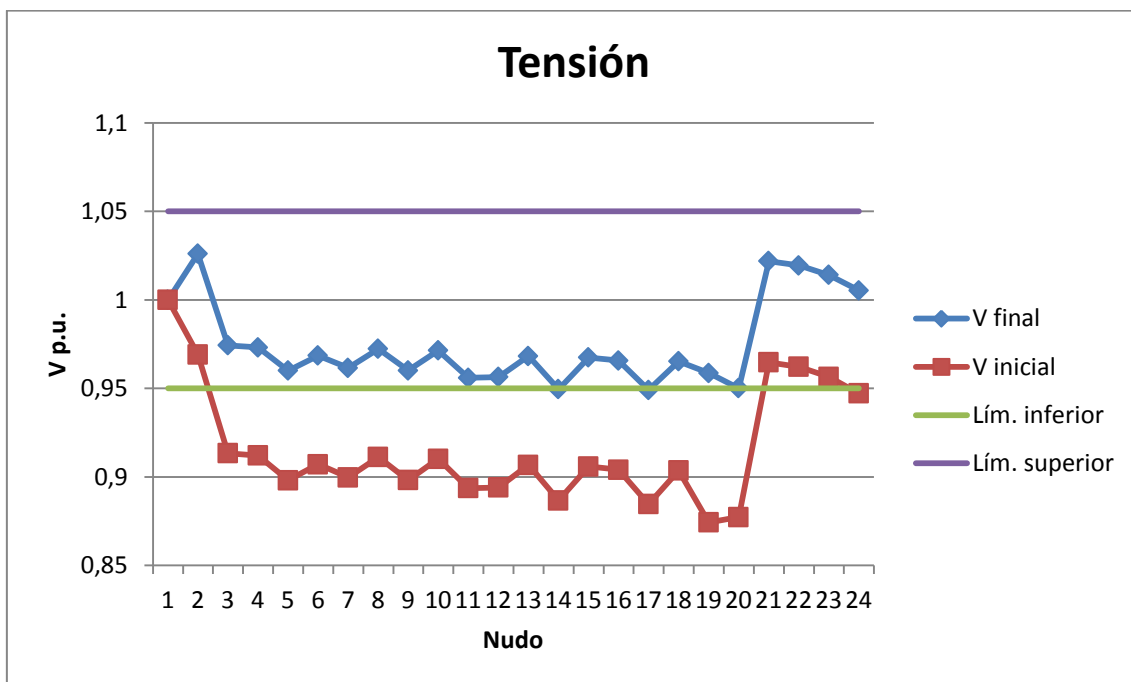
Se aprecia claramente, que las pérdidas han aumentado al subir la carga que conectamos en el nudo 19, y que como en el primer caso, las pérdidas tras llevar a cabo actuaciones en los controles para optimizar el estado de nuestra red, son menores.

### Ensayo discreto

#### ✓ Caso 3

Se simula el caso anterior, pero ahora tomando los valores de las tomas que da la herramienta sin pasarlas a su valor continuo.

El perfil de tensiones y pérdidas iniciales es el mismo que en el caso anterior.



*Figura 4-6. Tensiones iniciales y finales caso de estudio3.*

Conseguimos que las tensiones entren dentro de límites, y al trabajar en continuo, podemos observar que los nudos se encuentran más cerca del límite, la herramienta en continuo permite obtener valores más precisos.

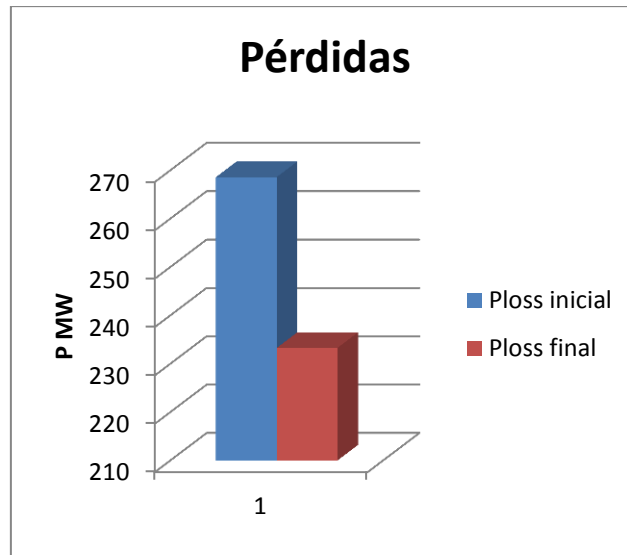
Se han llevado a cabo 3 actuaciones en este caso:

1. Se baja la toma del trafo de cabecera y del trafo 18-19 a los valores 0,99367226 y 0,99077184.
2. En la segunda actuación se baja la toma del trafo 15-20 a 0,99077184 y se vuelve a bajar la toma del trafo de cabecera hasta llegar al valor de 0,94839278.
3. La última actuación baja la toma del trafo 16-17 a 0,9985782.

Podemos apreciar el efecto del control local de tensiones.

Las pérdidas en este caso:

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión



*Figura 4-7. Pérdidas iniciales y finales caso de estudio3.*

Si trabajamos en continuo obtenemos mayor poder de corrección.

# 5 CASOS DE ESTUDIO

Tras comprobar con los casos de prueba para una hora concreta que la herramienta funciona y está bien adaptada a nuestra red, vamos a simular los casos que son objeto del trabajo.

Los casos que se van a simular son los que se mencionaron en el capítulo 1:

*Tabla 5. Casos de estudio.*

CONTROL	CASO					
	1	2	3	4	5	6
V1	Vble	1,05	1,03	1	0,97	0,95
TOMA 1-2	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 4-7	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 8-9	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 10-11	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 3-5	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 6-12	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 13-14	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 16-17	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 16-18	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 18-19	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 15-20	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 21-23	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble
TOMA 22-24	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble	Vble

Se hace una distinción entre escenario continuo y discreto, y además contemplaremos el caso en el que nuestra red tenga presenta pequeñas inyecciones de potencia por parte de Generación Distribuida.

Una vez tengamos simulados los casos mencionados arriba, estudiaremos la posible sintonización de las tomas de los trafos de MT/BT, con lo que el presente capítulo se estructurará en los siguientes

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

apartados:

- Continuo.
  - Todos los trafos son variables, no hay presencia de Generación Distribuida.
  - Trafos variables y hay presencia de Generación Distribuida.
  - Trafo AT/MT variables y resto de trafos fijos con valor de toma sintonizada. Sin Generación Distribuida.
  - Trafo AT/MT variables y resto de trafos fijos con valor de toma sintonizada. Con Generación Distribuida.
  -
- Discreto.
  - Todos los trafos son variables, no hay presencia de Generación Distribuida.
  - Trafos variables y hay presencia de Generación Distribuida.
  - Trafo AT/MT variables y resto de trafos fijos con valor de toma sintonizada. Sin Generación Distribuida.
  - Trafo AT/MT variables y resto de trafos fijos con valor de toma sintonizada. Con Generación Distribuida.

Se va a suponer que  $V_1$  es variable en uno de los casos, pero cabe destacar, que  $V_1$  siempre será fija y vendrá dada por la red de alta tensión, por lo que no es realista suponerla variable.

Esta suposición se hace para aumentar el número de controles en la red.

### GD en nuestra red de Media Tensión.

Se va a estudiar qué sucede con nuestras simulaciones cuando incluimos pequeñas generaciones distribuidas cerca de los puntos de consumo.

Se parte de unos perfiles que muestran la inyección de potencia activa hora hora.

Las tipos de GD a usar son eólica, fotovoltaica, baterías, fuel cell, y CHP diesel.



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

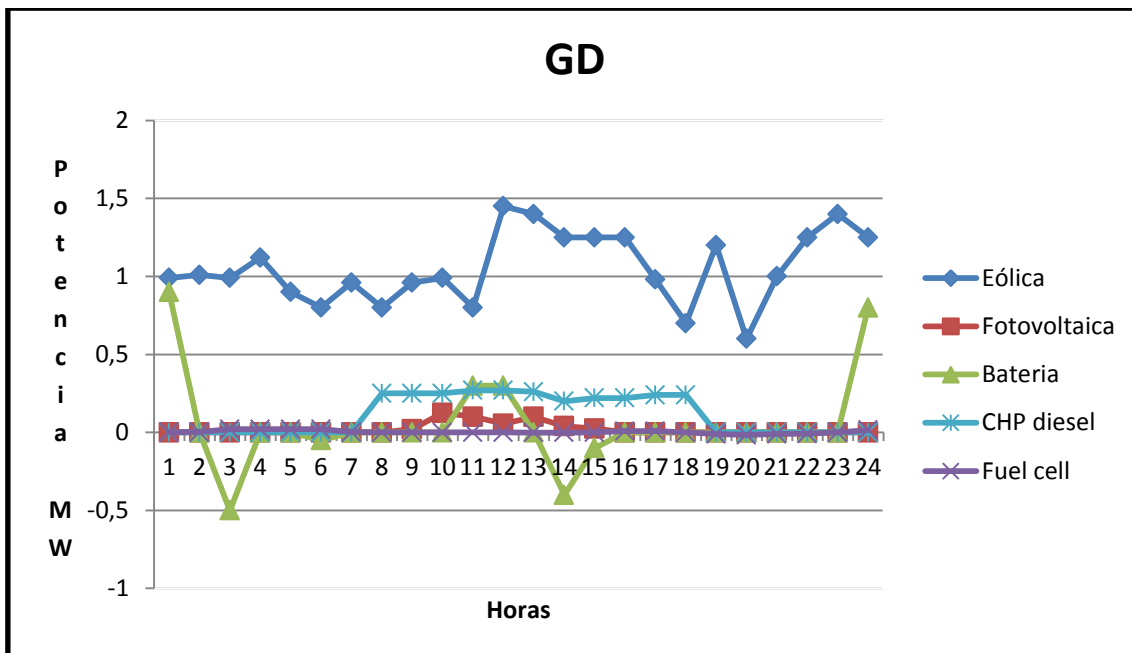


Figura 5. Inyecciones de potencia durante 24 horas en nuestra red de MT.

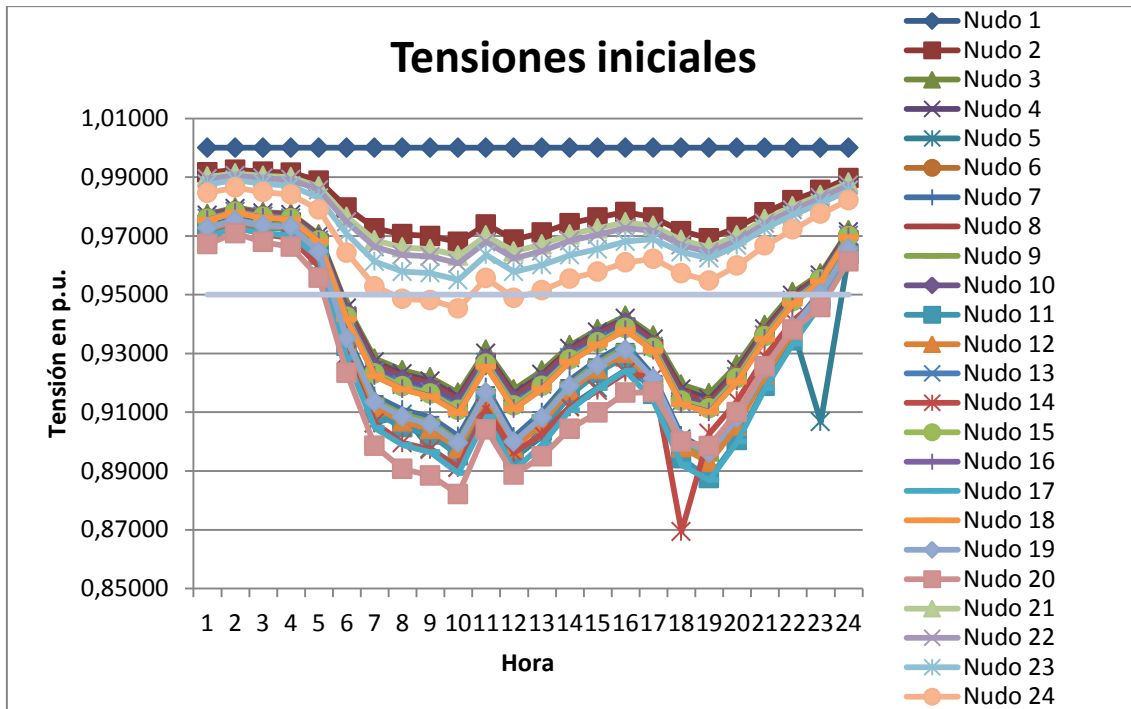
La inyección de potencia en cada nudo y en cada hora, se muestra en la siguiente gráfica. En algunos nudos habrá inyección de distintos tipo de DER.

### 5.1 Continuo.

#### 5.1.1 Sin Generación Distribuida.

##### 5.1.1.1 Caso 1.

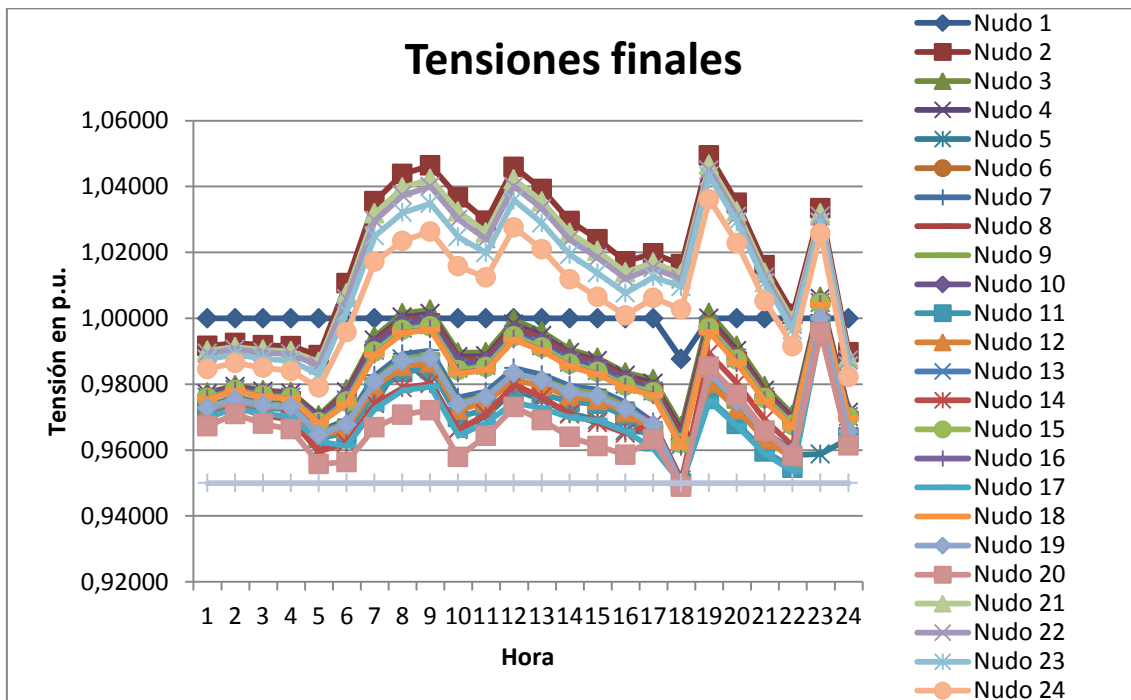
## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión



*Figura 5.1.1.1-1. Tensiones iniciales. Sin GD en continuo. Caso 1.*

El perfil inicial de tensiones presenta subtensiones en los nudos 3 a 20 y entre las horas 6 y 21.

La tensión menor se da en el nudo 14 en la hora 9.



*Figura 5.1.1.1-2. Tensiones finales. Sin GD en continuo. Caso 1.*

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

El estado final de tensiones permite apreciar que se corrigen la mayoría de las tensiones.

Para ser más precisos, el nuevo estado pasa a tener todos los nudos dentro de los límites establecidos, excepto los nudos de la siguiente tabla:

*Tabla 5.1.1.1. Tensiones finales no corregidas caso 1. Sin GD. Continuo.*

NUDO	HORA
	18
1	0,98761
2	1,01637
3	0,96719
4	0,96566
5	<b>0,94959</b>
6	0,96265
7	0,95073
8	0,96461
9	<b>0,94885</b>
10	0,96336
11	<b>0,94985</b>
12	<b>0,94992</b>
13	0,96159
14	0,95085
15	0,96201
16	0,96103
17	<b>0,94982</b>
18	0,96088
19	<b>0,94952</b>
20	<b>0,94879</b>
21	1,01350
22	1,01184
23	1,00958
24	1,00269

Para corregir tensiones la herramienta ha movido tomas y ha movido el control V1, que en este caso no es fijo. V1 ha tomado el valor que figura en la tabla de arriba, para corregir tensiones. Se ha bajado para no provocar que tensiones de nudos aguas abajo en los que se hayan corregido o mejorado su valor con la toma bien el trafo de cabecera o bien con sus trafos aguas arriba para hacer un control local, excedieran el límite superior de tensiones.

En la siguiente gráfica se muestran los valores de las tomas tras realizar actuaciones:

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

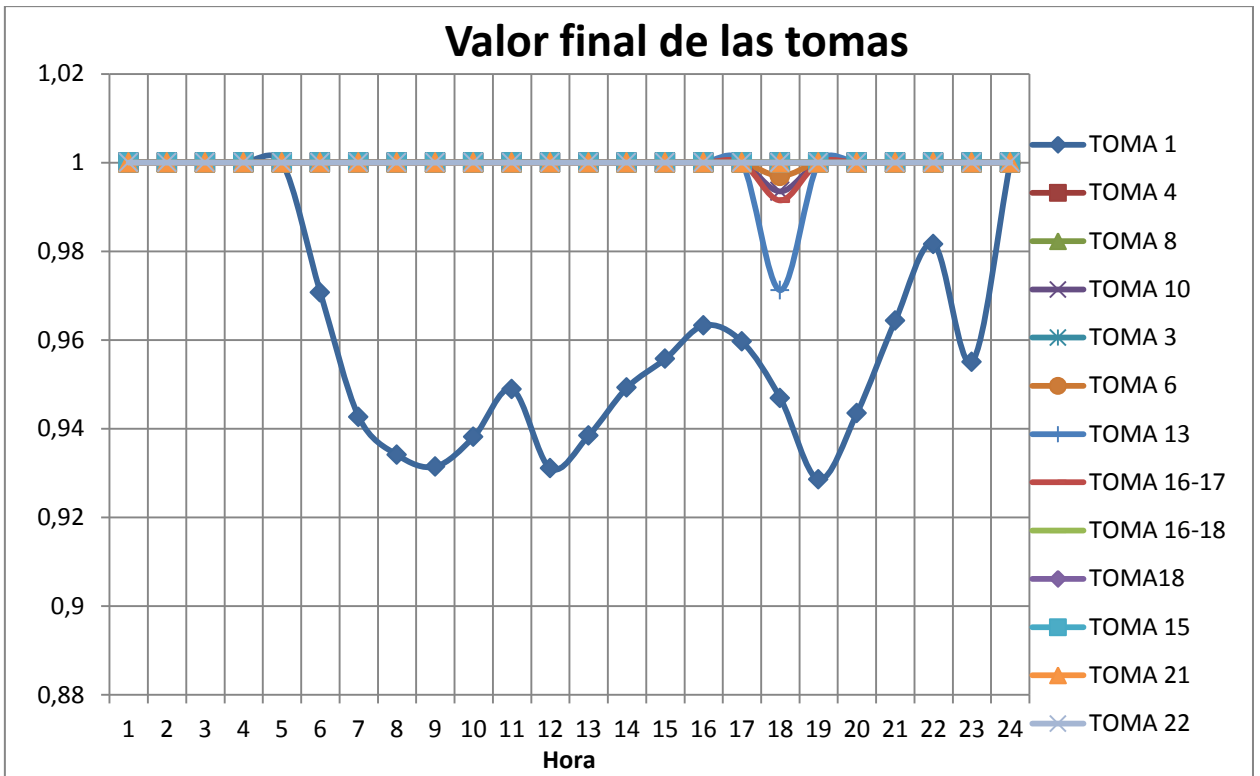


Figura 5.1.1.1-3. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 1.

La toma del trafa de cabecera es la que se modifica más ocasiones, para subir de una forma global las tensiones, ya que hay muchos nudos con tensiones fuera de límites. Se varían las tomas de los trafos 10, 6, 13 y 16, de esta forma conseguimos actuar de forma local sobre los nudos aguas abajo, el 11, 12, 14 y 18.

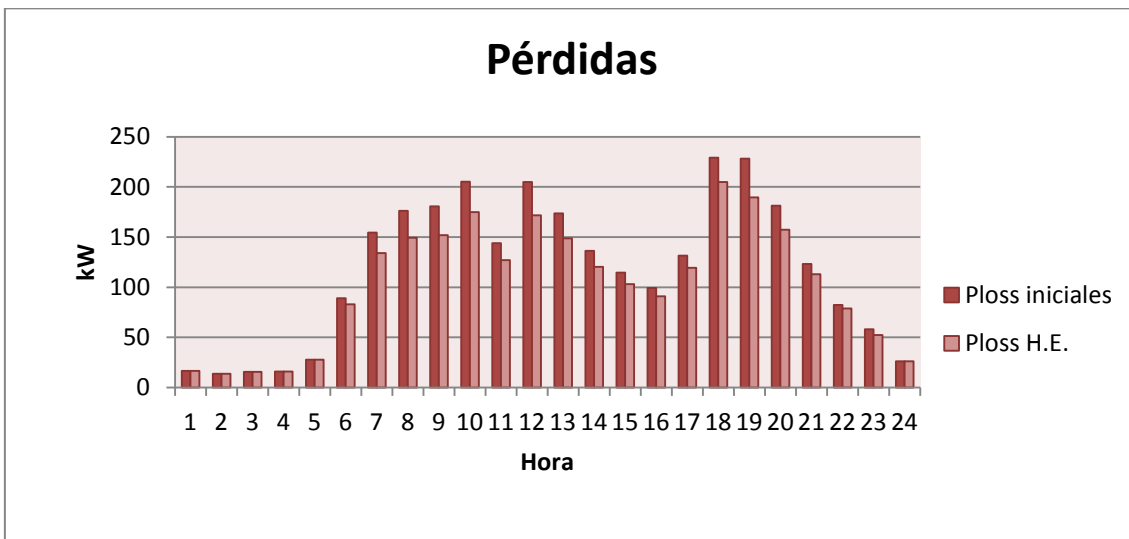
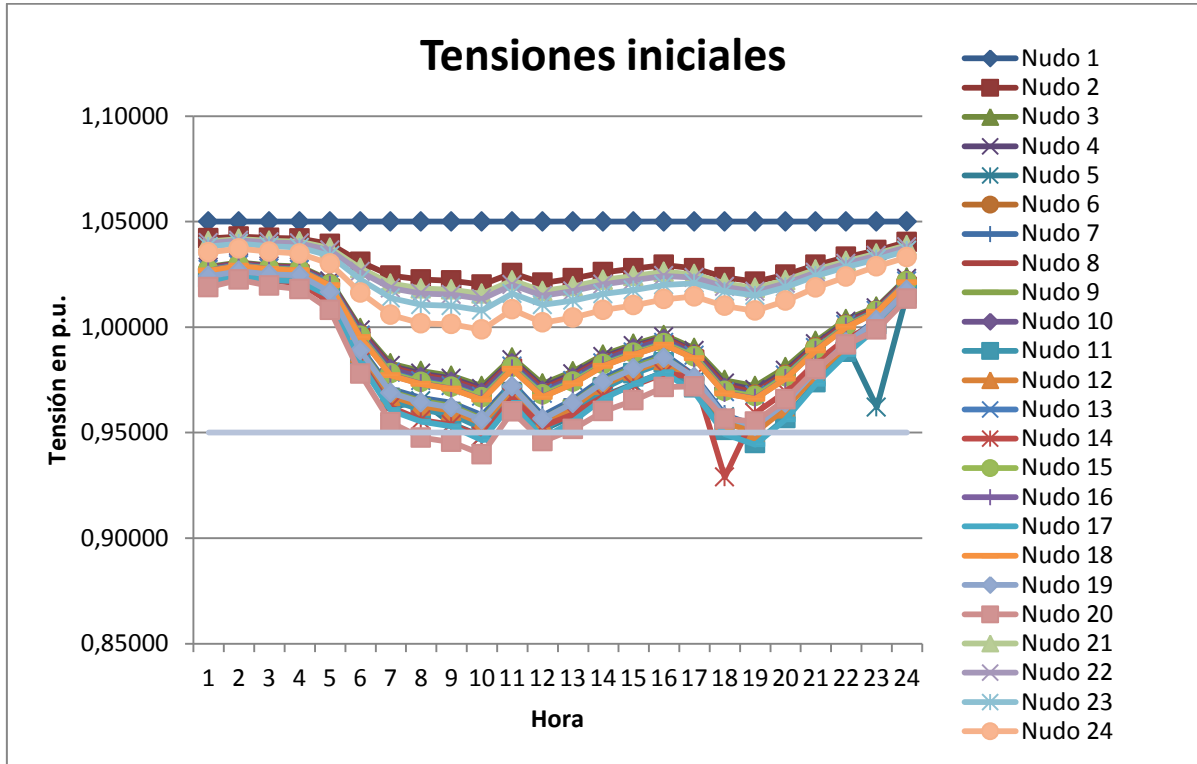


Figura 5.1.1.1-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD en continuo. Caso 1.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

Además de conseguir subir tensiones de casi el 100% de los nudos, conseguimos mejorar las pérdidas.

### 5.1.1.2 Caso 2



*Figura 5.1.1.2-1. Tensiones iniciales. Sin GD en continuo. Caso 2.*

Al subir V1 a 1,05, se suben las tensiones de forma global, respecto al caso anterior tenemos menos nudos fuera de límites.

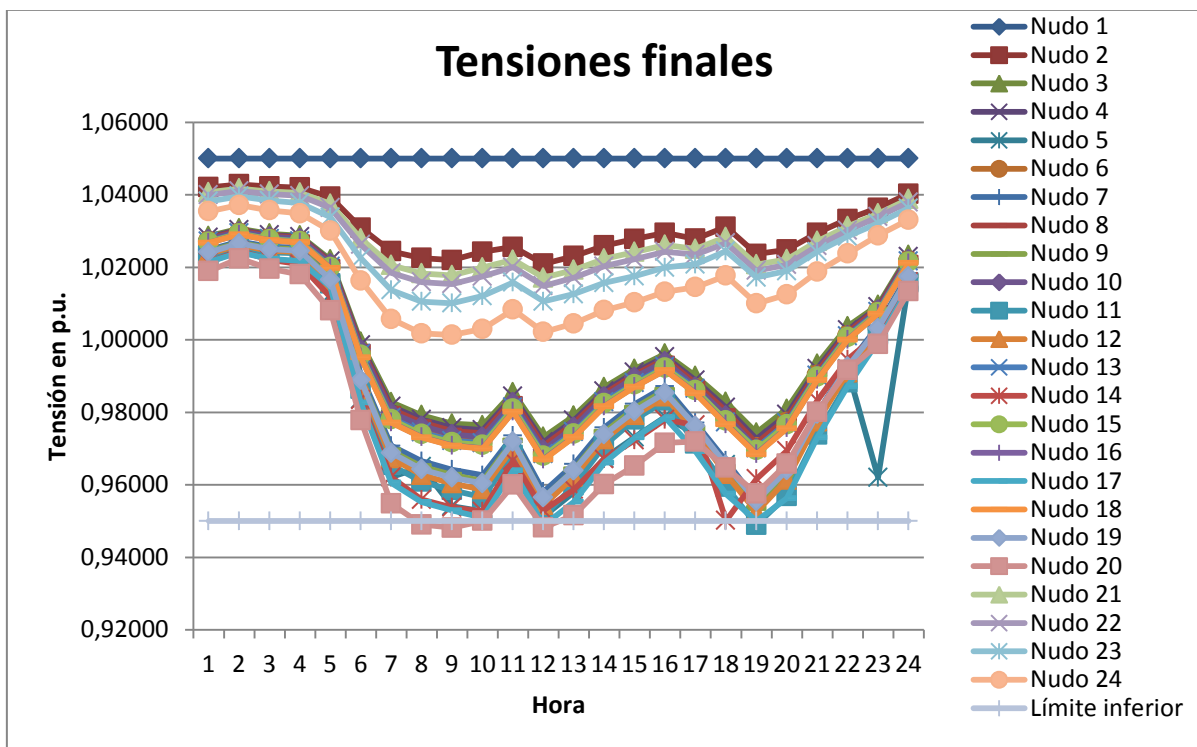
En la siguiente tabla se muestran los nudos que están fuera de los límites permitidos.

*Tabla 5.1.1.2-1. Tensiones fuera de límites. Caso 2. Sin GD. Continuo.*

NUDO	HORA						
	8	9	10	11	12	18	19
5	0,96497	0,95414	<b>0,94825</b>	0,96615	0,95129	0,95739	0,95374
6	0,97481	0,97250	0,96745	0,98171	0,96878	0,97033	0,96793
7	0,96652	0,96416	0,95824	0,97353	0,95810	0,95852	0,95329
8	0,97720	0,97488	0,96990	0,98362	0,97081	0,97228	0,96908
9	0,96508	0,96272	0,95667	0,97218	0,95638	0,95666	0,95114
10	0,97625	0,97392	0,96885	0,98272	0,96967	0,97105	0,96767
11	0,96089	0,95852	0,95210	0,96821	0,95140	0,95128	<b>0,94498</b>
12	0,96272	0,96038	0,95426	0,97030	0,95440	0,95476	0,95006

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

13	0,97450	0,97219	0,96714	0,98146	0,96852	0,96927	0,96778
14	0,95593	0,95378	<b>0,94823</b>	0,96665	0,95292	<b>0,92887</b>	0,95923
15	0,97401	0,97170	0,96661	0,98102	0,96800	0,96970	0,96726
16	0,97317	0,97087	0,96571	0,98026	0,96705	0,96873	0,96617
17	0,95522	0,95291	<b>0,94645</b>	0,96398	<b>0,94730</b>	<b>0,94925</b>	<b>0,94436</b>
18	0,97305	0,97074	0,96558	0,98014	0,96691	0,96857	0,96599
19	0,96429	0,96196	0,95602	0,97187	0,95650	0,95732	0,95309
20	<b>0,94764</b>	<b>0,94554</b>	<b>0,93975</b>	0,96005	<b>0,94590</b>	0,95659	0,95519



*Figura 5.1.1.2.-2. Tensiones finales. Sin GD en continuo. Caso 2.*

Se consigue corregir parte de las tensiones de los nudos. En el caso de la hora 8, 9, 12 y 19 logramos subirla, pero no lo suficiente.

*Tabla 5.1.1.2-2. Tensiones fuera de límite después de corregir. Caso 2. Sin GD. Continuo.*

NUDO	HORA			
	8	9	12	19
11	0,96089	0,95852	0,95141	<b>0,94895</b>
12	0,96272	0,96039	0,95440	0,95248

### Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

13	0,97450	0,97220	0,96852	0,97016
14	0,95593	0,95378	0,95293	0,96162
15	0,97401	0,97170	0,96800	0,96964
16	0,97317	0,97087	0,96706	0,96854
17	0,95522	0,95292	<b>0,94884</b>	0,95003
18	0,97305	0,97075	0,96691	0,96836
19	0,96429	0,96196	0,95650	0,95550
20	<b>0,94903</b>	<b>0,94815</b>	<b>0,94824</b>	0,95759

El nudo 2 se encuentra casi en el límite superior, si se bajara más la toma del trafo de cabecera, podría provocar que se violara la tensión de este nudo, y con el control local no es suficiente para corregir los nudos.

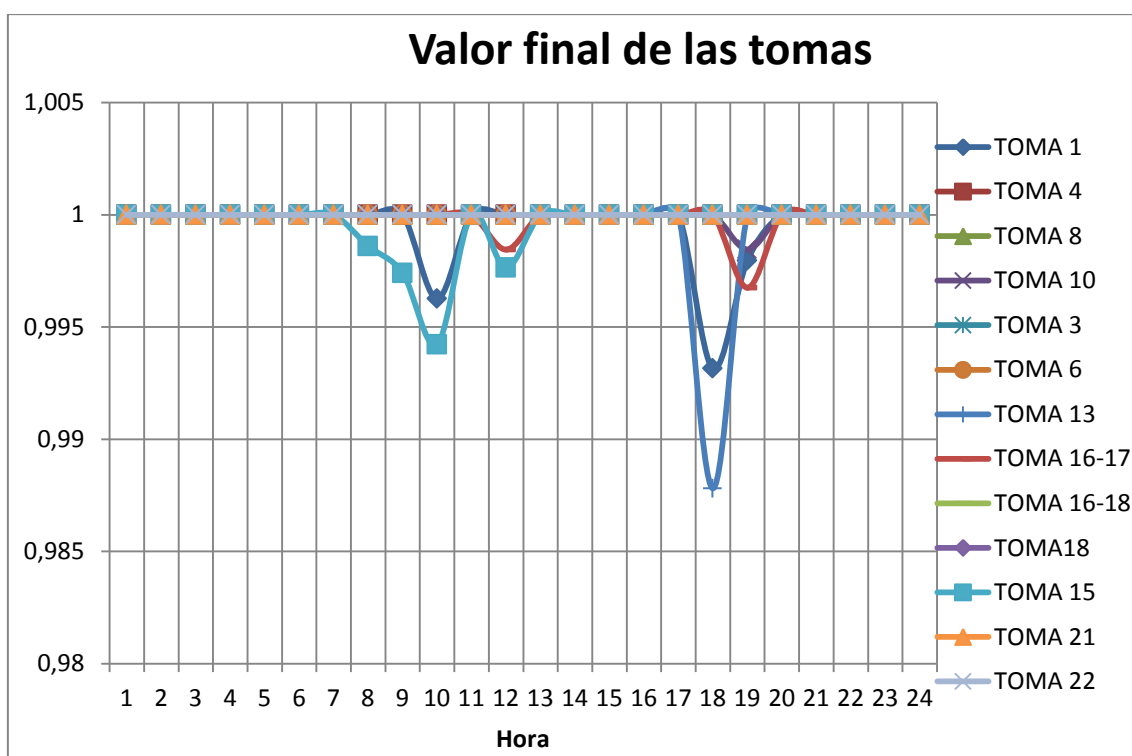


Figura 5.1.1.2-3. Valor final de la toma de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 2.

Variando la toma del trafo 4, subimos la tensión del nudo 7. Con la toma 3, el nudo 5 y con la toma 15, el nudo 20.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

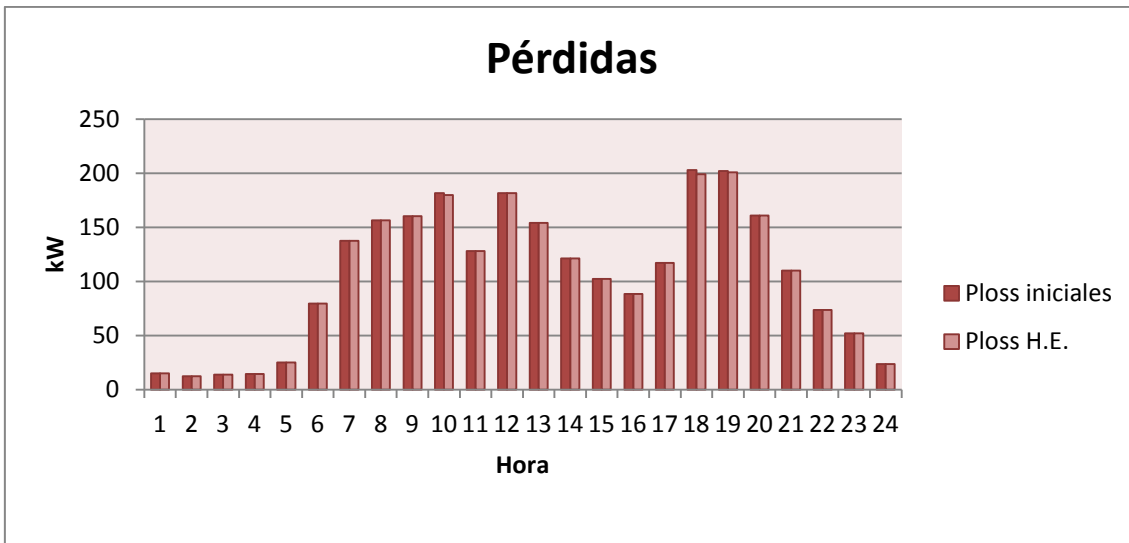


Figura 5.1.1.2-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD en continuo. Caso 2.

### 5.1.1.3 Caso 3

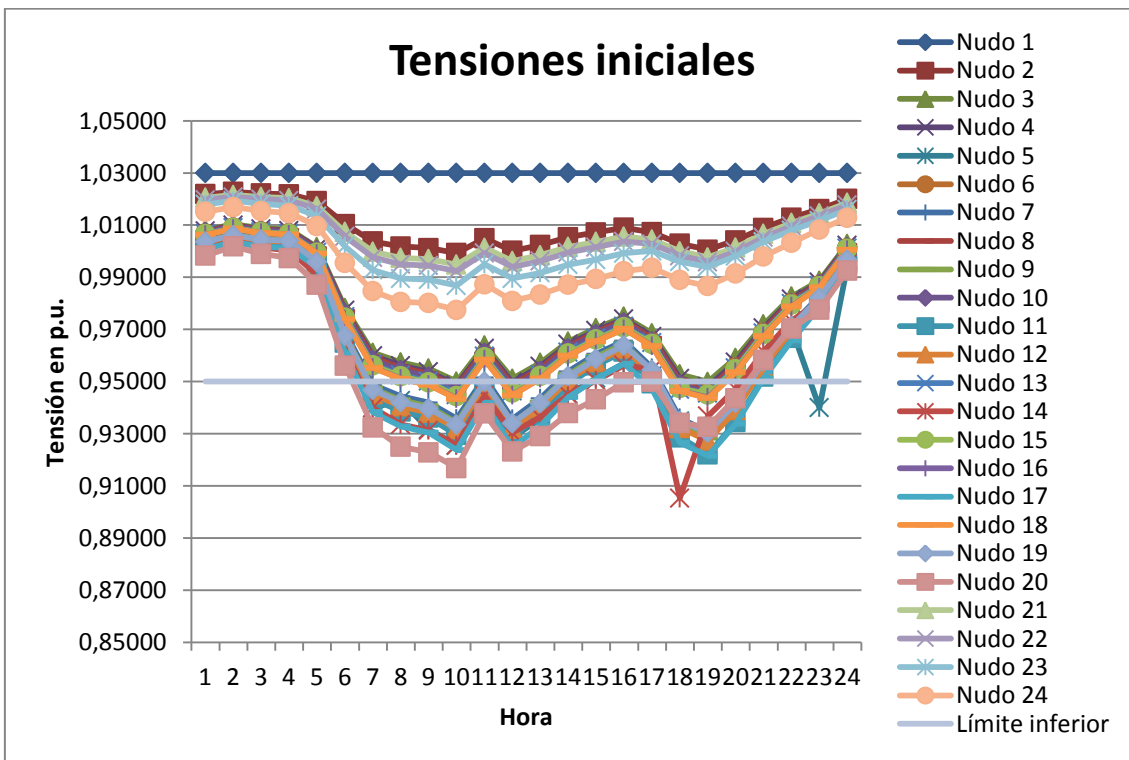


Figura 5.1.1.3-1. Tensiones iniciales. Sin GD en continuo. Caso 3.



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

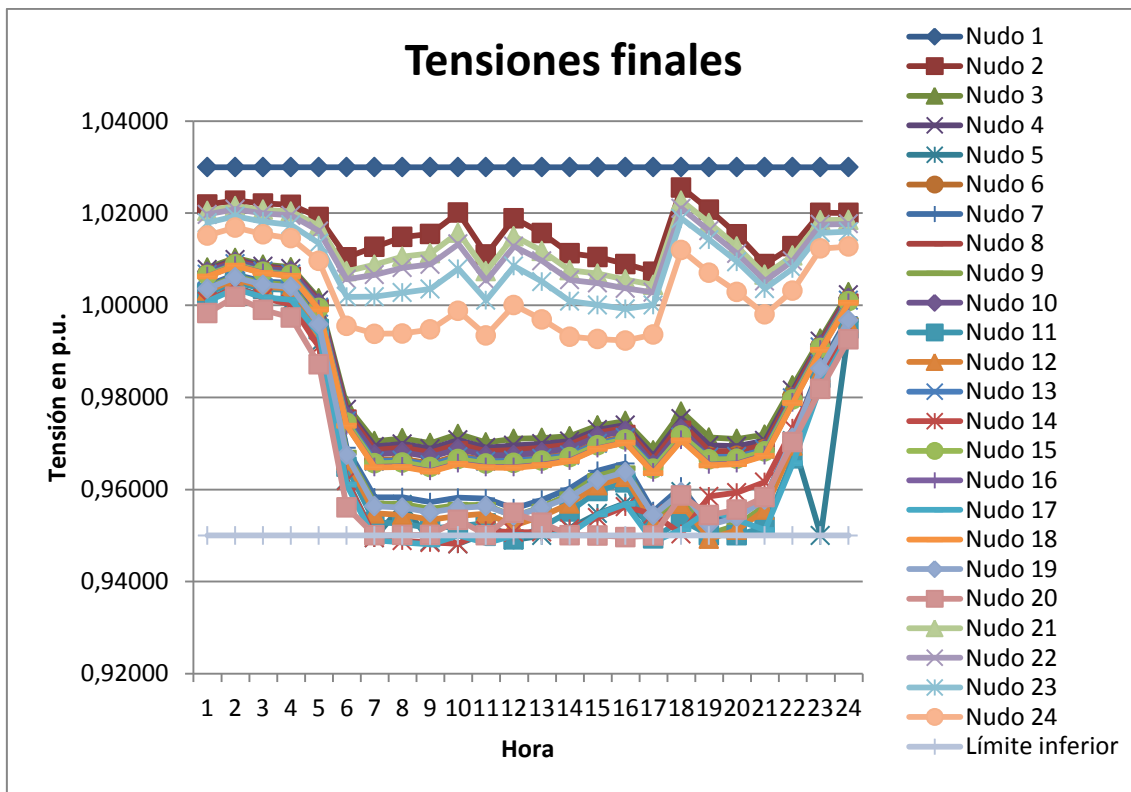


Figura 5.1.1.3-2. Tensiones finales. Sin GD en continuo. Caso 3.

Tensiones iniciales fuera de límites, por debajo del inferior establecido y estado final con tensiones dentro de límites.

Se corrigen la mayoría pero no todas.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

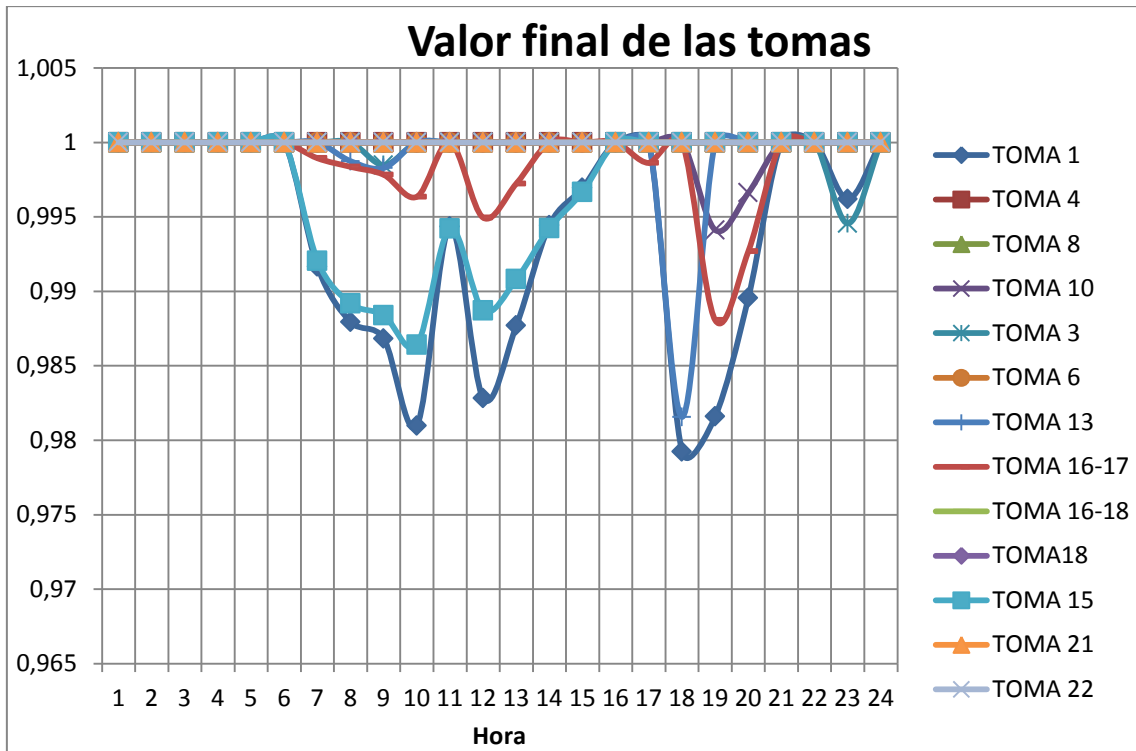


Figura 5.1.1.3-3. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 3.

Actúan más tomas que en los casos anteriores.

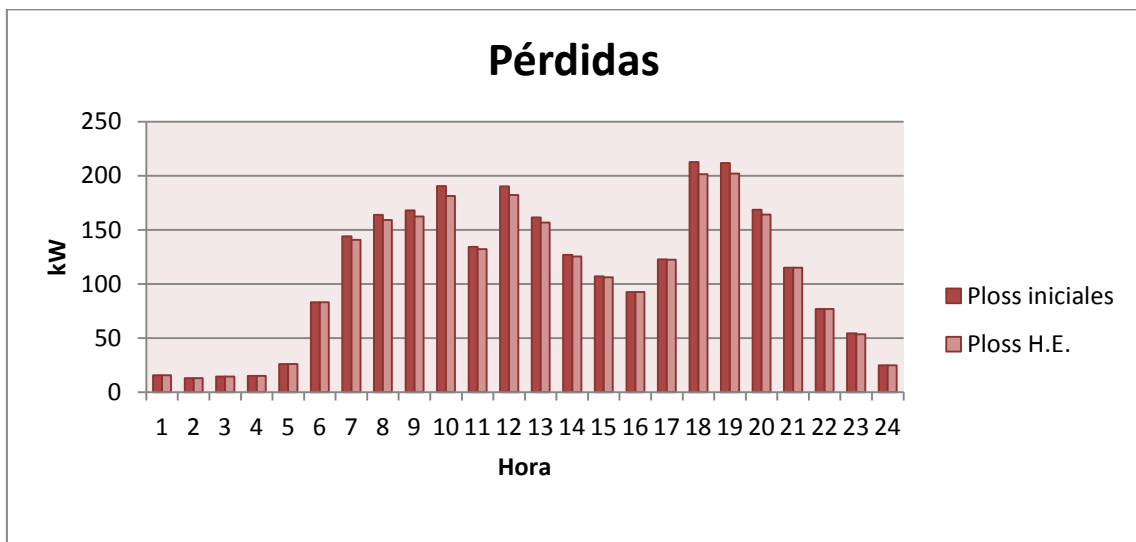


Figura 5.1.1.3-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD en continuo. Caso 3.



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

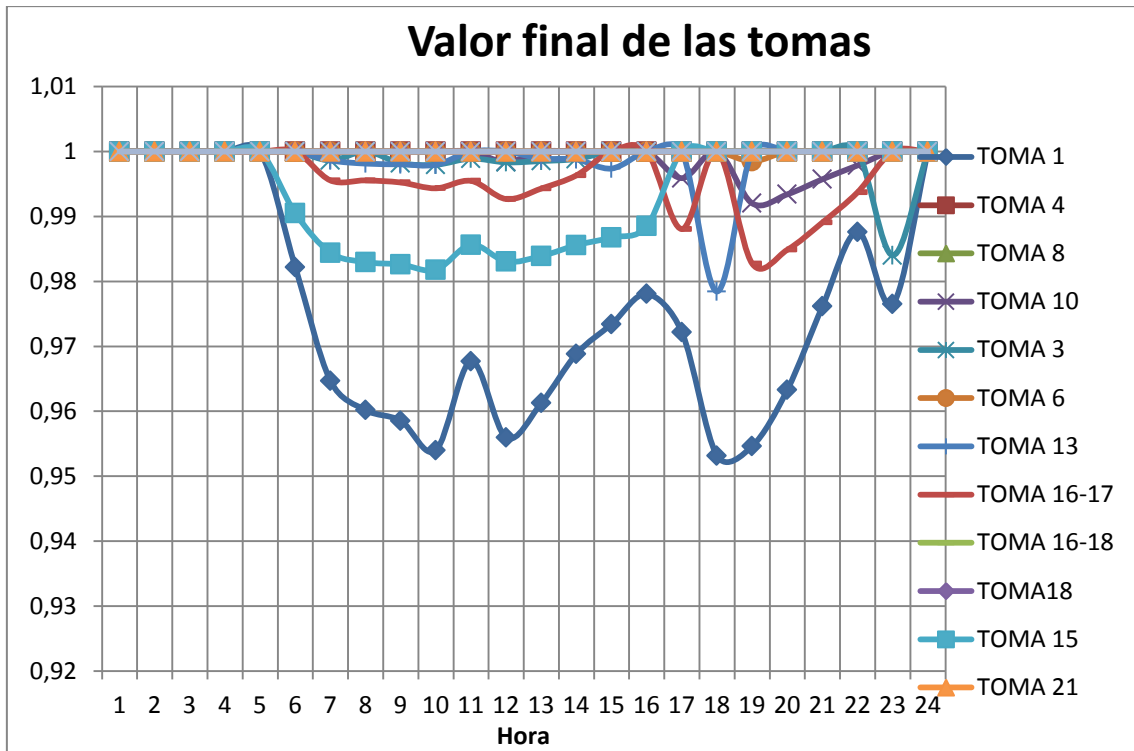


Figura 5.1.1.4-3. Valor final de la toma de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 4.

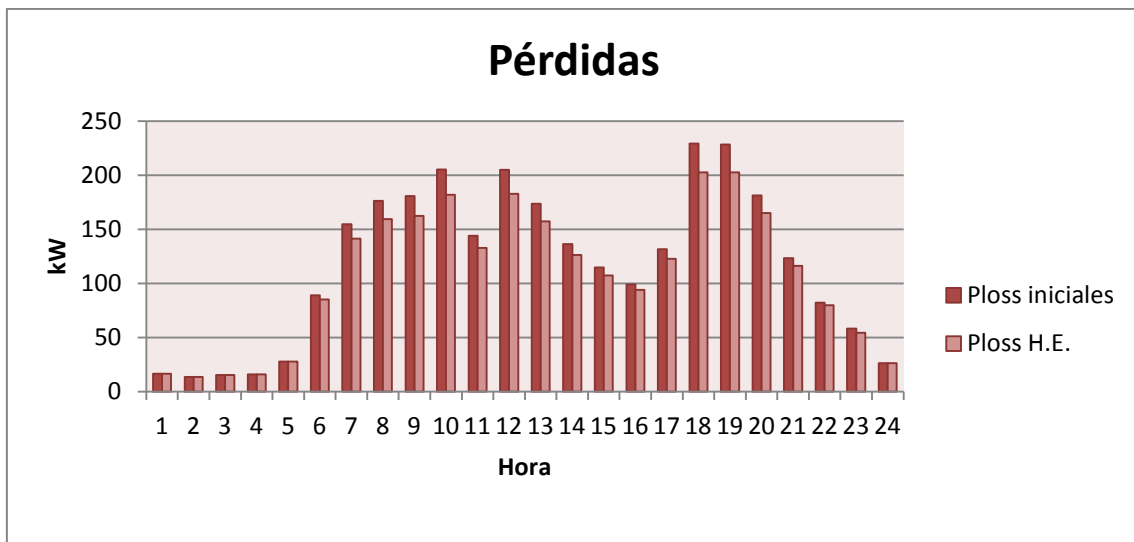


Figura 5.1.1.4-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD en continuo. Caso 4.

Igual que en caso 1, pero ahora  $V_1$  es fijo, por lo que se cuenta con menor poder de corrección. Corrijo tensiones de forma parcial y no total.

# Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

## 5.1.1.5 Caso 5

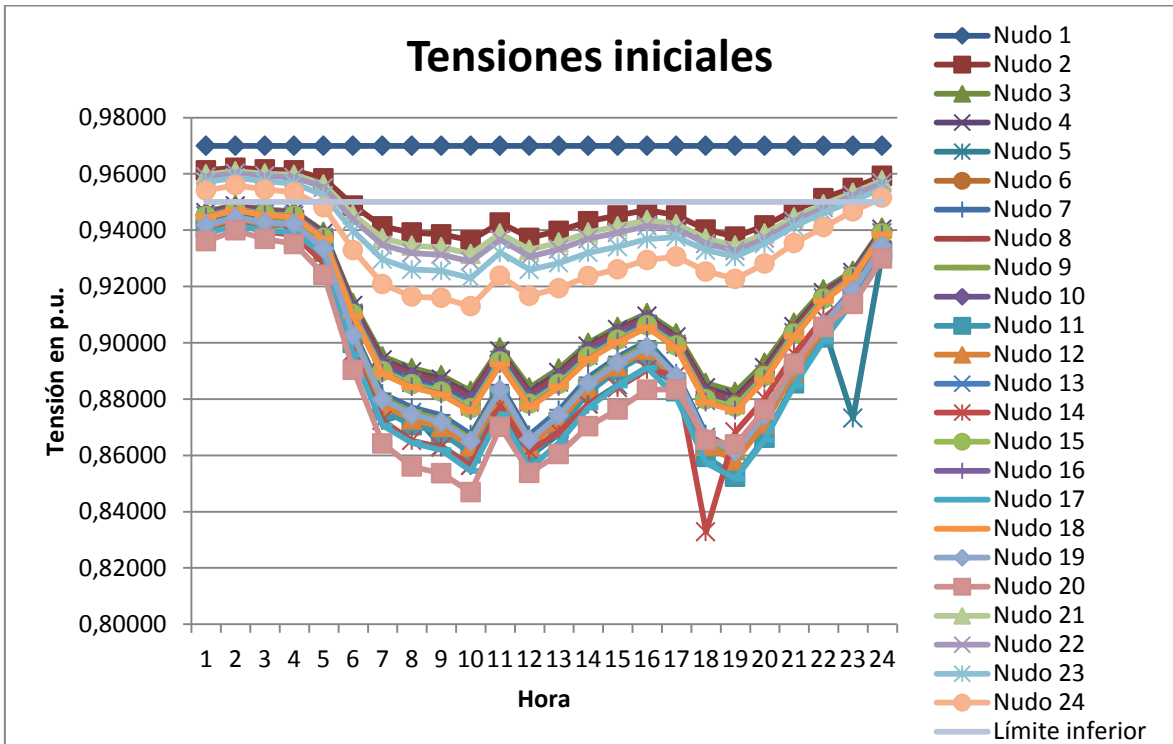


Figura 5.1.1.5-1. Tensiones iniciales. Sin GD en continuo. Caso 5.

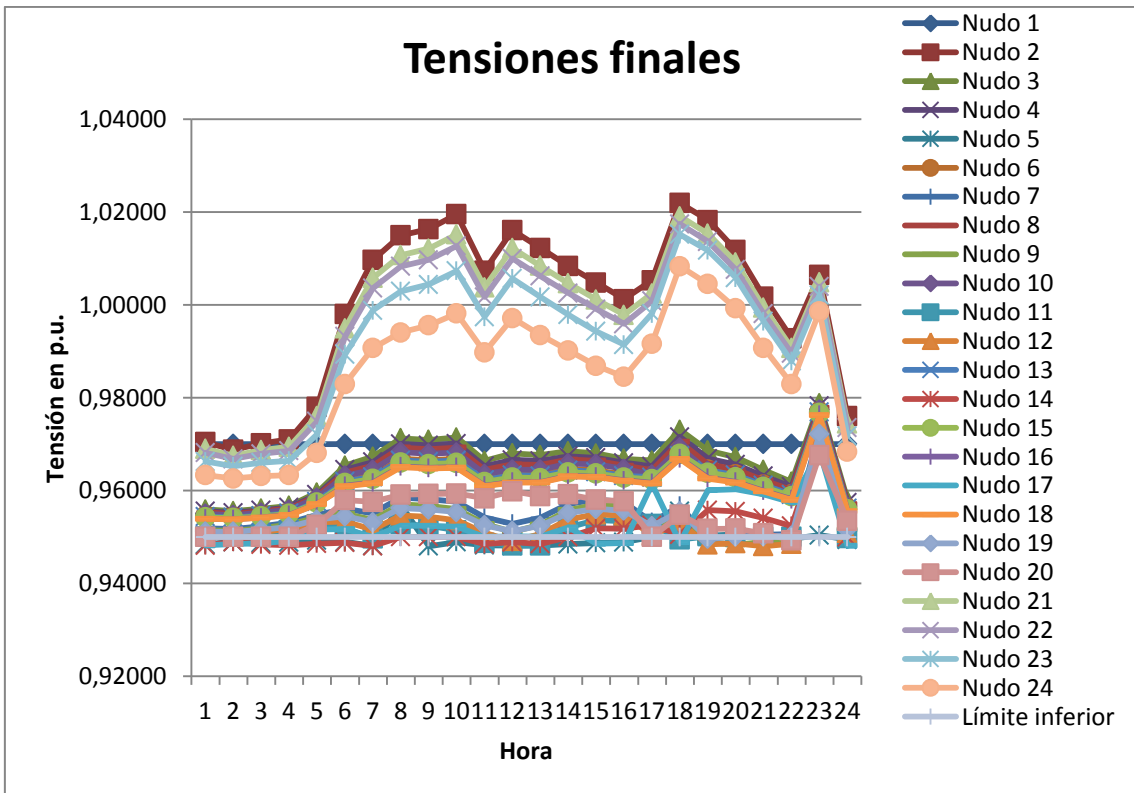


Figura 5.1.1.5-2. Tensiones finales. Sin GD en continuo. Caso 5.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

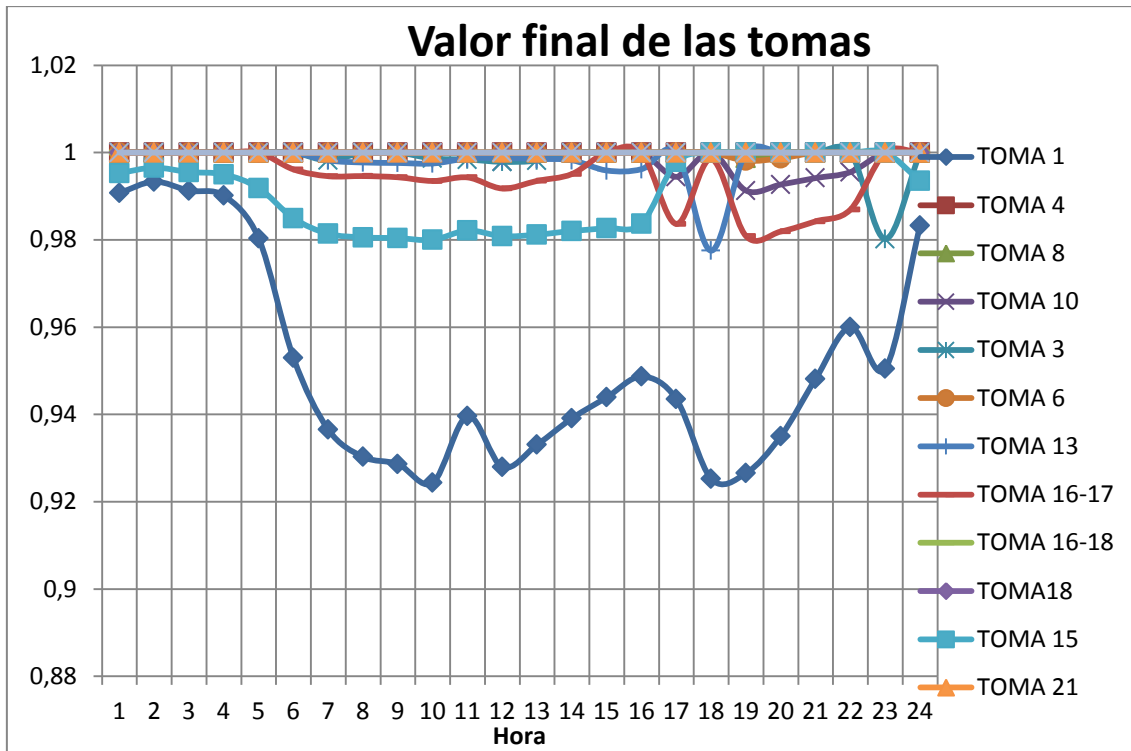


Figura 5.1.1.5-3. Valor final de la toma de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 5.

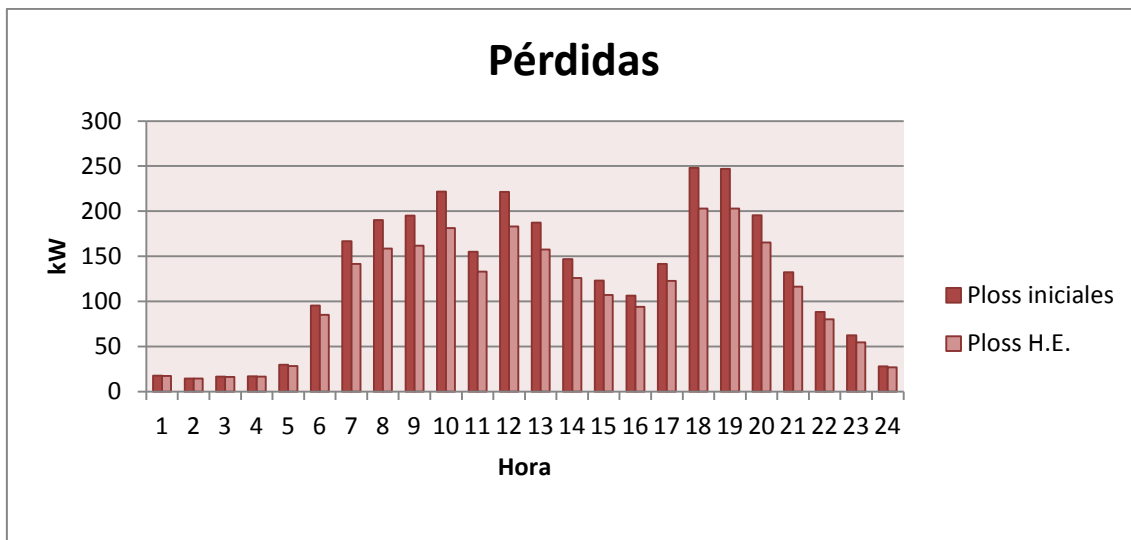


Figura 5.1.1.5-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD en continuo. Caso 5.

Conforme se ha ido bajando la tensión, nuestra red presenta más tensiones fuera de límites.

Se baja la toma del trafa de cabecera cada vez más y se hace control local con los trafos que tienen nudos fuera de tensiones aguas abajo.

En el estado inicial de tensiones, el nudo más alejado es el 14 en la hora 18, y se observa en la figura 5.1.1.5-2 que se varía a 0,9775.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

Si se superan los incrementos máximos permitidos de una variables, se pasa a mover el control un porcentaje del valor calculado, en estos casos es más probable que solo se corrijan las tensiones de forma parcial.

### 5.1.1.6 Caso 6

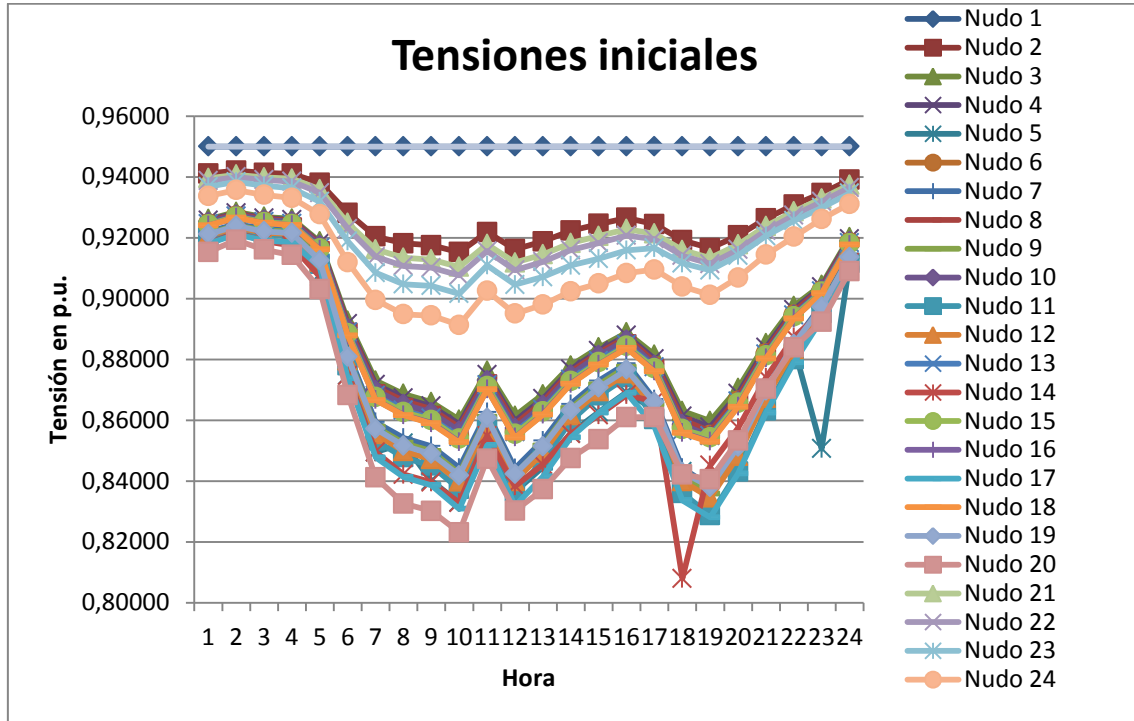


Figura 5.1.1.6-1. Tensiones iniciales. Sin GD en continuo. Caso 6.

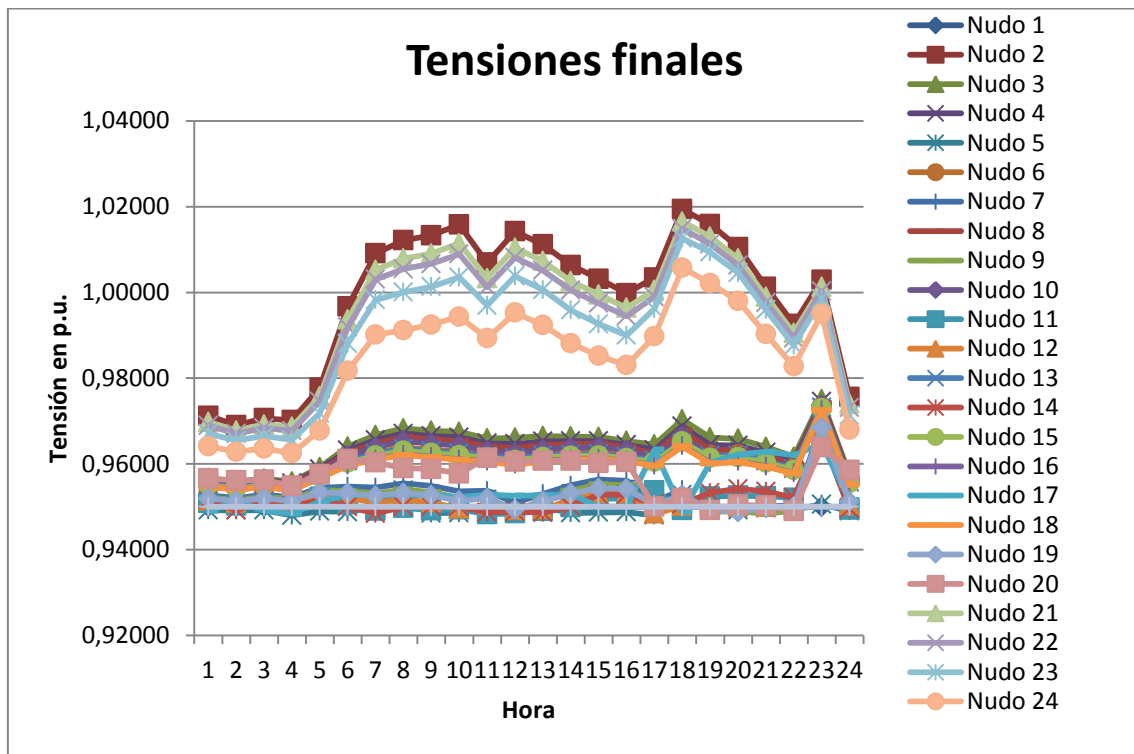


Figura 5.1.1.6-2. Tensiones finales. Sin GD en continuo. Caso 6.

## **Control de Tensiones en Redes de Media Tensión**

Pasamos de tener todos los nudos de la red bajo el límite de 0,95 a subirlos casi al 100%.

*Tabla 5.1.1.6. Valores finales de la tensión. Sin GD. Continuo. Caso 6.*



### Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

NU DO	HORA																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	0,95000	
2	0,97123	0,96903	0,97063	0,97018	0,97772	0,99675	1,00910	1,01216	1,01330	1,01580	1,00691	1,01425	1,01119	1,00635	1,00315	0,99979	1,00344	1,01937	1,01590	1,01054	1,00129	0,99260	1,00288	0,97561	
3	0,95674	0,95584	0,95659	0,95588	0,95925	0,96406	0,96673	0,96830	0,96774	0,96749	0,96596	0,96609	0,96652	0,96639	0,96628	0,96536	0,96453	0,97036	0,96618	0,96588	0,96395	0,96165	0,97507	0,95752	
4	0,95636	0,95549	0,95623	0,95554	0,95880	0,96319	0,96559	0,96711	0,96655	0,96620	0,96482	0,96467	0,96526	0,96533	0,96535	0,96449	0,96329	0,96883	0,96442	0,96430	0,96266	0,96061	0,97452	0,95699	
5	0,94923	0,94923	0,94921	0,94801	0,94895	0,94882	0,95003	0,95390	0,94853	0,94860	0,95003	0,95003	0,95003	0,94855	0,94868	0,94877	0,94802	0,95283	0,94947	0,94925	0,94971	0,94933	0,95056	0,94902	
6	0,95531	0,95457	0,95520	0,95443	0,95741	0,96090	0,96266	0,96387	0,96333	0,96286	0,96208	0,96166	0,96232	0,96254	0,96263	0,96196	0,96109	0,96584	0,96206	0,96216	0,96081	0,95899	0,97331	0,95583	
7	0,95271	0,95201	0,95276	0,95226	0,95441	0,95474	0,95451	0,95547	0,95491	0,95360	0,95373	0,95089	0,95303	0,95501	0,95635	0,95605	0,95123	0,95396	0,94935	0,94896	0,95000	0,95042	0,96912	0,95186	
8	0,95611	0,95524	0,95599	0,95531	0,95849	0,96260	0,96481	0,96629	0,96573	0,96431	0,96304	0,96370	0,96440	0,96461	0,96472	0,96390	0,96245	0,96779	0,96322	0,96322	0,96177	0,95989	0,97414	0,95663	
9	0,95226	0,95159	0,95234	0,95185	0,95387	0,95368	0,95313	0,95402	0,95345	0,95202	0,95234	0,94916	0,95150	0,95372	0,95524	0,95500	0,94972	0,95208	0,94884	0,94895	0,94842	0,94915	0,96845	0,95123	
10	0,95580	0,95495	0,95570	0,95504	0,95812	0,96189	0,96389	0,96532	0,96476	0,96426	0,96311	0,96255	0,96338	0,96375	0,96397	0,96320	0,96144	0,96655	0,96179	0,96194	0,96194	0,96071	0,95904	0,97369	0,95621
11	0,95091	0,95031	0,95106	0,95064	0,95226	0,95059	0,94908	0,94978	0,94920	0,94943	0,94829	0,94849	0,94904	0,94995	0,95194	0,95191	0,95377	0,94927	0,95241	0,95260	0,95249	0,95208	0,96646	0,94934	
12	0,95149	0,95093	0,95156	0,95098	0,95281	0,95202	0,95101	0,95164	0,95109	0,94960	0,95043	0,94926	0,94946	0,95169	0,95318	0,95309	0,94841	0,95019	0,95003	0,95003	0,95002	0,95001	0,96764	0,95045	
13	0,95521	0,95448	0,95509	0,95431	0,95726	0,96068	0,96238	0,96355	0,96302	0,96254	0,96183	0,96140	0,96205	0,96227	0,96236	0,96171	0,96092	0,96478	0,96191	0,96203	0,96069	0,95888	0,97320	0,95573	
14	0,95167	0,94923	0,95149	0,95001	0,95163	0,95002	0,94845	0,95003	0,95003	0,95003	0,94870	0,94888	0,94868	0,95003	0,95284	0,95286	0,95258	0,95065	0,95330	0,95418	0,95359	0,95214	0,96675	0,94953	
15	0,95505	0,95434	0,95494	0,95415	0,95707	0,96032	0,96192	0,96306	0,96252	0,96202	0,96138	0,96088	0,96156	0,96183	0,96196	0,96133	0,96050	0,96520	0,96138	0,96156	0,96030	0,95855	0,97299	0,95553	
16	0,95479	0,95409	0,95469	0,95390	0,95678	0,95971	0,96113	0,96221	0,96168	0,96111	0,96060	0,95992	0,96070	0,96109	0,96129	0,96071	0,95969	0,96423	0,96028	0,96057	0,96048	0,95988	0,97262	0,95518	
17	0,94902	0,95134	0,94913	0,94838	0,95125	0,95276	0,95280	0,95277	0,95270	0,95230	0,95285	0,95257	0,95274	0,95297	0,95202	0,95202	0,96332	0,94883	0,96036	0,96218	0,96284	0,96203	0,96475	0,95157	
18	0,95475	0,95405	0,95465	0,95387	0,95673	0,95962	0,96101	0,96209	0,96156	0,96098	0,96048	0,95978	0,96057	0,96098	0,96120	0,96062	0,95956	0,96407	0,96010	0,96040	0,95934	0,95777	0,97256	0,95512	
19	0,95196	0,95140	0,95200	0,95136	0,95338	0,95317	0,95256	0,95322	0,95268	0,95137	0,95203	0,94929	0,95125	0,95311	0,95433	0,95417	0,95038	0,95275	0,94930	0,94875	0,94972	0,95002	0,96844	0,95121	

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

20	0,956 61	0,95618	0,956 30	0,954 90	0,957 62	0,961 12	0,960 35	0,959 05	0,958 82	0,957 76	0,961 45	0,960 54	0,960 77	0,960 71	0,960 23	0,960 44	0,950 03	0,952 03	0,949 23	0,950 48	0,950 28	0,949 05	0,963 90	0,958 61
21	0,969 78	0,96776	0,969 20	0,968 63	0,975 71	0,993 68	1,005 23	1,007 89	1,009 07	1,011 44	1,003 32	1,010 35	1,007 34	1,002 64	0,999 51	0,996 39	1,000 60	1,016 51	1,012 99	1,007 88	0,998 97	0,990 53	1,001 26	0,974 04
22	0,968 96	0,96705	0,968 39	0,967 75	0,974 57	0,991 93	1,003 04	1,005 47	1,006 66	1,008 95	1,001 27	1,008 13	1,005 15	1,000 54	0,997 44	0,994 46	0,998 96	1,014 85	1,011 29	1,006 34	0,997 63	0,989 33	1,000 33	0,973 14
23	0,967 08	0,96547	0,966 50	0,965 60	0,971 80	0,988 07	0,998 25	1,000 05	1,001 31	1,003 54	0,996 97	1,003 80	1,000 62	0,995 88	0,992 64	0,989 99	0,996 23	1,012 60	1,009 39	1,004 58	0,995 96	0,987 64	0,998 49	0,971 35
24	0,964 13	0,96286	0,963 60	0,962 52	0,967 79	0,981 69	0,990 15	0,991 16	0,992 50	0,994 36	0,989 31	0,995 29	0,992 39	0,988 15	0,985 21	0,983 04	0,989 75	1,005 73	1,002 13	0,998 00	0,990 29	0,982 73	0,994 99	0,967 99

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

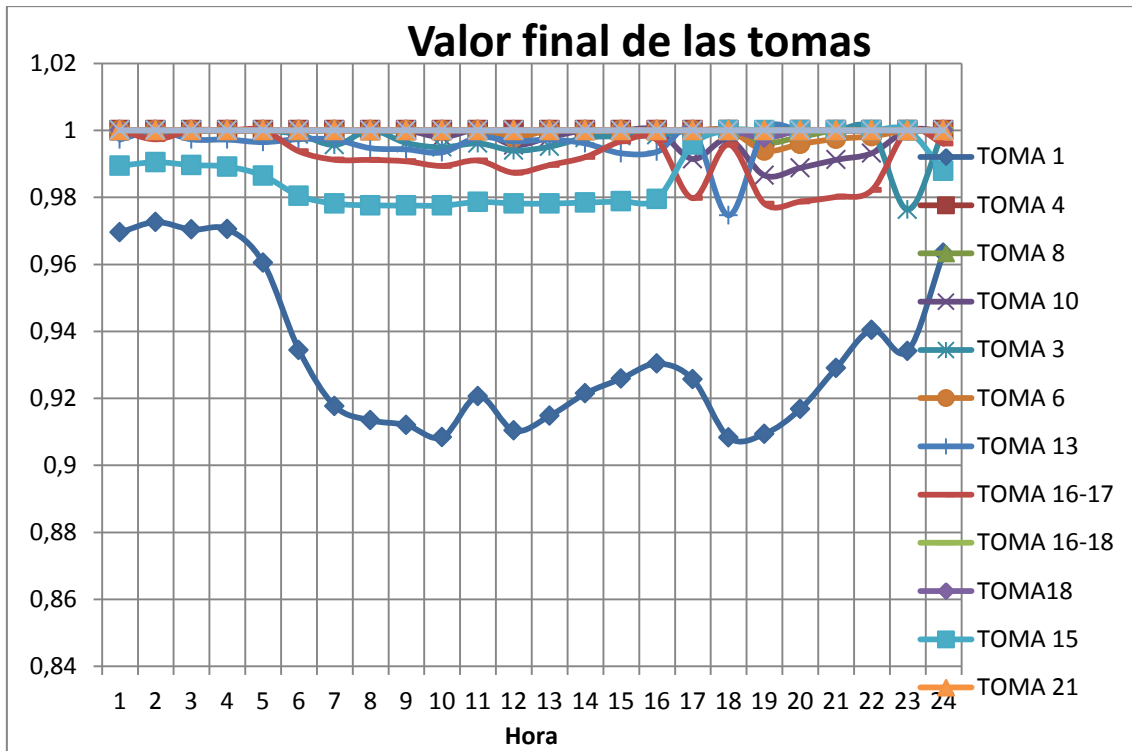


Figura 5.1.1.6-3. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 6.

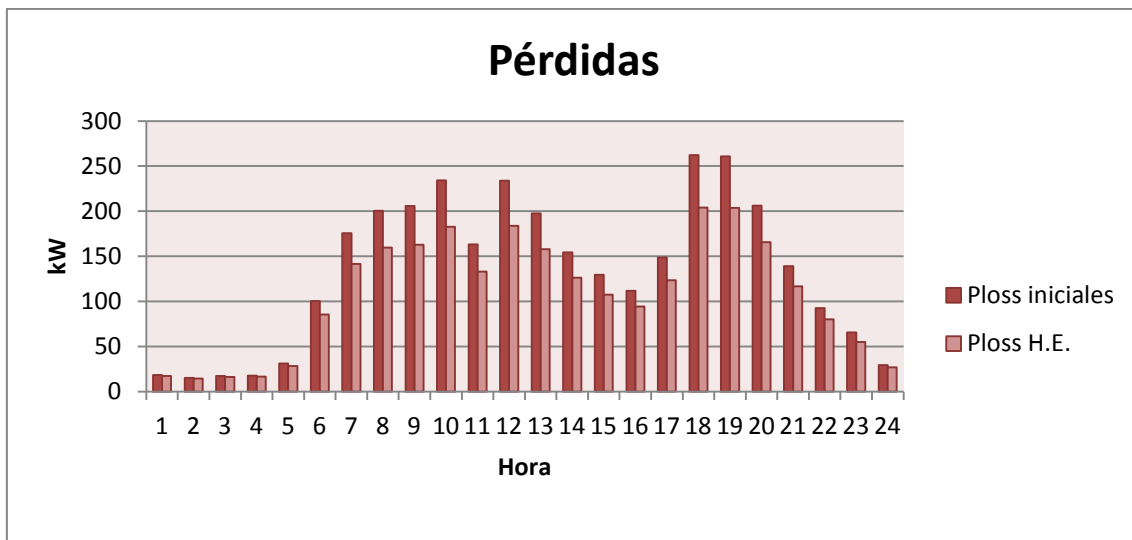


Figura 5.1.1.6-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD en continuo. Caso 6.

Se podría definir como el peor de los casos de este apartado en cuanto a estado a inicial, pero en cuanto a estado final, se reducen pérdidas y hay un número elevado de nudos en los que se consigue corregir tensiones.

El control local de tensiones se acentúa y el trafo de cabecera baja casi a su límite inferior permitido.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

### 5.1.2 Con Generación Distribuida

#### 5.1.2.1 Caso 1

En este caso, se van a obtener mejores resultados al contar con la inyección de tensión que no se tenía en el caso anterior.

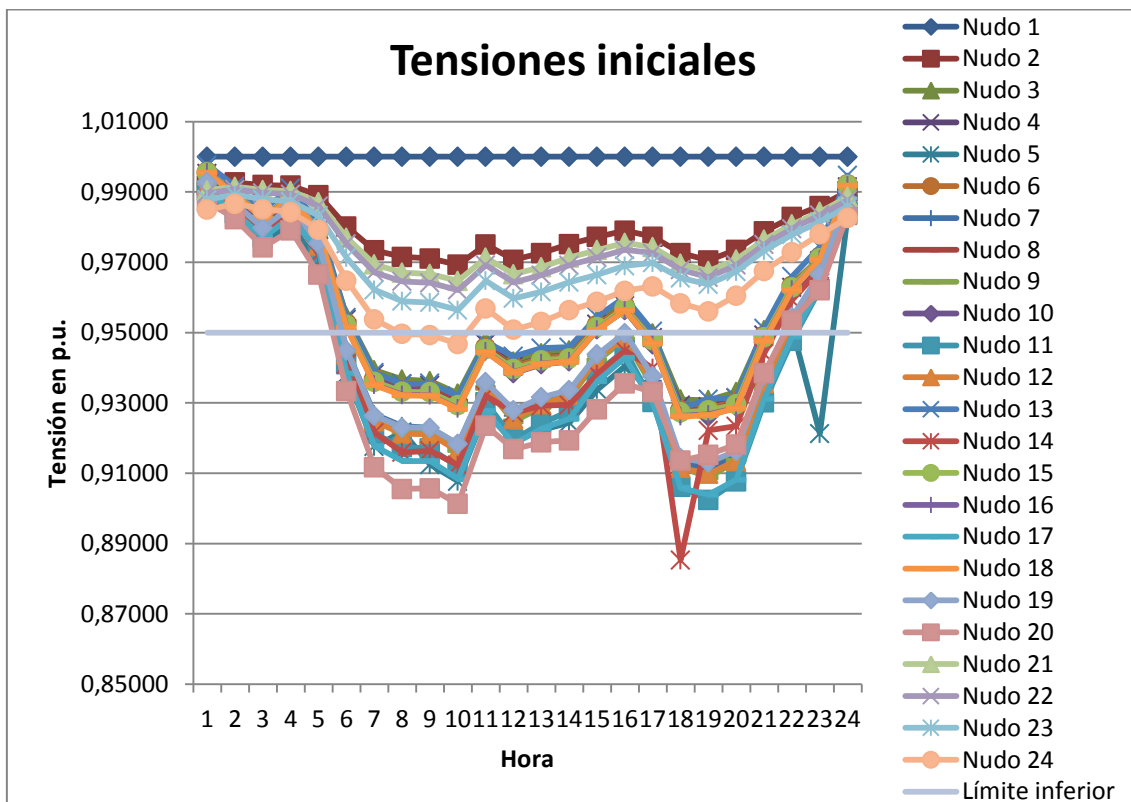


Figura 5.1.2.1-1. Tensiones iniciales. GD en continuo. Caso 1.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

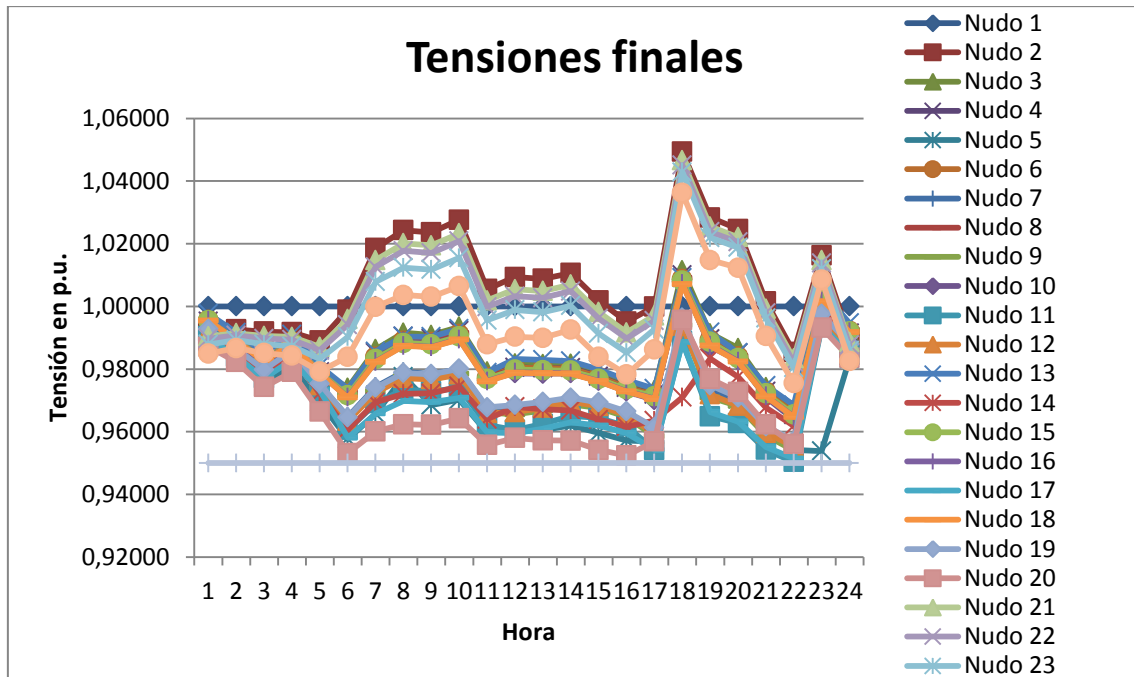


Figura 5.1.2.1-2. Tensiones finales. GD en continuo. Caso 1.

Las figuras 5.1.2.1-1 y 5.1.2.1-2 muestran las tensiones iniciales y finales. El perfil inicial de tensiones es más elevado que en caso sin generación distribuida.

Se corrigen el 100% de las tensiones fuera de límites.

Las actuaciones que se realizan sobre las tomas de los trafos se muestran en la siguiente gráfica, con una actuación por hora y con tan solo mover el trafo de cabecera, y no es necesario mover V1.

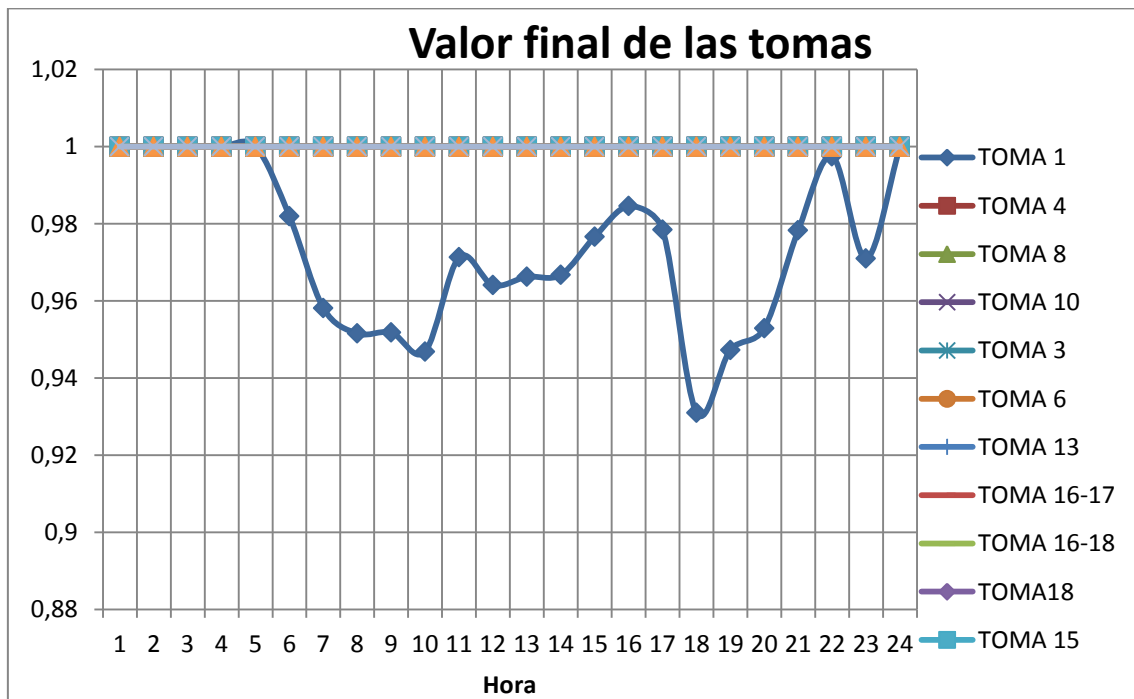


Figura 5.1.2.1-3. Valor final de las tomas de los trafos. GD en continuo. Caso 1.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

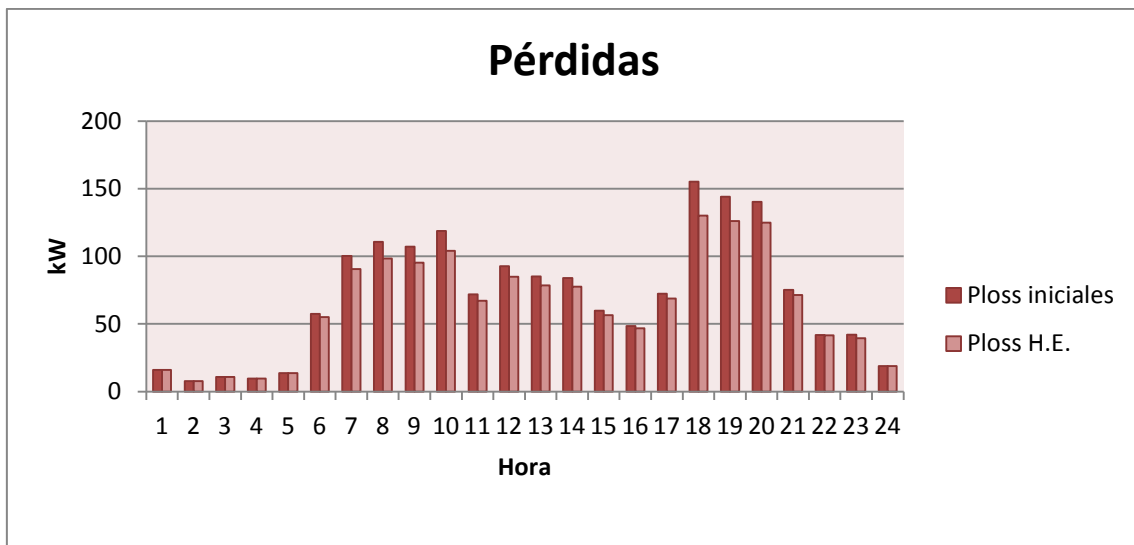


Figura 5.1.2.1-4. Pérdidas iniciales y finales. GD en continuo. Caso 1.

### 5.1.2.2 Caso 2.

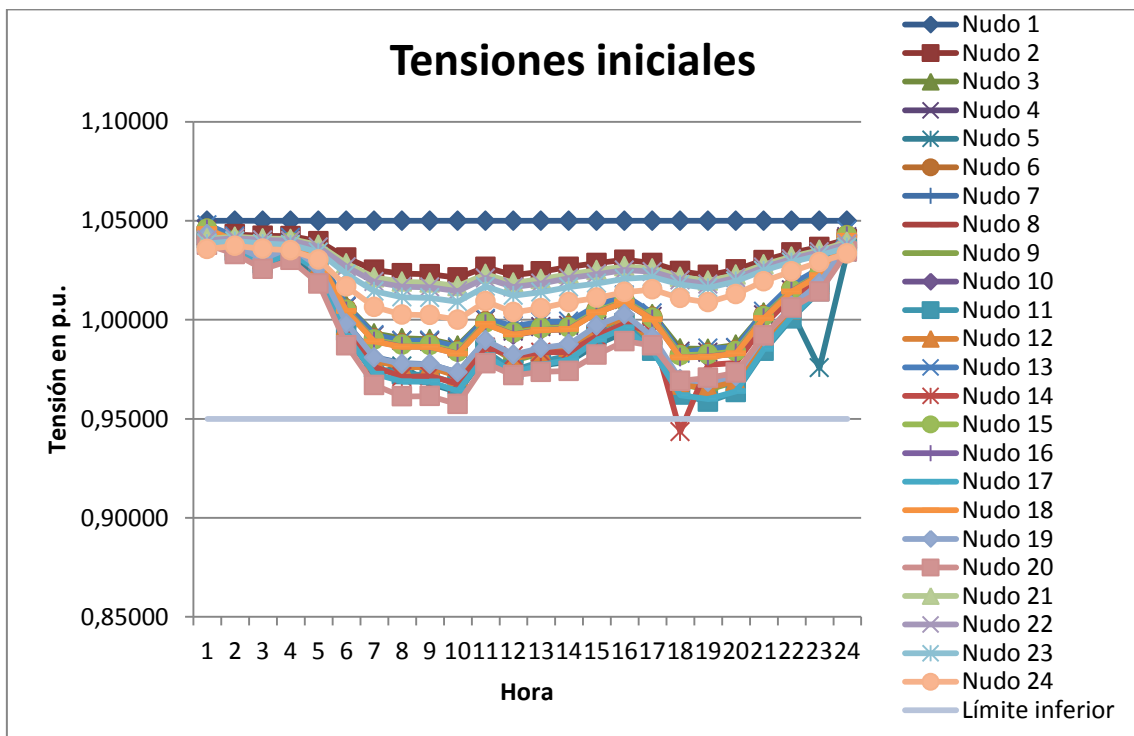


Figura 5.1.2.2-1. Tensiones iniciales. GD en continuo. Caso 2.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

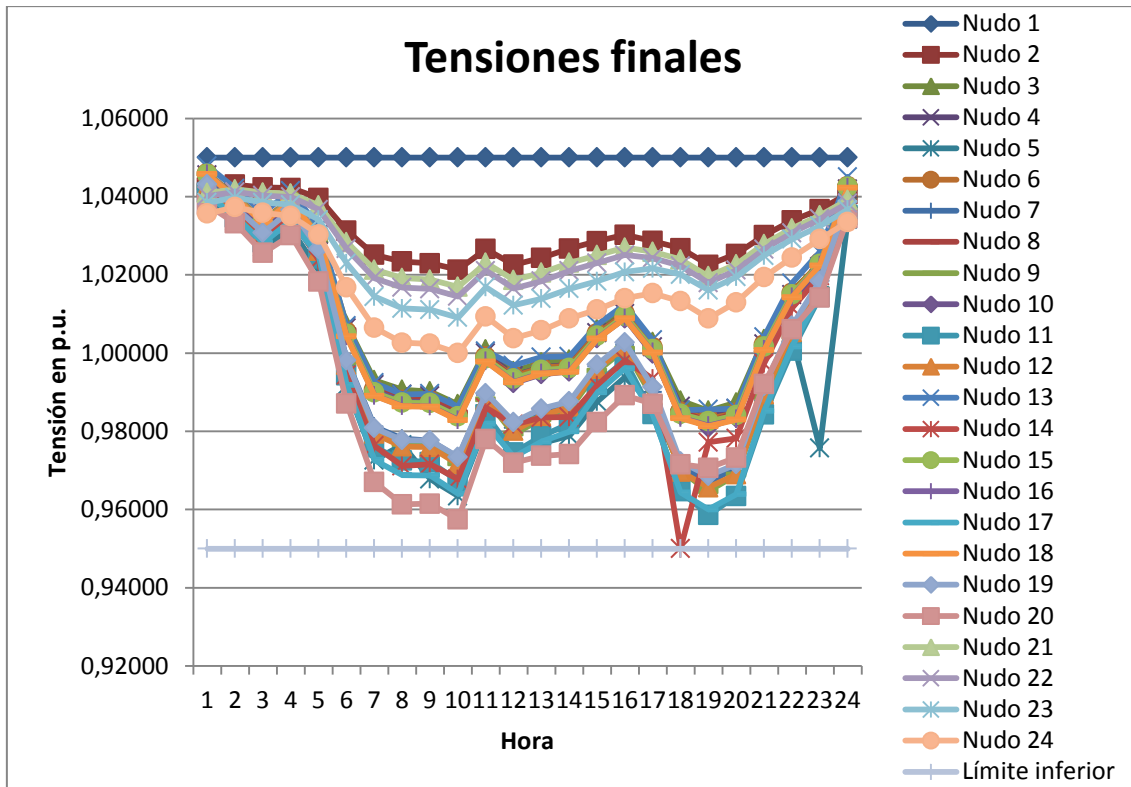


Figura 5.1.2.2-2. Tensiones finales. GD en continuo. Caso 2.

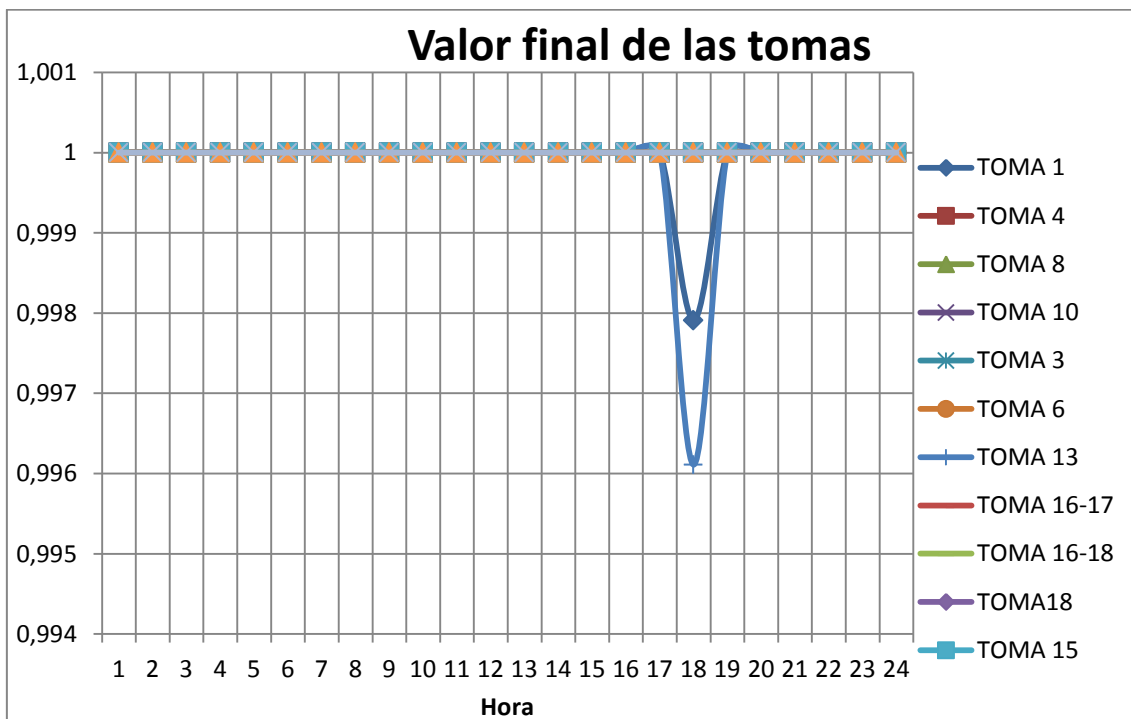
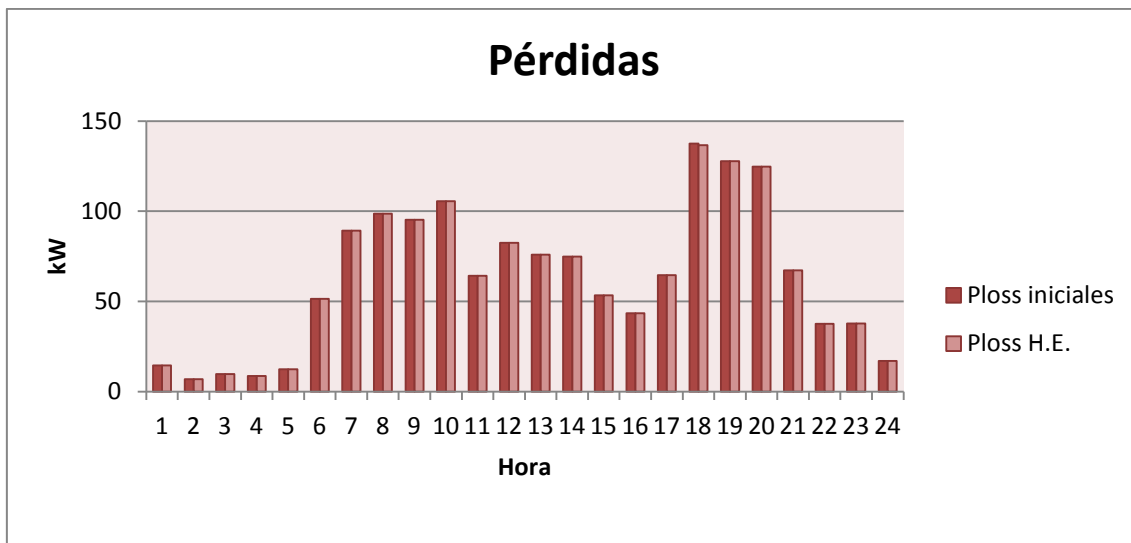


Figura 5.1.2.2-3. Valor final de la toma de los trafos. GD en continuo. Caso 2.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión



*Figura 5.1.2.2-4. Pérdidas iniciales y finales. GD en continuo. Caso 2.*

Se vuelven a corregir todas las tensiones con la actuación siguiente:

*Tabla 5.1.2.2-4. Actuaciones caso 2. Con GD. Continuo.*

	HORA 18	
	Incremento	u
<b>Actuación 1</b>	-0,00389028	7
	-0,00208942	1
	0	0

Sobre la toma 13, para corregir el nudo 14 y sobre la toma 1.



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

### 5.1.2.3 Caso 3

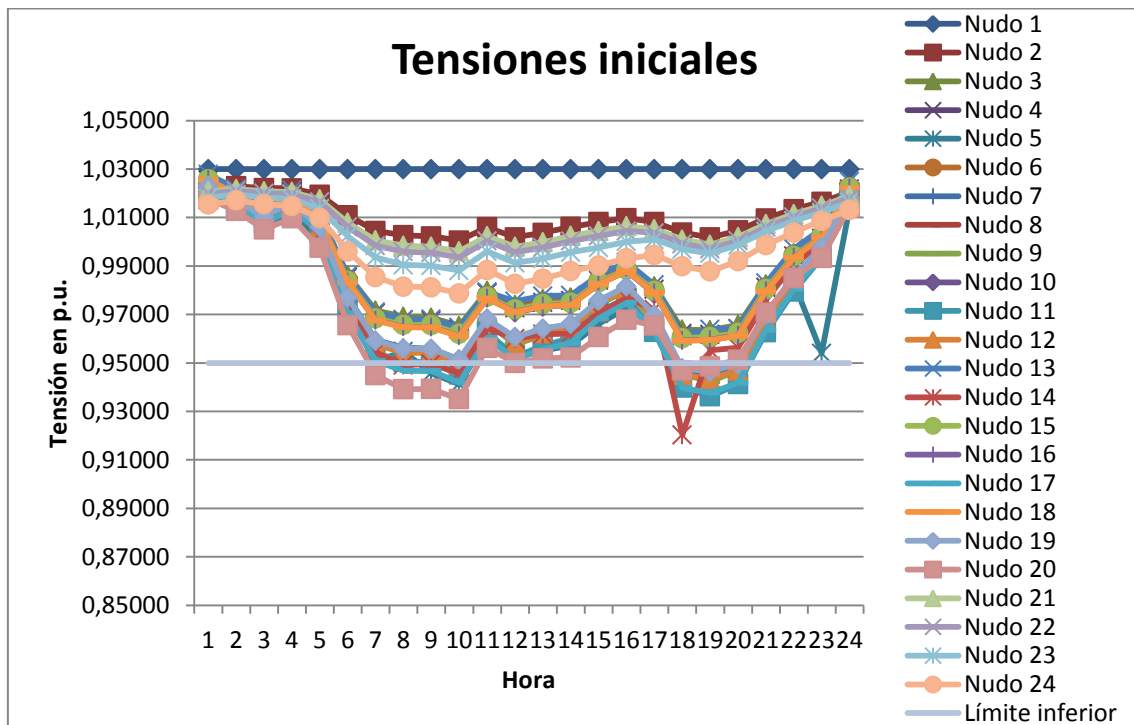


Figura 5.1.2.3-1. Tensiones iniciales. GD en continuo. Caso 3.

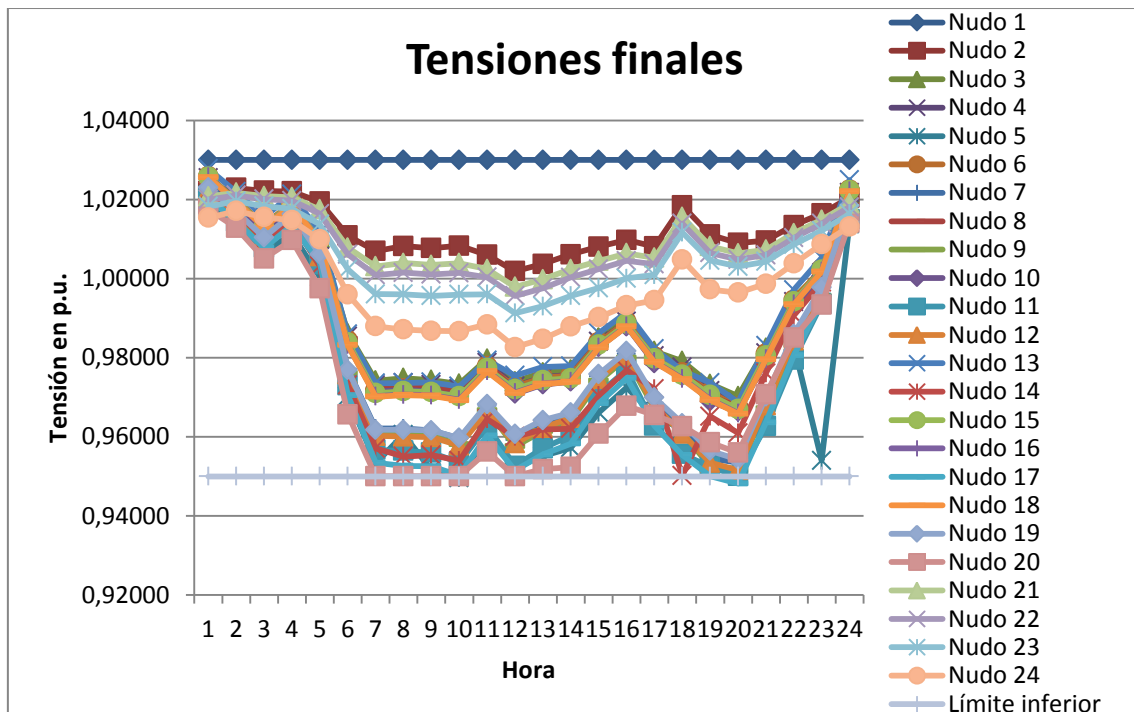


Figura 5.1.2.3-2. Tensiones finales. GD en continuo. Caso 3.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

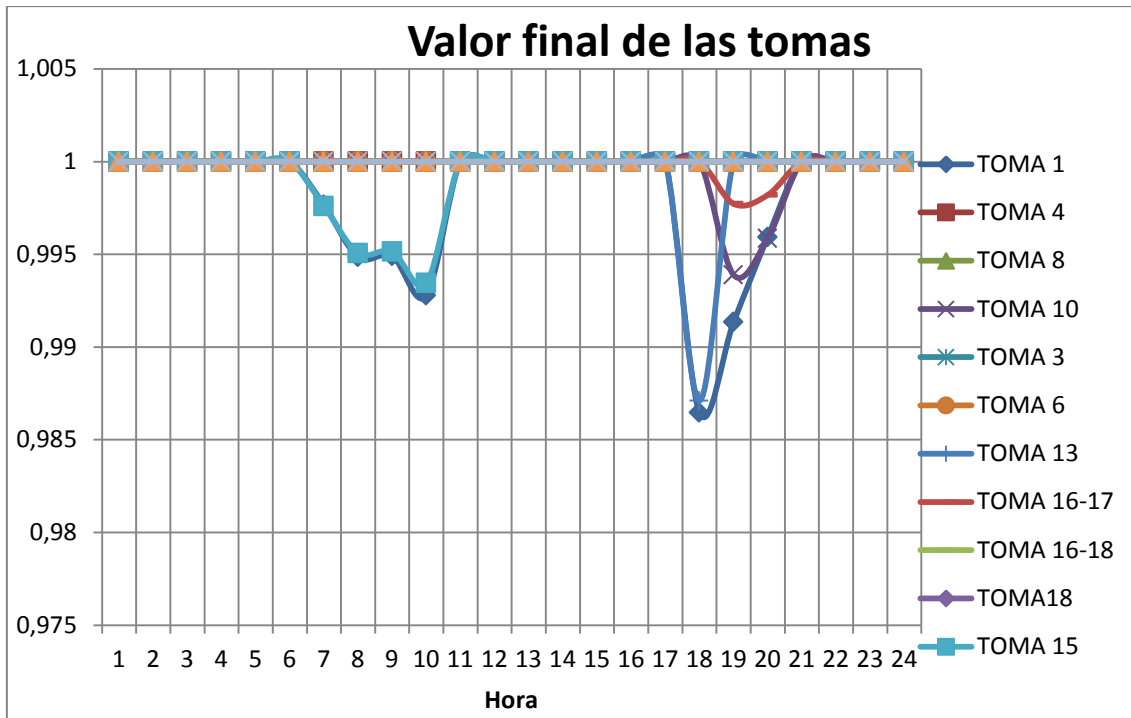


Figura 5.1.2.3-3. Valor final de la toma de los trafos. GD en continuo. Caso 3.

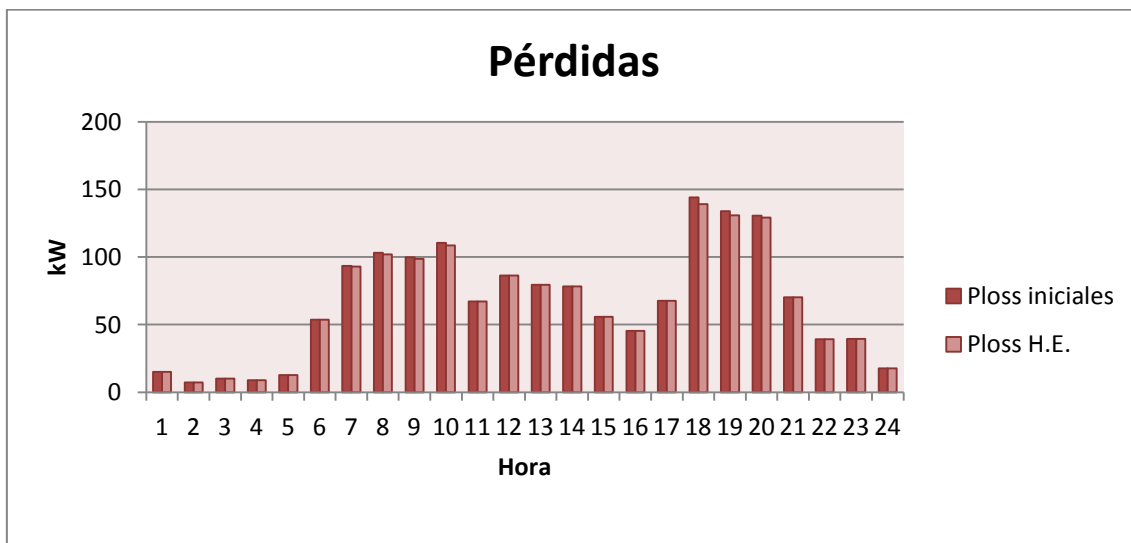


Figura 5.1.2.3-4. Pérdidas iniciales y finales. GD en continuo. Caso 3.

Tras las actuaciones que se realizan, dos nudos no se consiguen corregir.

Comparando con el caso 3 sin generación distribuida, se parte de un estado mejor con la generación y además se consigue mejor estado de la red.

# Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

## 5.1.2.4 Caso 4

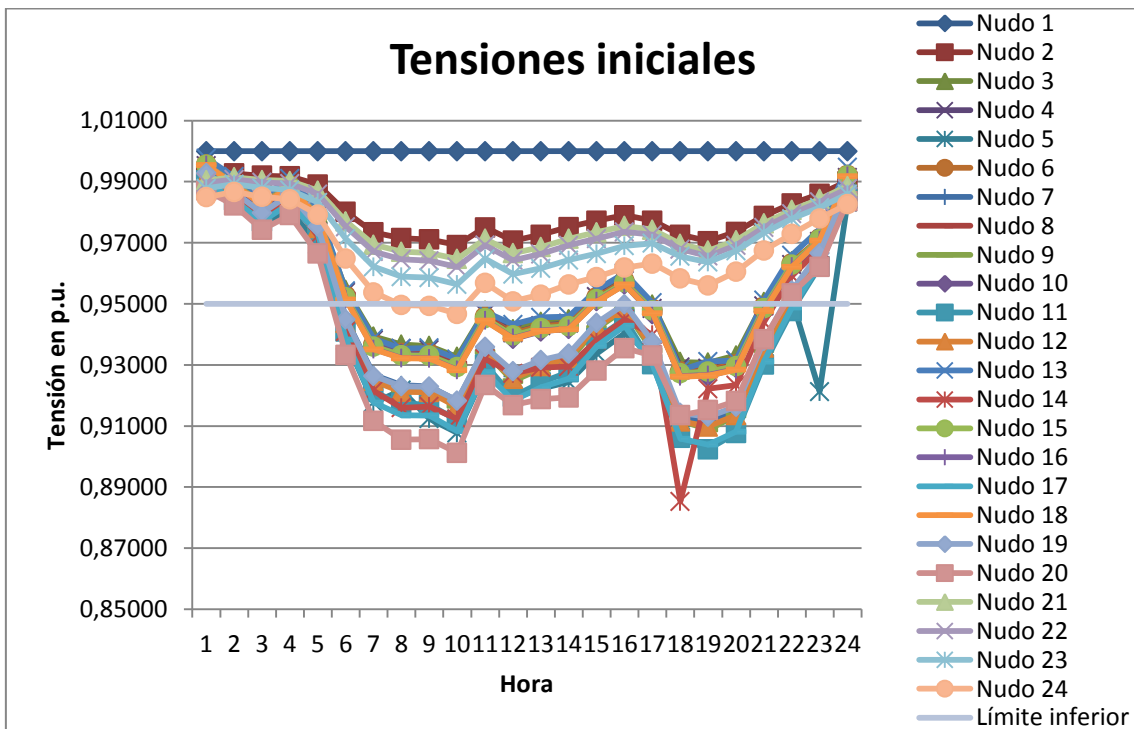


Figura 5.1.2.4-1. Tensiones iniciales. GD en continuo. Caso 4.

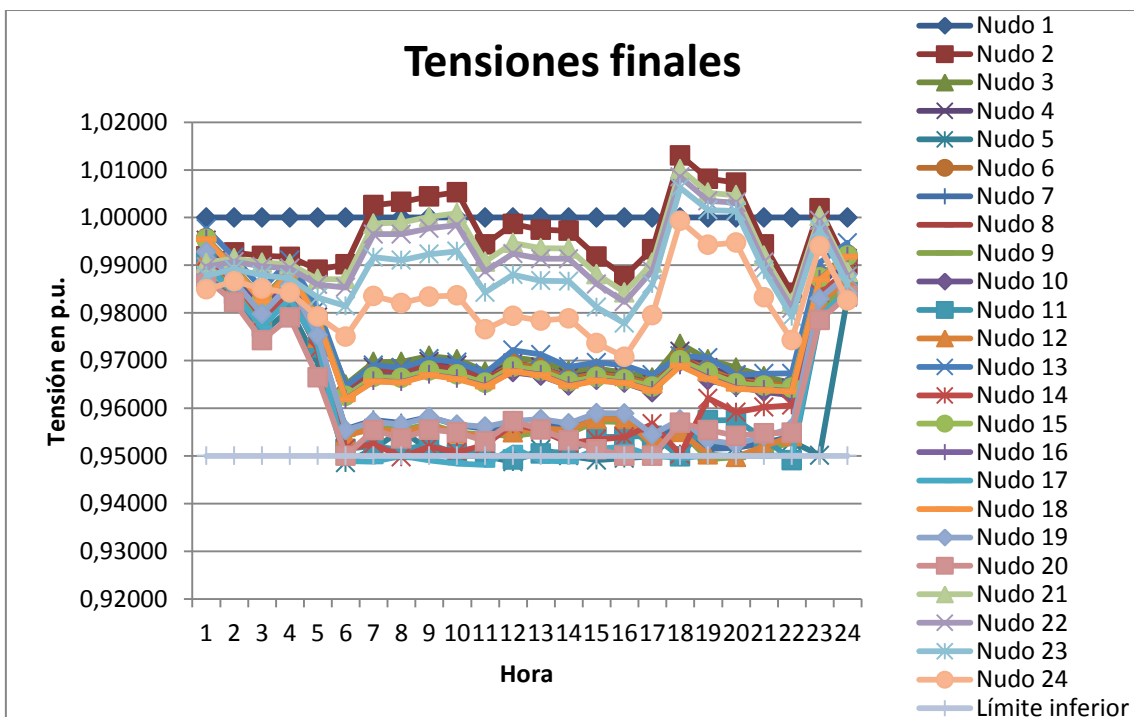


Figura 5.1.2.4-2. Tensiones finales. GD en continuo. Caso 4.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

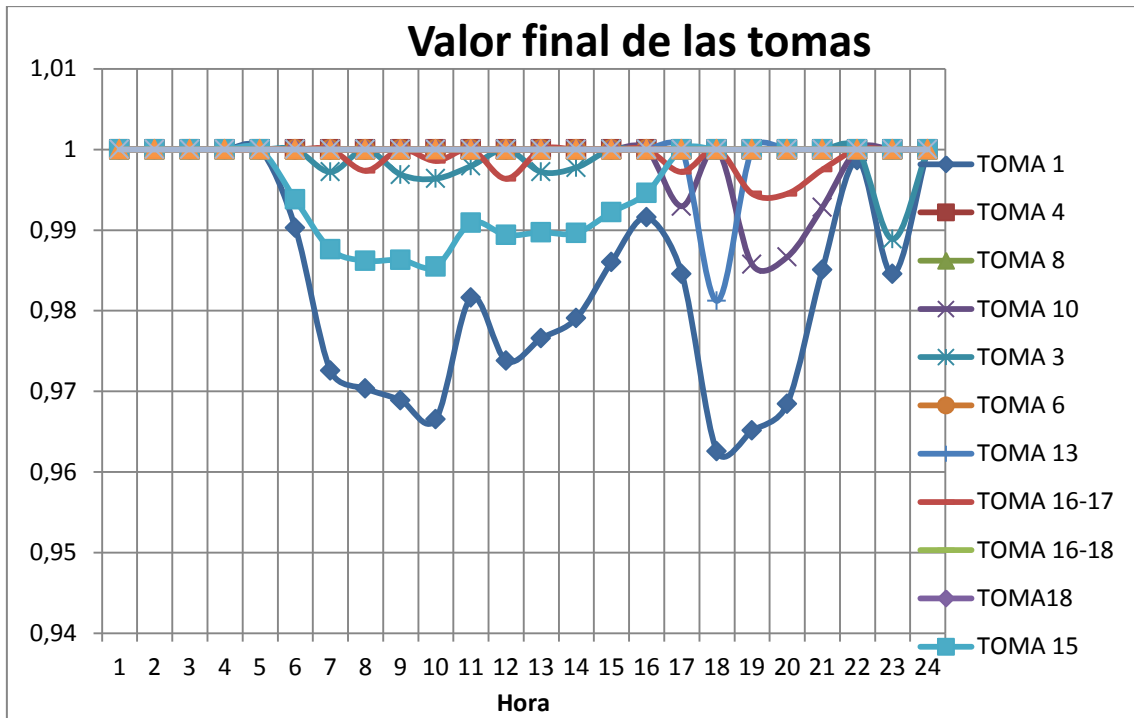


Figura 5.1.2.3-3. Valor final de las tomas de los trafos. GD en continuo. Caso 4.

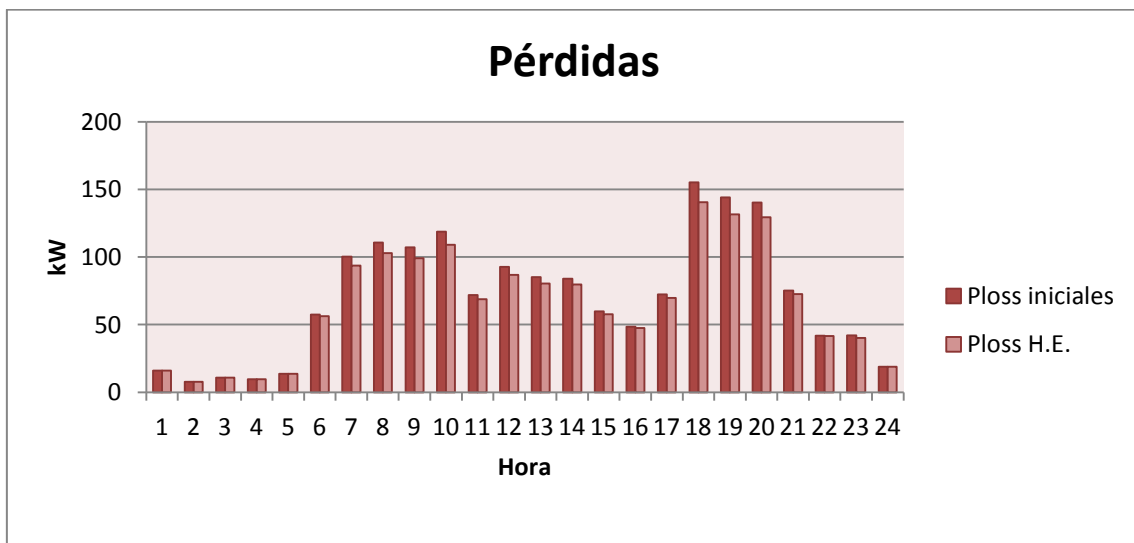


Figura 5.1.2.4-4. Pérdidas iniciales y finales. GD en continuo. Caso 4.

# Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

## 5.1.2.5 Caso 5

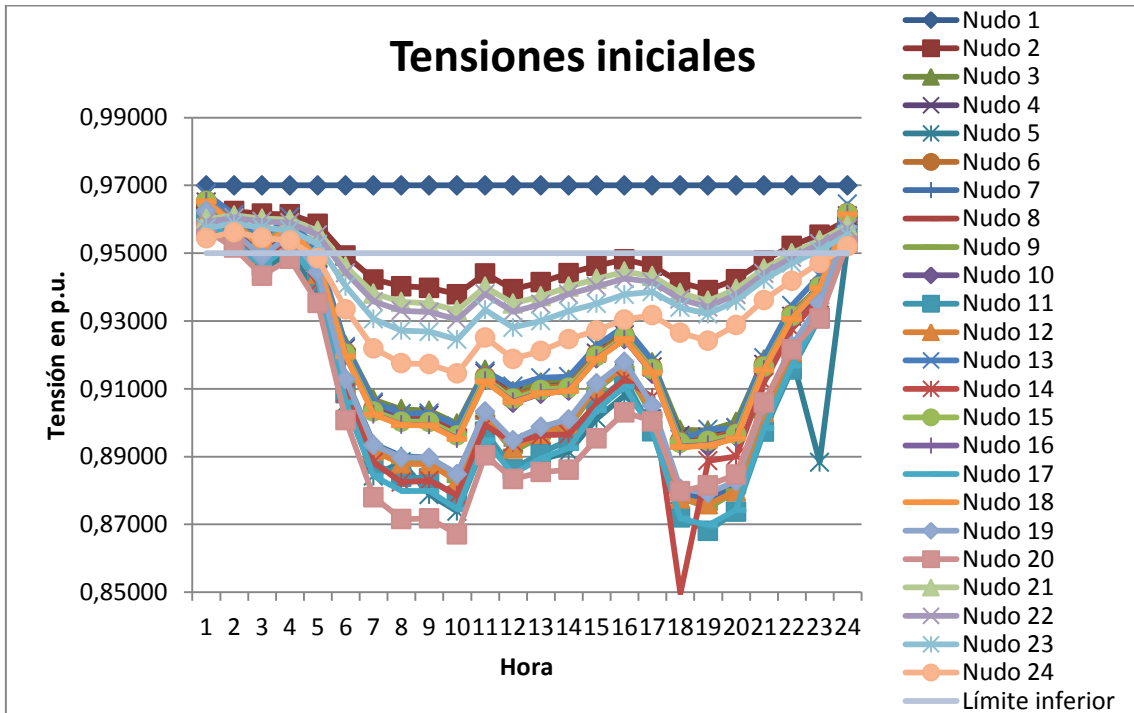


Figura 5.1.2.5-1. Tensiones iniciales. GD en continuo. Caso 5.

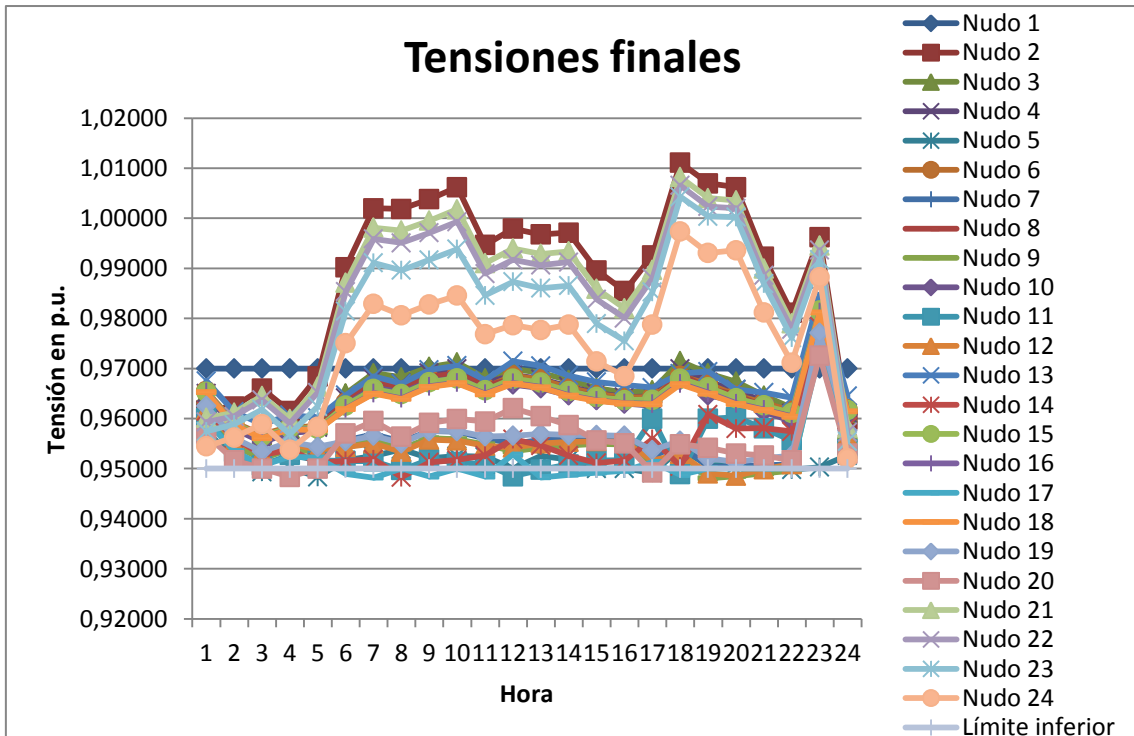


Figura 5.1.2.5-2. Tensiones finales. GD en continuo. Caso 5.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

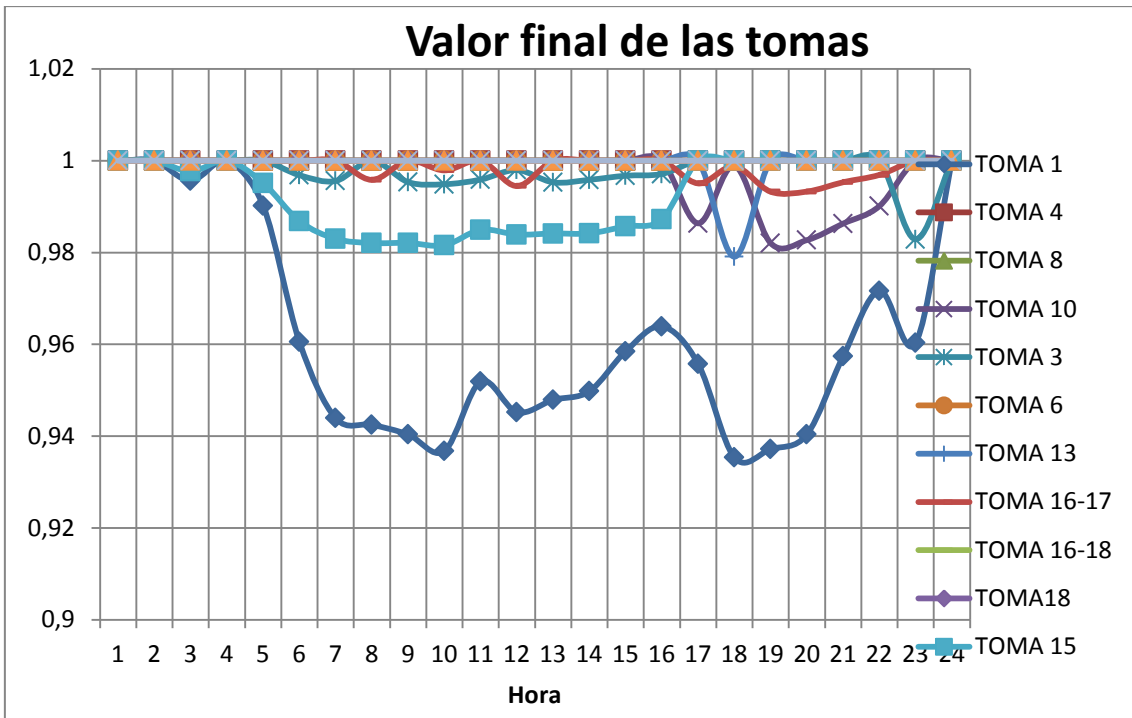


Figura 5.1.2.3-3. Valor final de la toma de los trafos. GD en continuo. Caso 5.

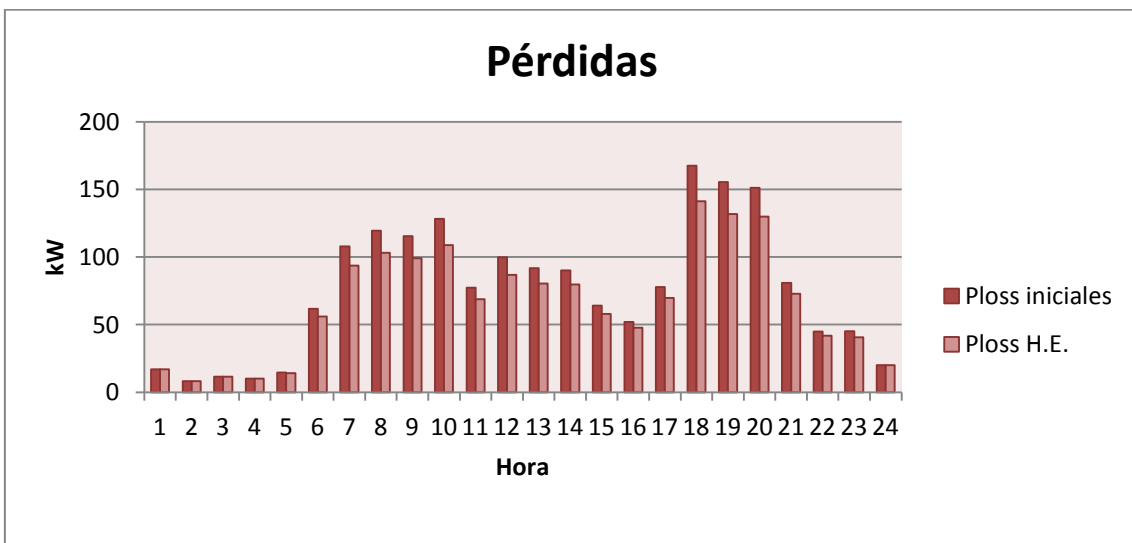


Figura 5.1.2.5-4. Pérdidas iniciales y finales. GD en continuo. Caso 5.

# Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

## 5.1.2.6 Caso 6

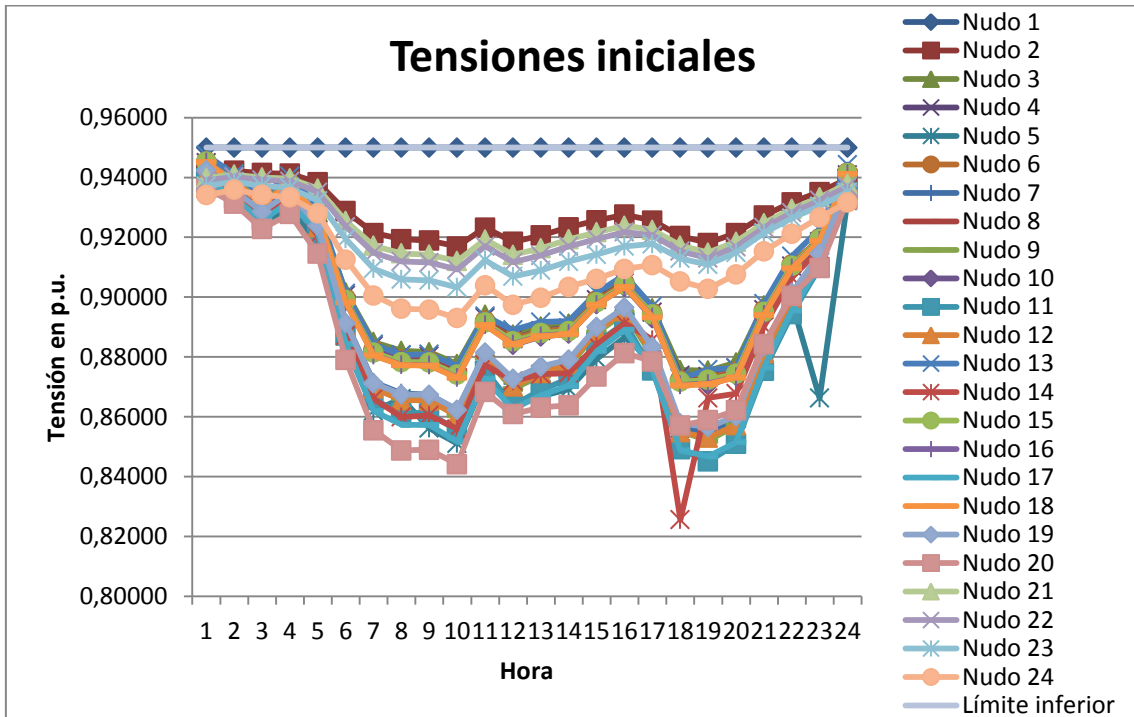


Figura 5.1.2.6-1. Tensiones iniciales. GD en continuo. Caso 6.

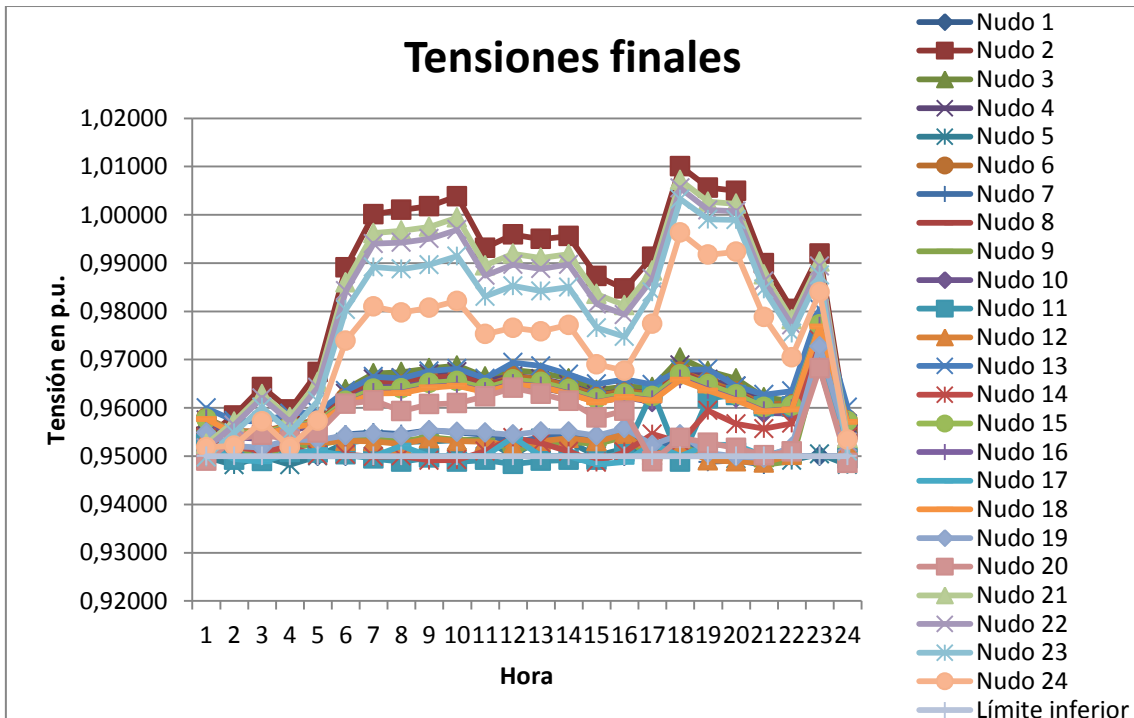


Figura 5.1.2.6-2. Tensiones finales. GD en continuo. Caso 6.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

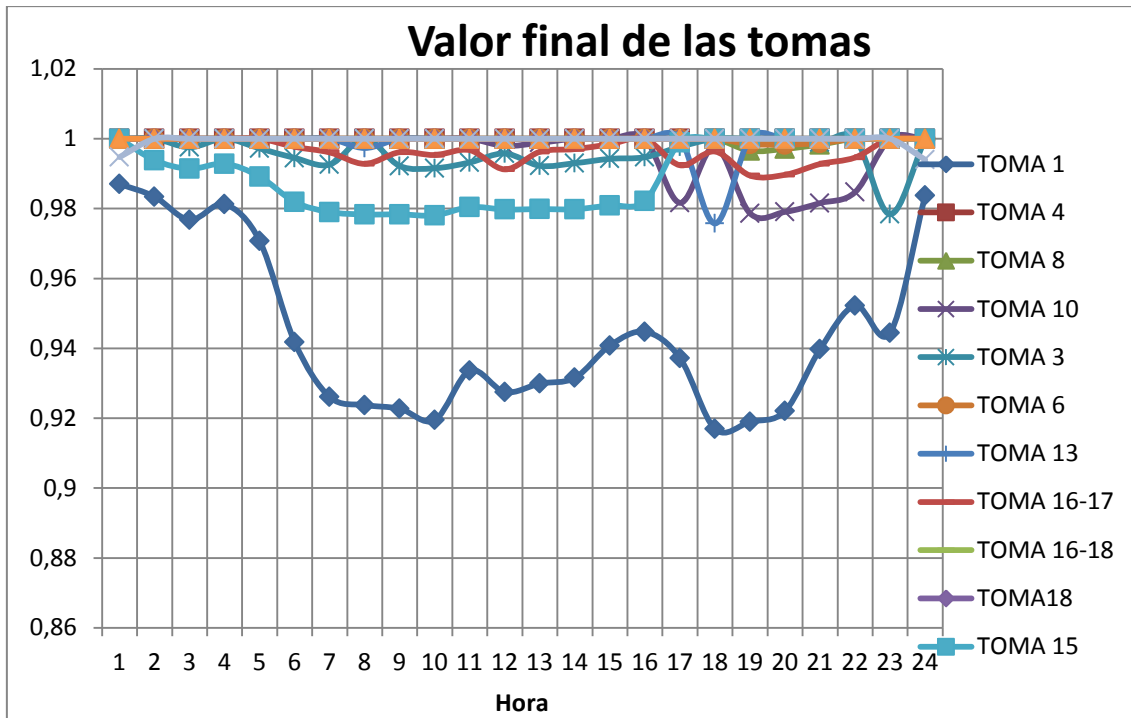


Figura 5.1.2.3-3. Valor final de las tomas de los trafos. GD en continuo. Caso 6.

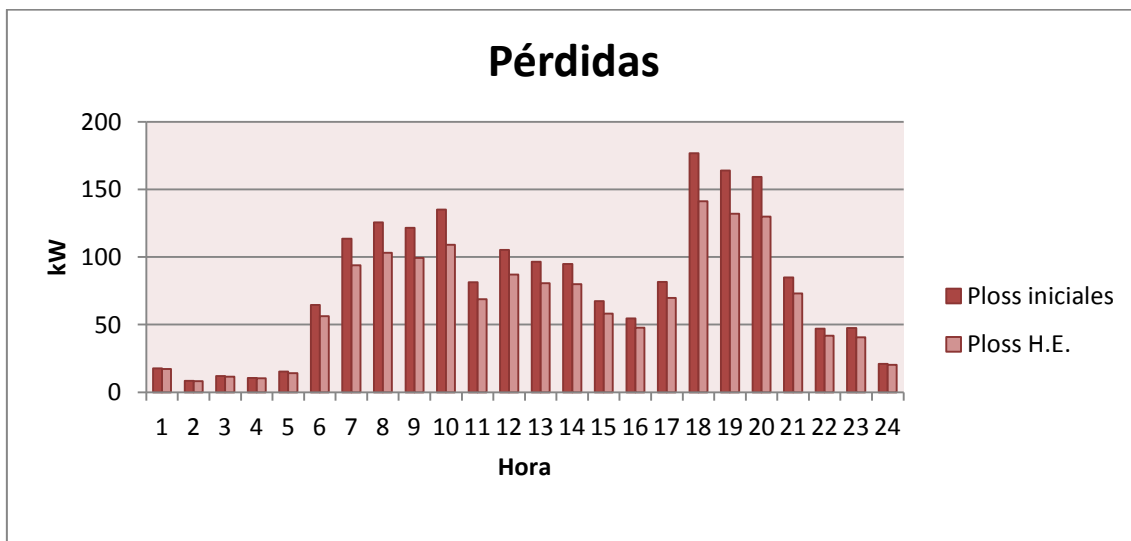


Figura 5.1.2.6-4. Pérdidas iniciales y finales. GD en continuo. Caso 6.

A medida que empeoramos el estado de la red inicial en cuanto a tensiones en nudos, la toma del trafa de cabecera se va bajando más. Se acentúa el control local de tensiones, pero si contamos de inicio con todos los nudos de la red fuera de límites, no se consigue corregir 100 % ya que no es posible mover cada control lo suficiente.



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

### 5.1.3 Sintonización. Sin Generación Distribuida.

Ahora se sintonizan las tomas de los trafos de media a baja tensión, calculando el valor medio que toma las 24 horas en los casos estudiados en los apartados anteriores y fijándolas con este valor para estudiar si disminuirían el número de actuaciones.

La única toma variable en los siguientes casos a estudiar será la del trafo de cabecera.

En la siguiente gráfica se muestran los valores de las tomas a sintonizar:

Tabla 5.1.3. Valor sintonizado de la tomas en continuo.

T	NO GD						GD					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
TOMA 4,7	1	1	1	1	1	0,99991	1	1	1	1	1	1
TOMA 8-9	1	1	1	1	0,99995	0,99976	1	1	1	1	1	0,99967
TOMA 10-11	0,9997	0,99994	0,99961	0,99889	0,99859	0,9975	1	1	0,99957	0,99826	0,99694	0,99585
TOMA 3-5	1	1	0,99971	0,9989	0,99881	0,9975	1	1	1	0,99885	0,99768	0,996
TOMA 6-12	0,9999	1	1	0,99994	0,99987	0,99931	1	1	1	1	1	0,99982
TOMA 13-14	0,9988	0,99949	0,99911	0,9986	0,99812	0,99645	1	0,99984	0,99946	0,99922	0,99913	0,99888
TOMA 16-17	0,9996	0,9998	0,99846	0,99575	0,99434	0,99159	1	1	0,99983	0,999	0,99837	0,99638
TOMA 18-19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 18-19	1	1	1	1	1	0,99991	1	1	1	1	1	1
TOMA 15-20	1	0,9995	0,9967	0,99316	0,99024	0,98717	1	1	0,99922	0,99525	0,99244	0,98937
TOMA 21-23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22-24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99953

#### 5.1.3.1 Caso 1

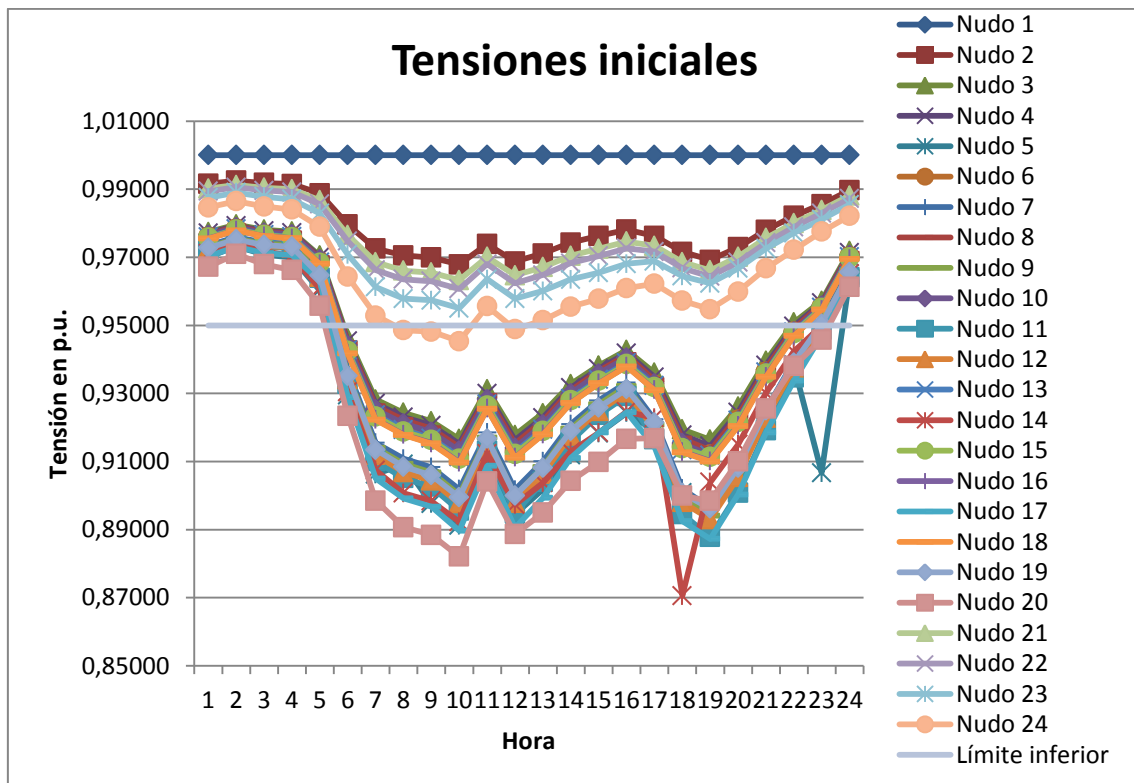
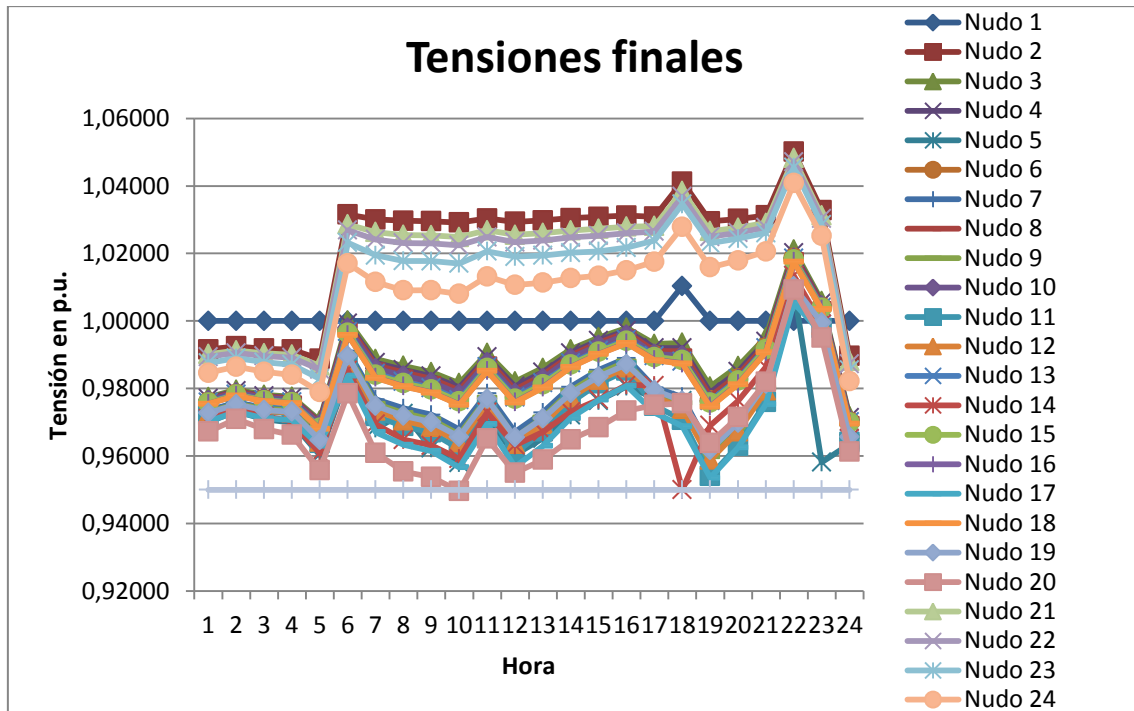
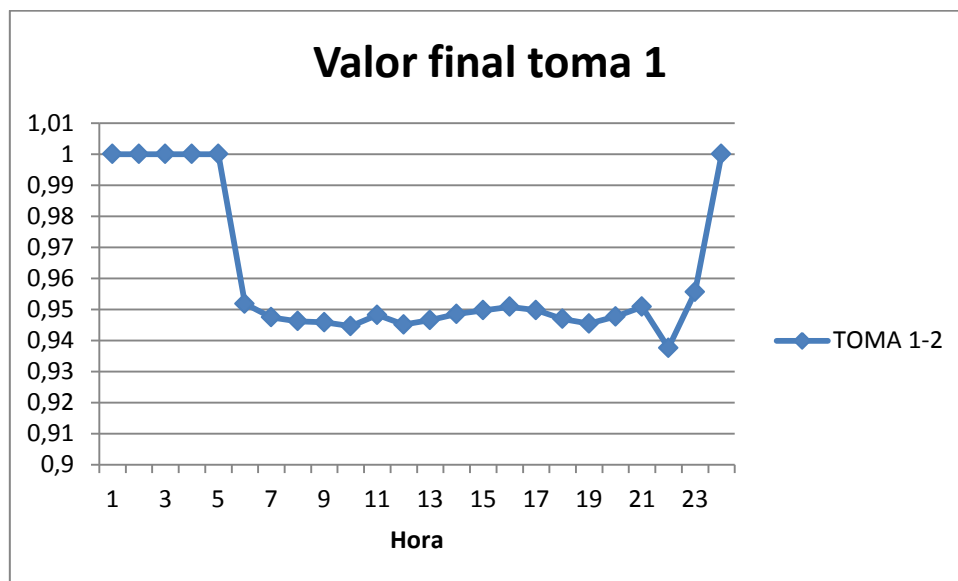


Figura 5.1.3.1-1. Tensiones iniciales. Sintonización sin GD discreto. Caso 1.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión



*Figura 5.1.3.1-2. Tensiones finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 1.*



*Figura 5.1.3.1-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 1.*

La toma del trafo de cabecera baja para subir las tensiones de los nudos. Con ello conseguimos que todas las tensiones se encuentren dentro de límites y además en la hora 18, después de bajar la toma del trafo se sube  $V_1$  a 1,01034.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

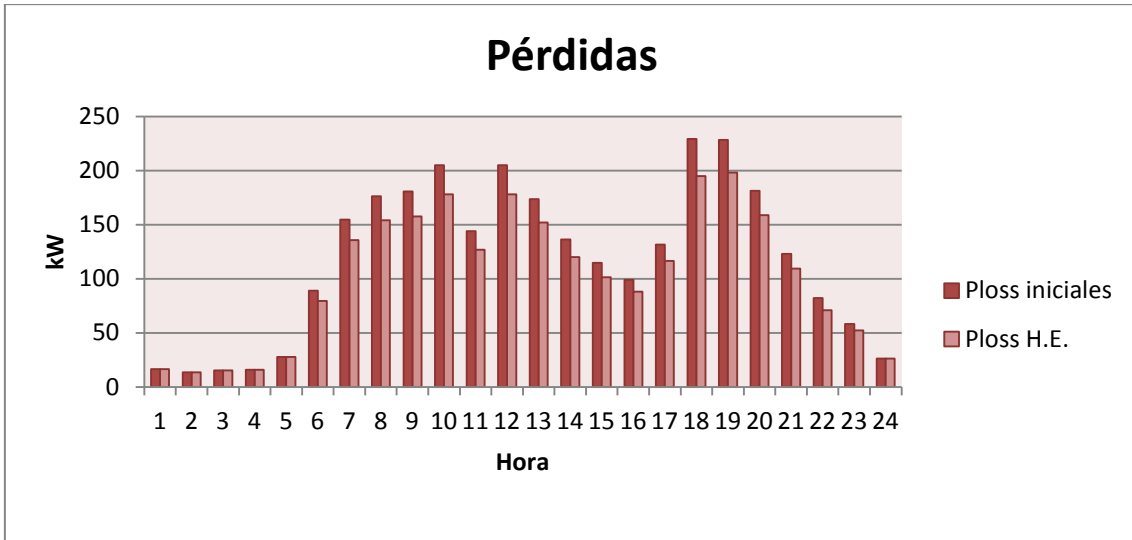


Figura 5.1.3.1-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 1.

### 5.1.3.2 Caso 2

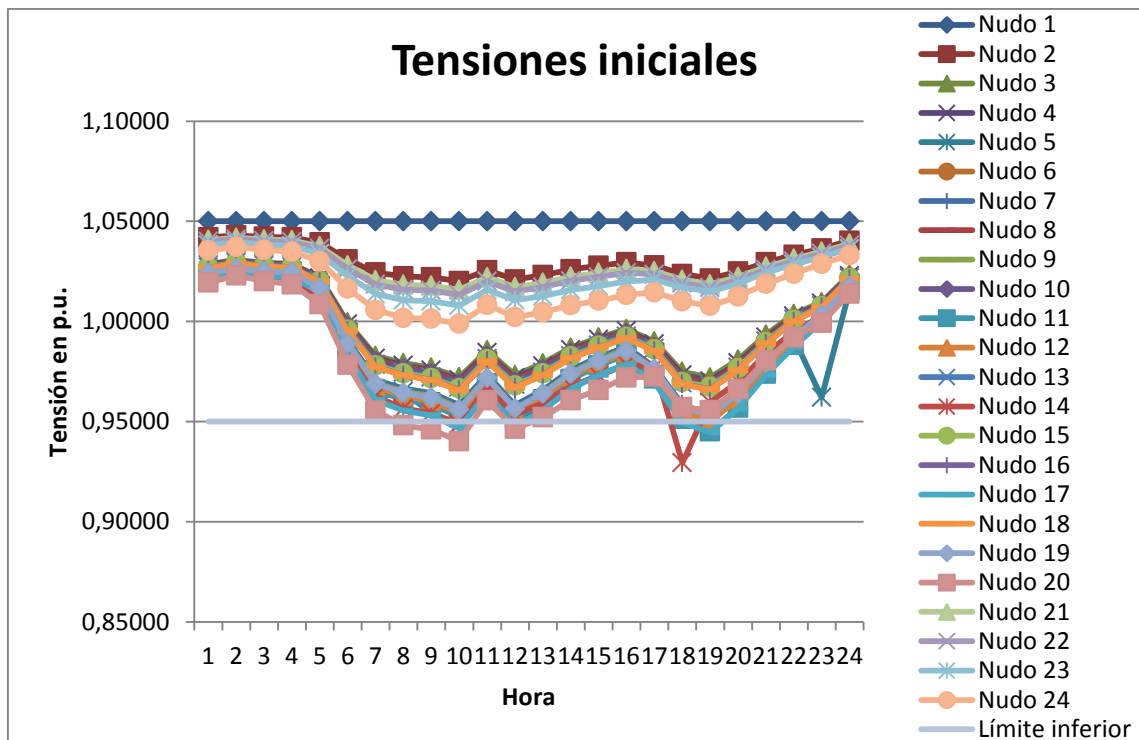


Figura 5.1.3.2-1. Tensiones iniciales. Sintonización sin GD discreto. Caso 2.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

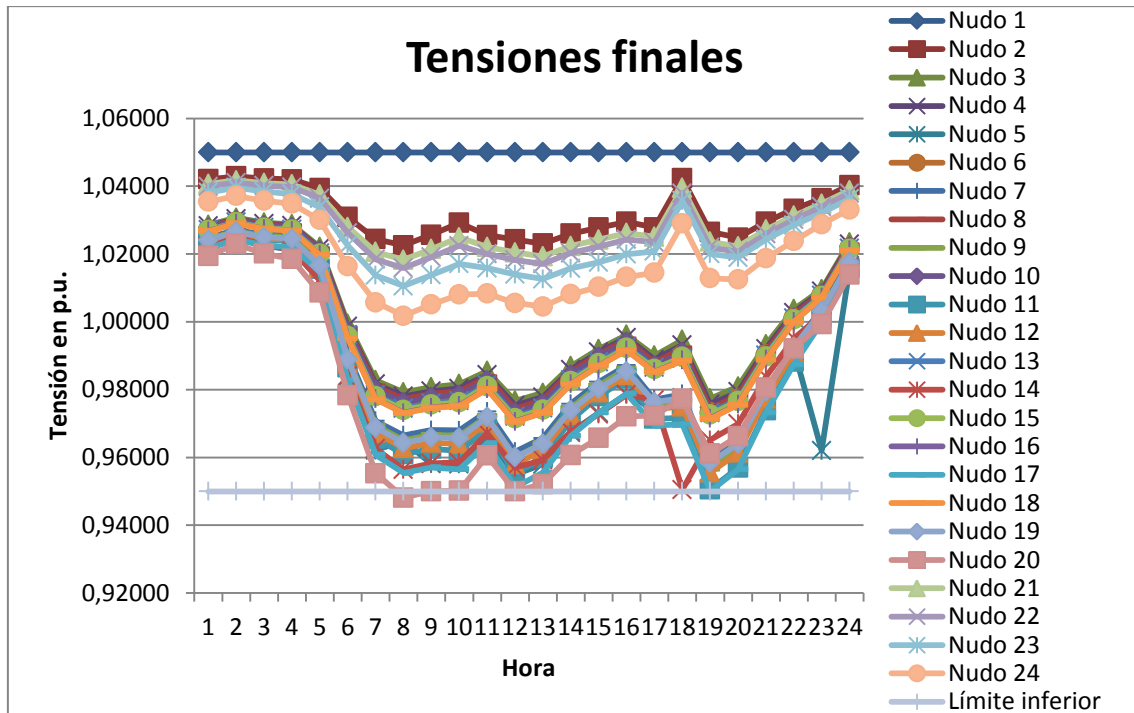


Figura 5.1.3.2-2. Tensiones finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 2.



Figura 5.1.3.2-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 2.

En la gráficas de arriba, podemos apreciar la actuación sobre las horas en las cuales las tensiones están más bajas. En estas horas es cuando mayor valor se baja la toma del trafo de cabecera.

Al ser el nudo más aguas abajo, y no contar con control local, en la hora 8, el nudo 20 no se consigue corregir.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

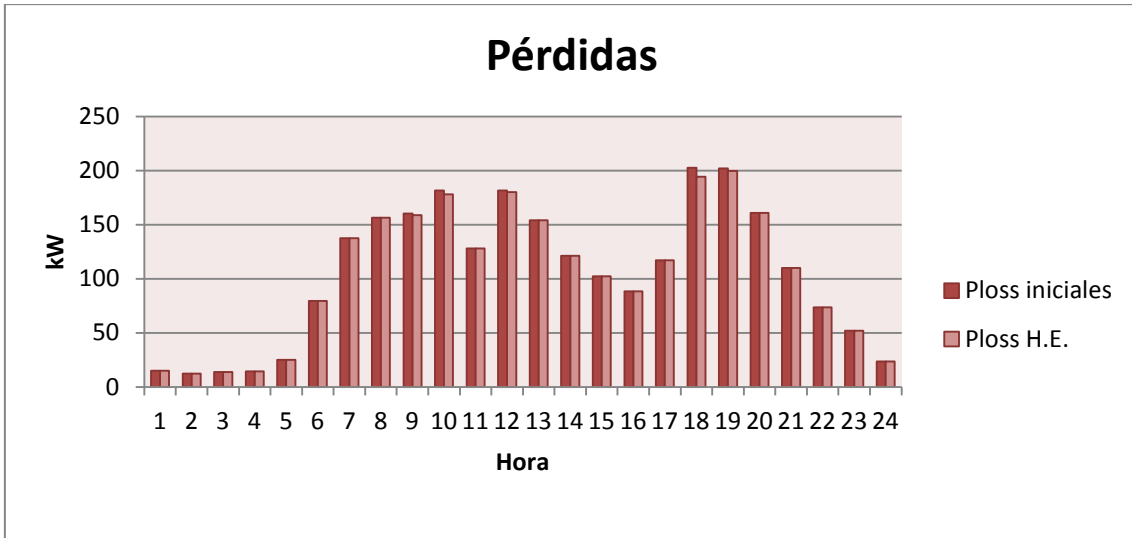


Figura 5.1.3.2-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 2.

### 5.1.3.3 Caso 3

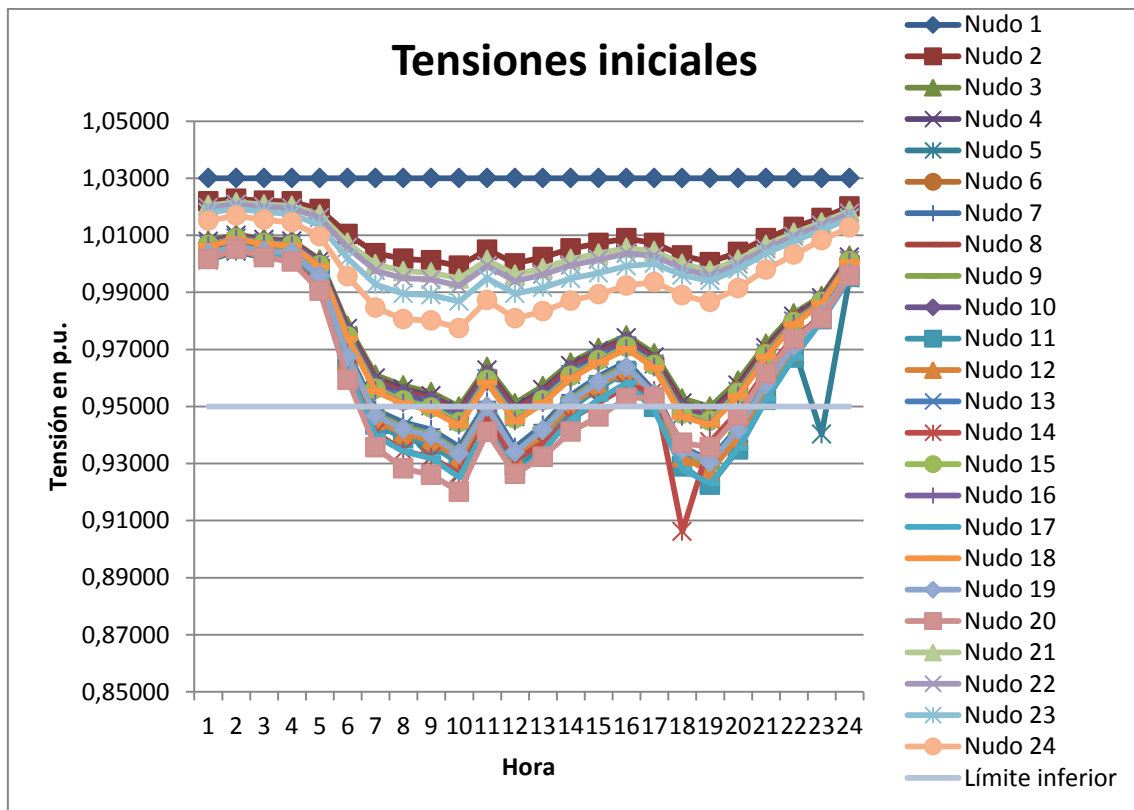
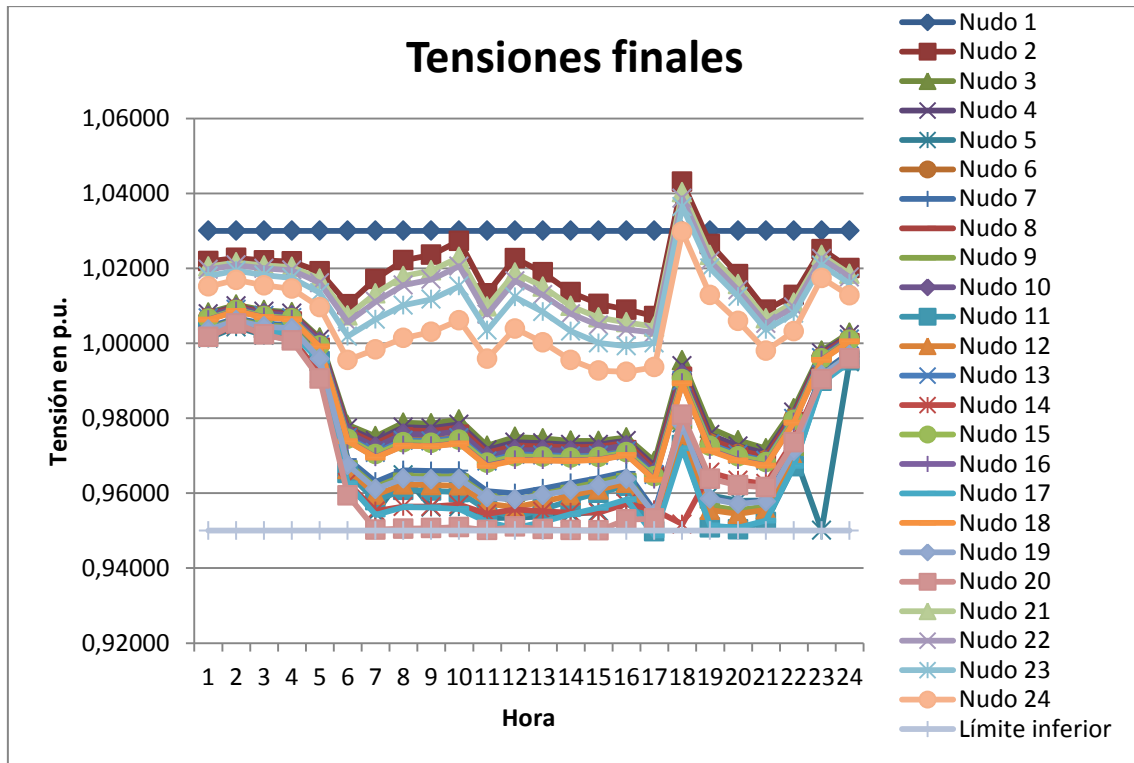


Figura 5.1.3.3-1. Tensiones iniciales. Sintonización sin GD discreto. Caso 3.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión



*Figura 5.1.3.3-2. Tensiones finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 3.*



*Figura 5.1.3.3-3. Valor final de la toma del trajo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 3.*

Dos nudos quedan bajo el límite inferior y no se corrigen, a pesar de subirlos. El nudo 11 y el 20 son los nudos más aguas abajo, necesitarían de un control local.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

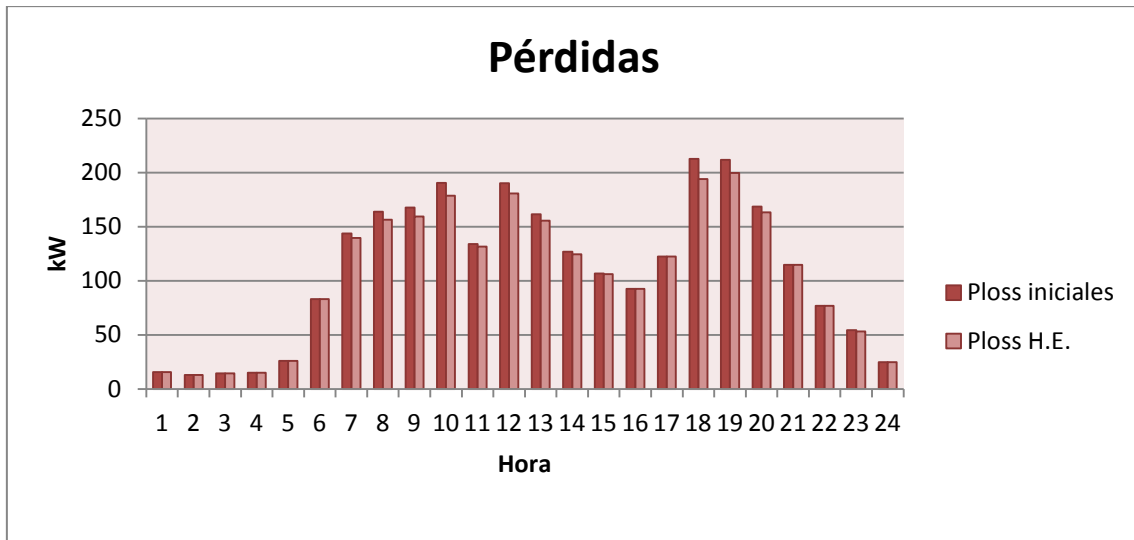


Figura 5.1.3.3-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 3.

### 5.1.3.4 Caso 4

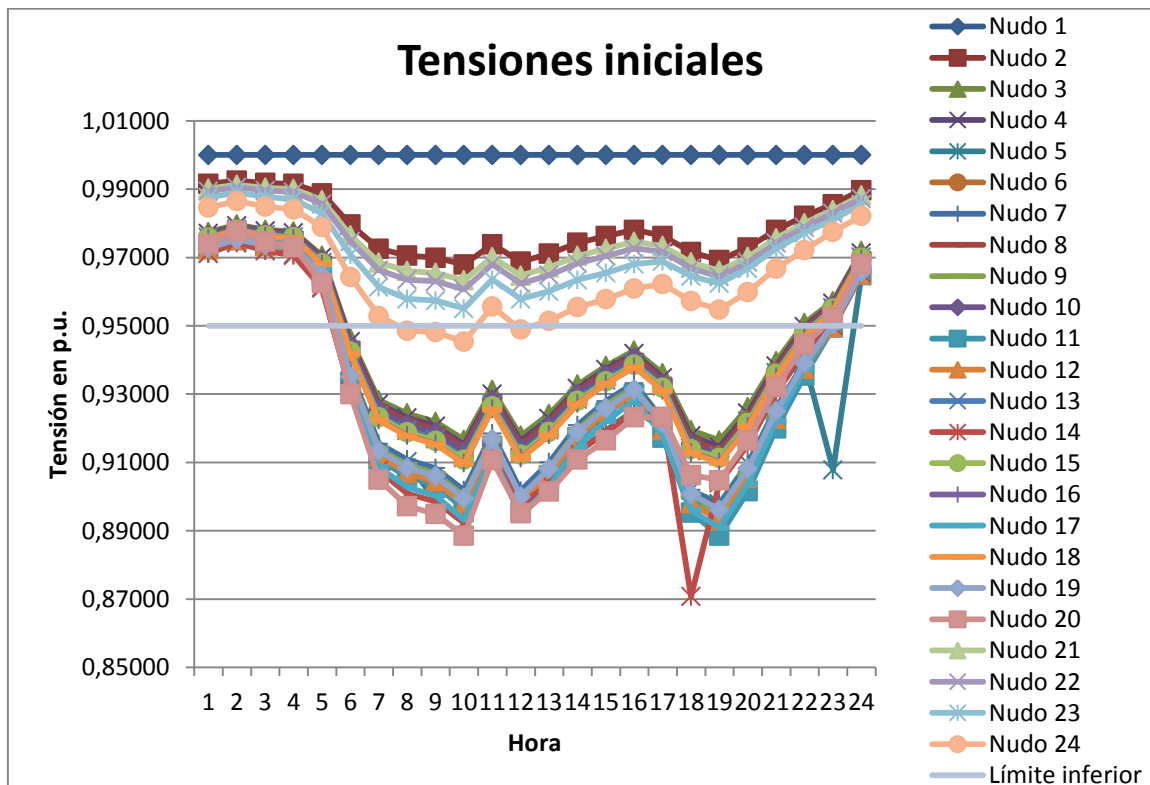


Figura 5.1.4.-1. Tensiones iniciales. Sintonización sin GD discreto. Caso 4.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

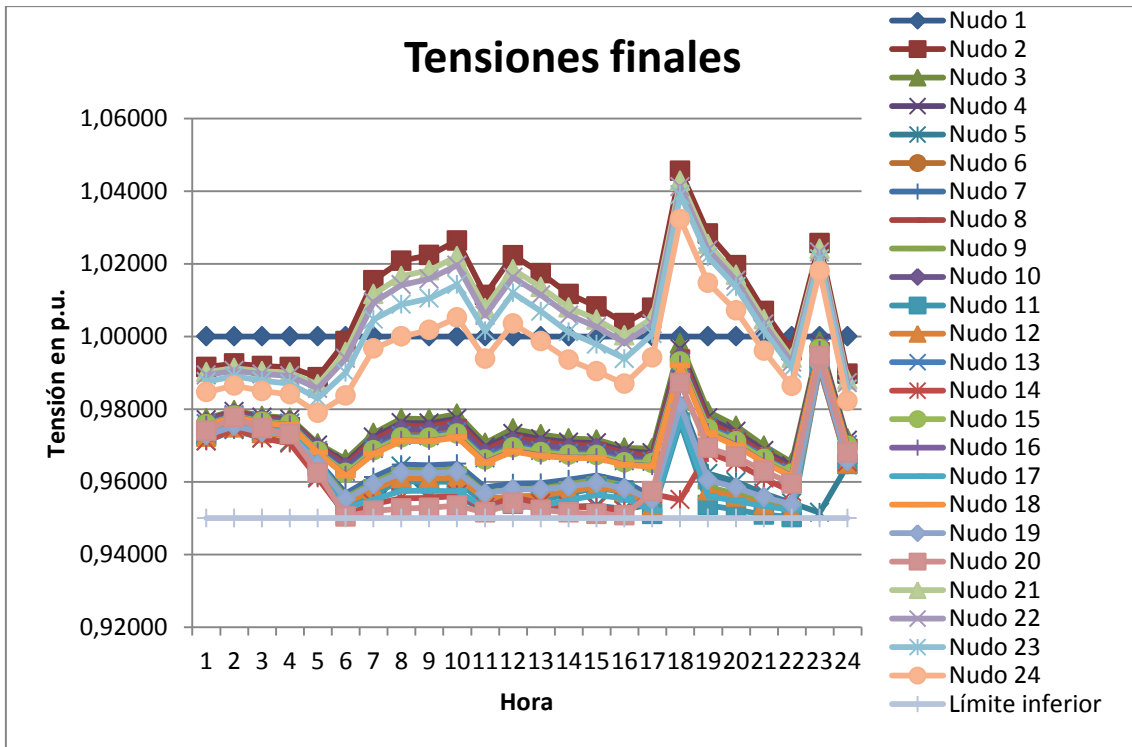


Figura 5.1.4.-2. Tensiones finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 4.



Figura 5.1.3.4-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 4.



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

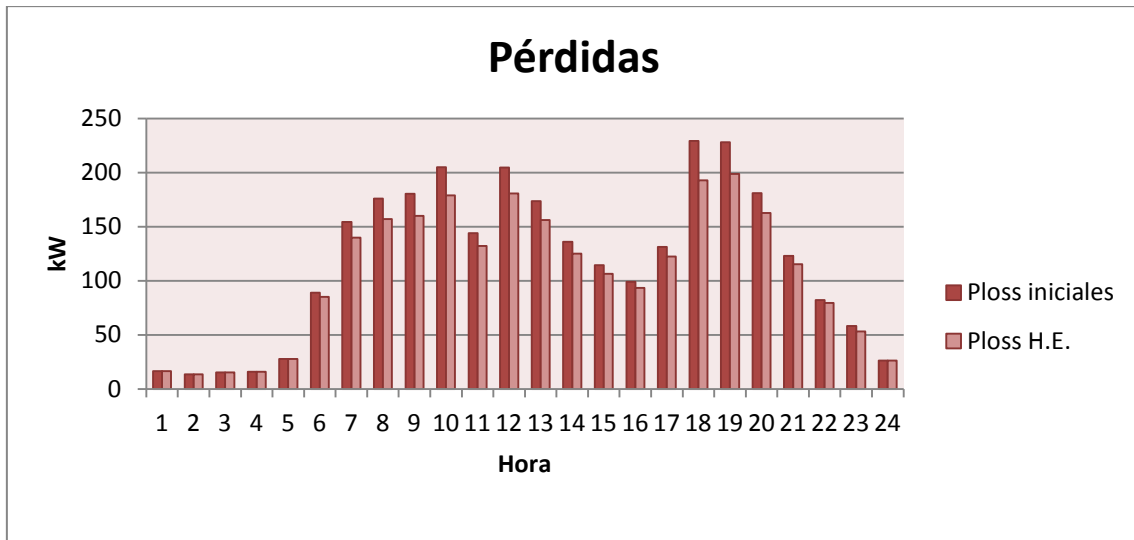


Figura 5.1.4.-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 4.

Se corrigen todas las tensiones.

### 5.1.3.5 Caso 5

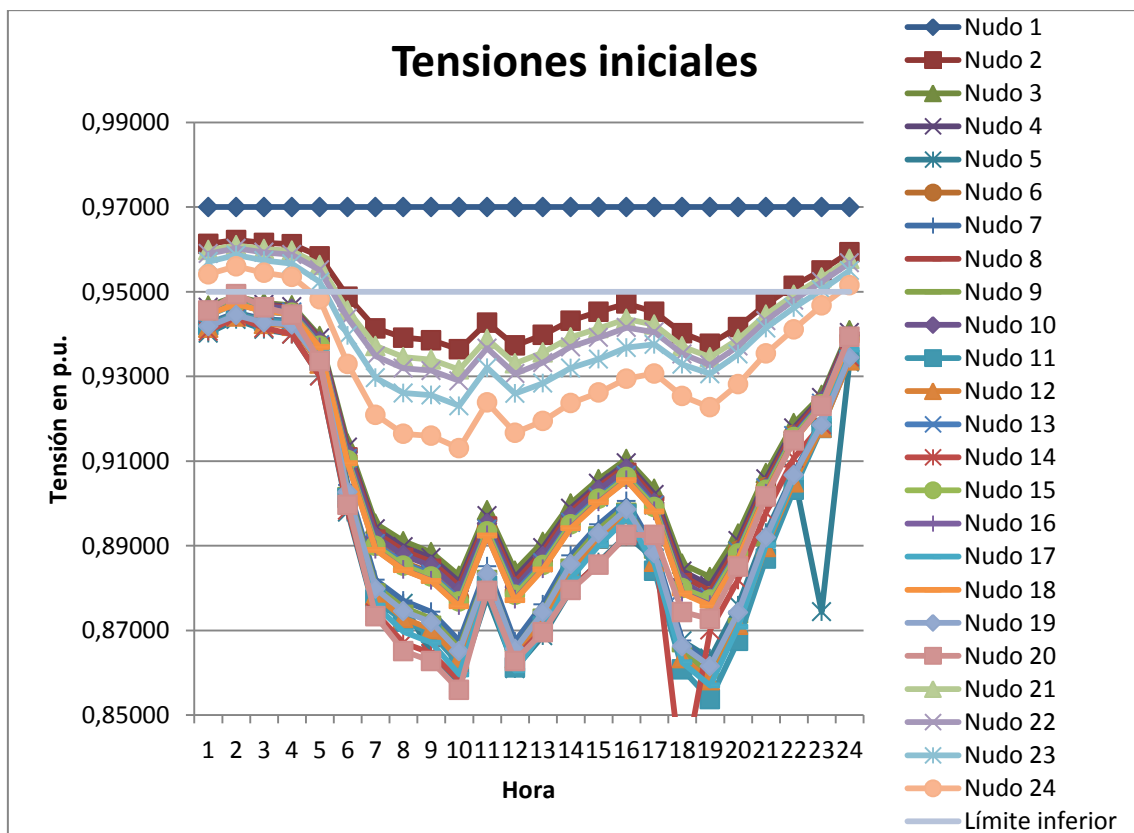


Figura 5.1.5.-1. Tensiones iniciales. Sintonización sin GD discreto. Caso 5.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

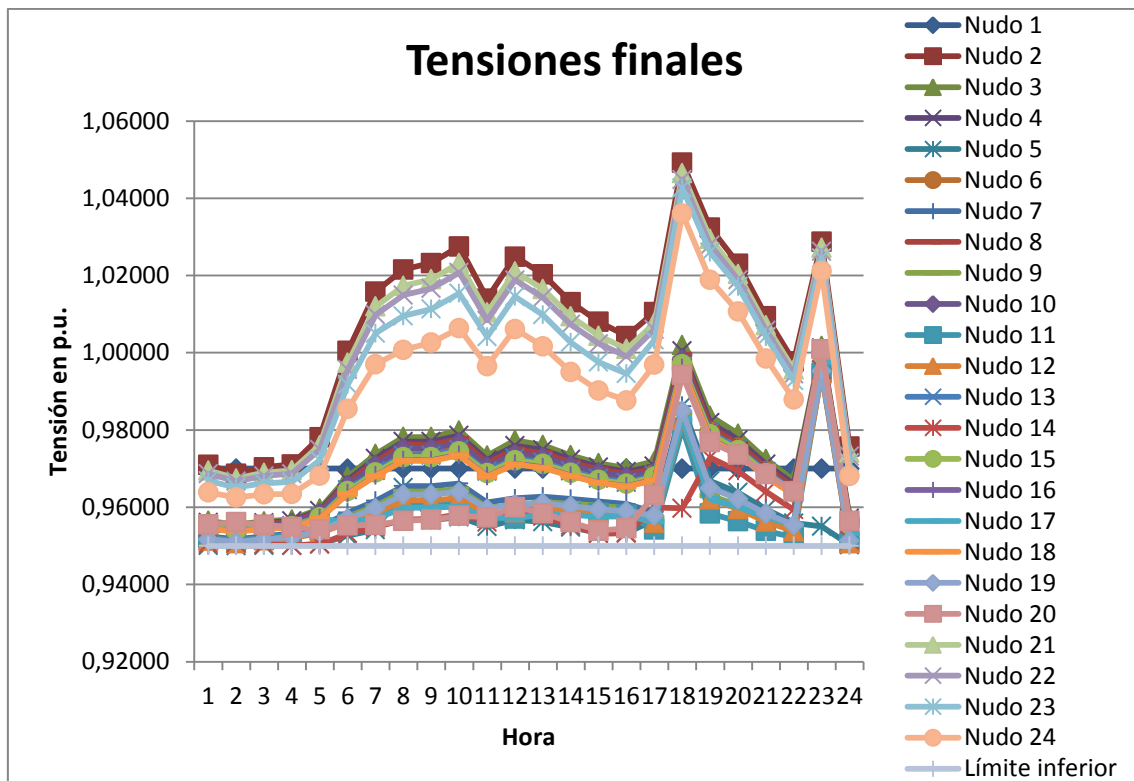


Figura 5.1.5.-2. Tensiones finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 5.



Figura 5.1.3.5-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 5.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

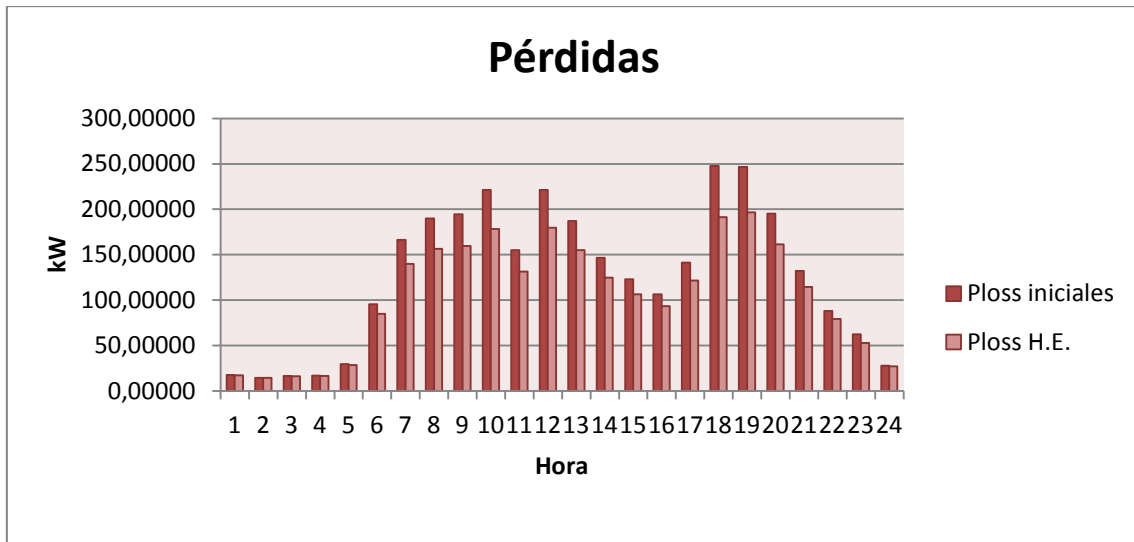


Figura 5.1.5.-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 5.

### 5.1.3.6 Caso 6

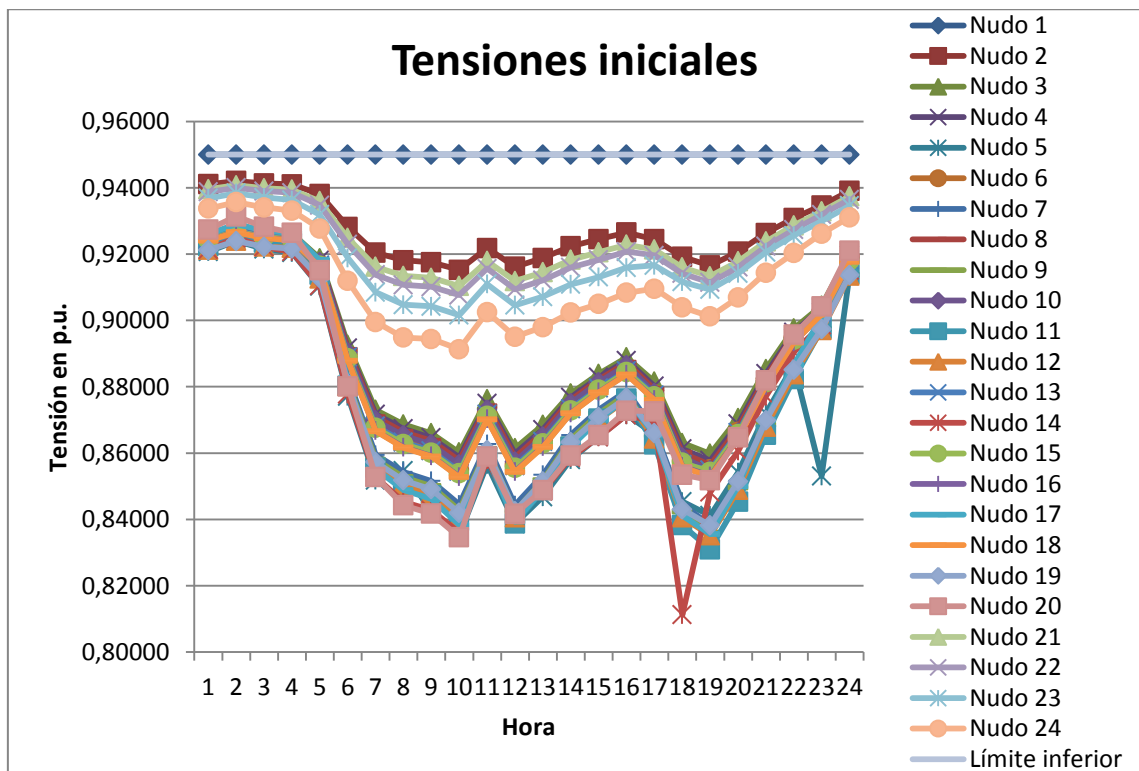


Figura 5.1.6.-1. Tensiones iniciales. Sintonización sin GD discreto. Caso 6.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

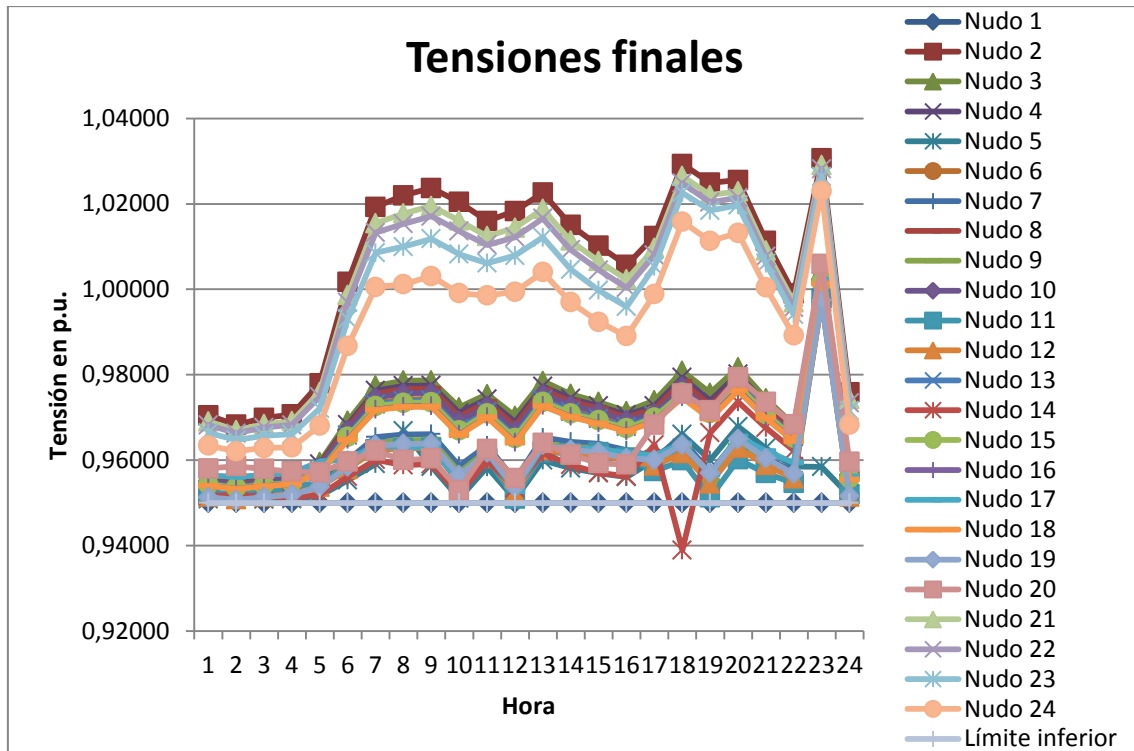
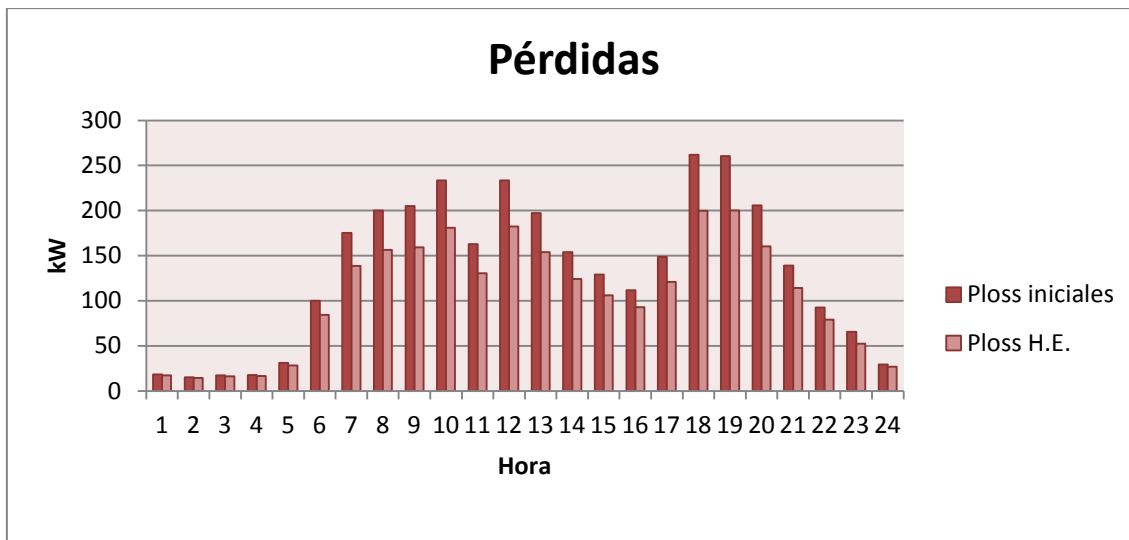


Figura 5.1.6.-2. Tensiones finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 6.



Figura 5.1.3.6-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 6.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión



*Figura 5.1.6.-3. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 6.*

En estos tres últimos casos, a pesar de haber ido bajando la tensión, las tensiones se han corregido todas (a excepción de un nudo en el caso 6).

En el caso continuo, estos casos fueron donde más actuaciones se realizaron, lo que conlleva que al fijar una toma en esta situación, obtenga un valor más óptimo que en aquellos casos en los que no se ha variado porque no ha sido necesario.

### 5.1.4 Sintonización. Con Generación Distribuida.

Los valores a fijar son los mismos que en el caso anterior.

# Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

## 5.1.4.1 Caso 1

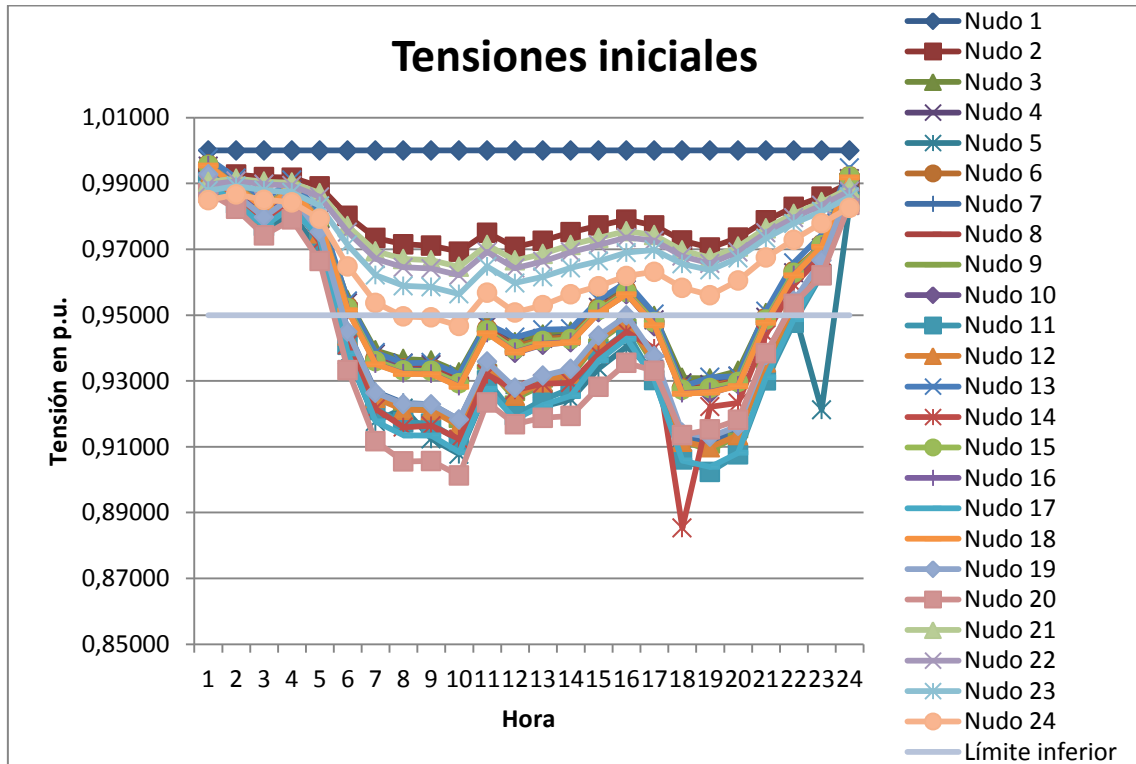


Figura 5.1.4.1-1. Tensiones iniciales. Sintonización con GD discreto. Caso 1.

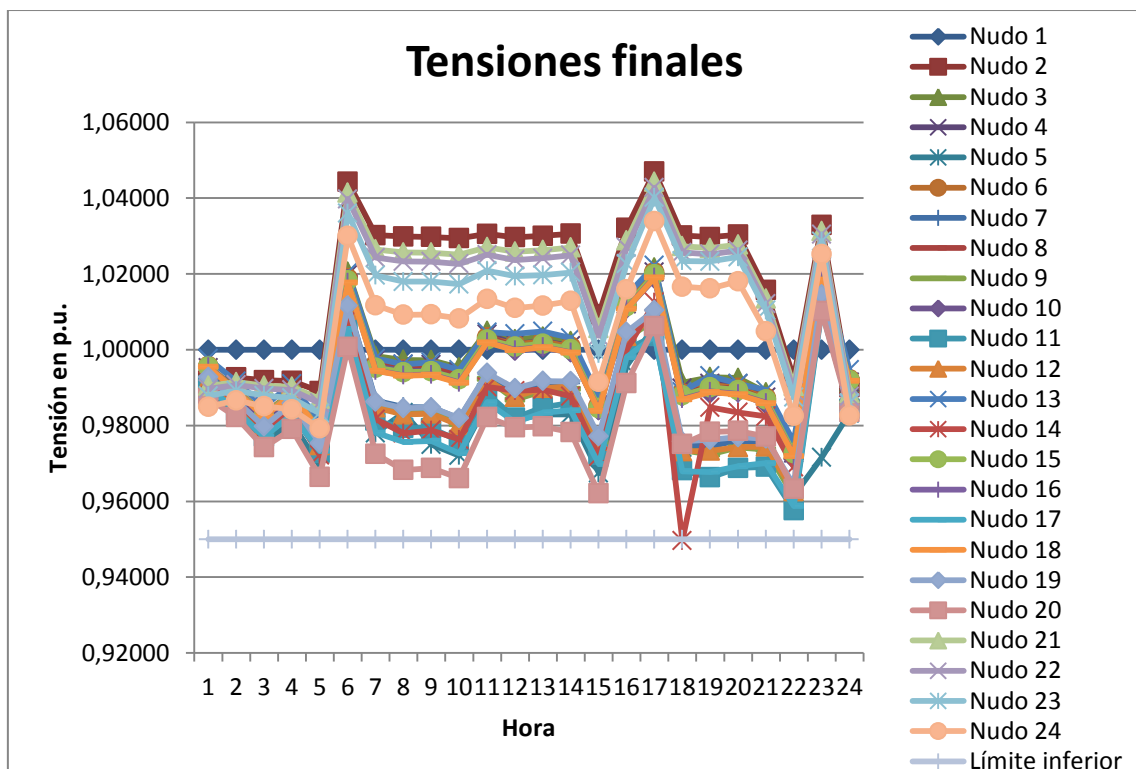


Figura 5.1.4.1-2. Tensiones finales. Sintonización con GD discreto. Caso 1.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión



Figura 5.1.4.1-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización con GD discreto. Caso 1.

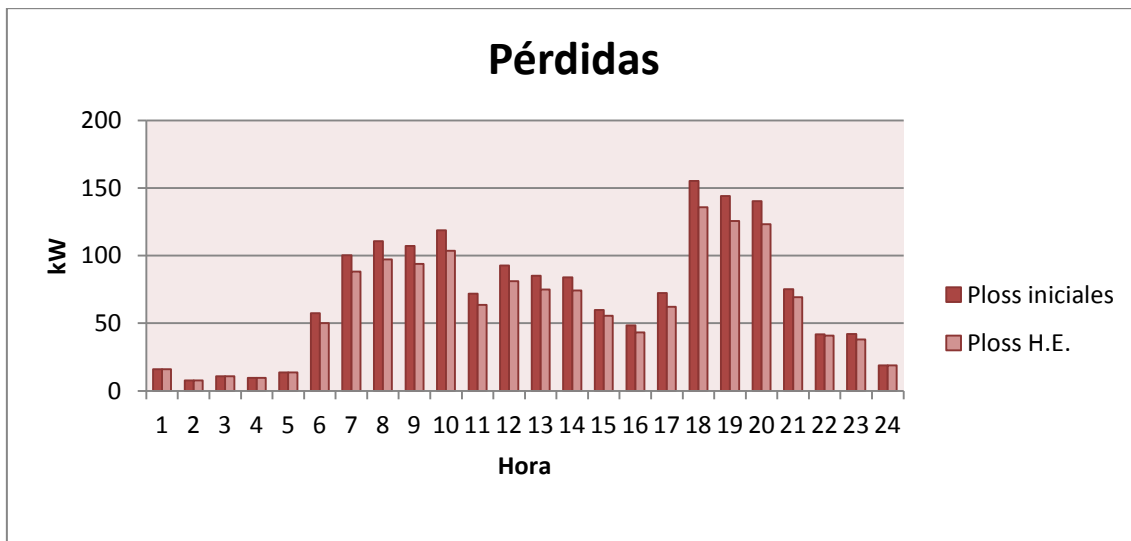


Figura 5.1.4.1-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización con GD discreto. Caso 1.

# Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

## 5.1.4.2 Caso 2

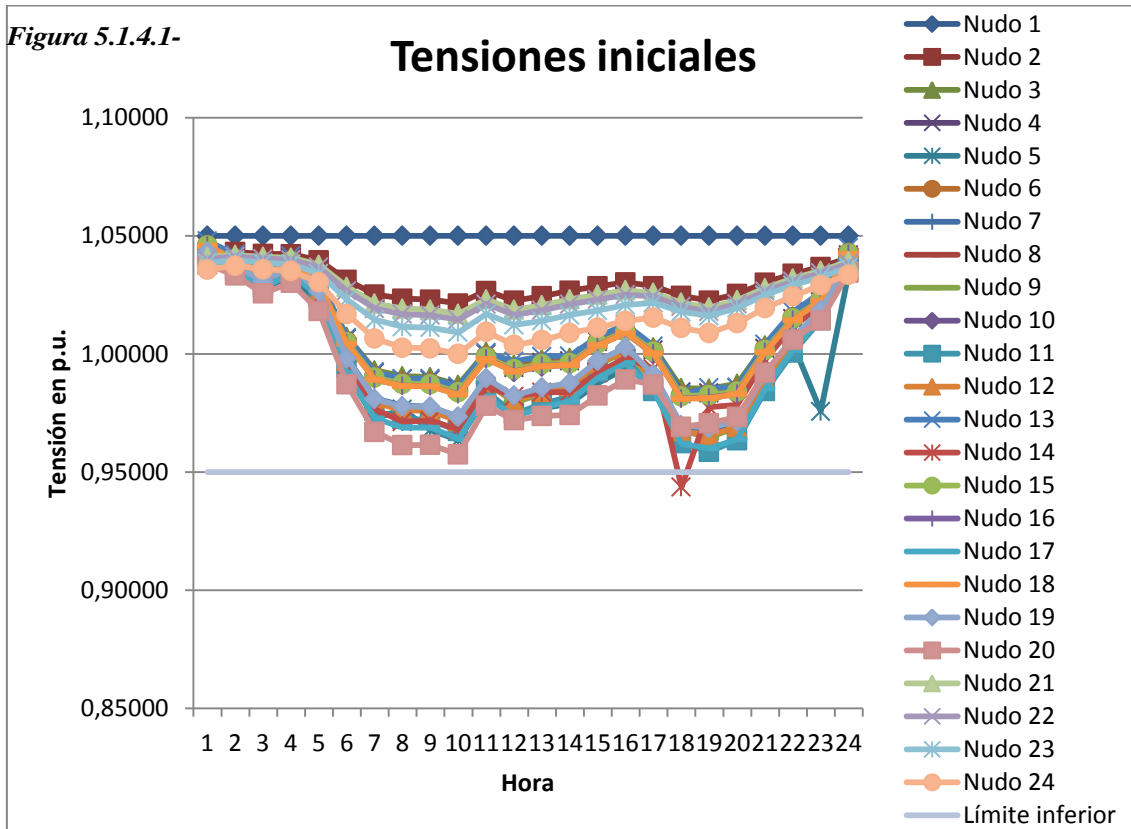
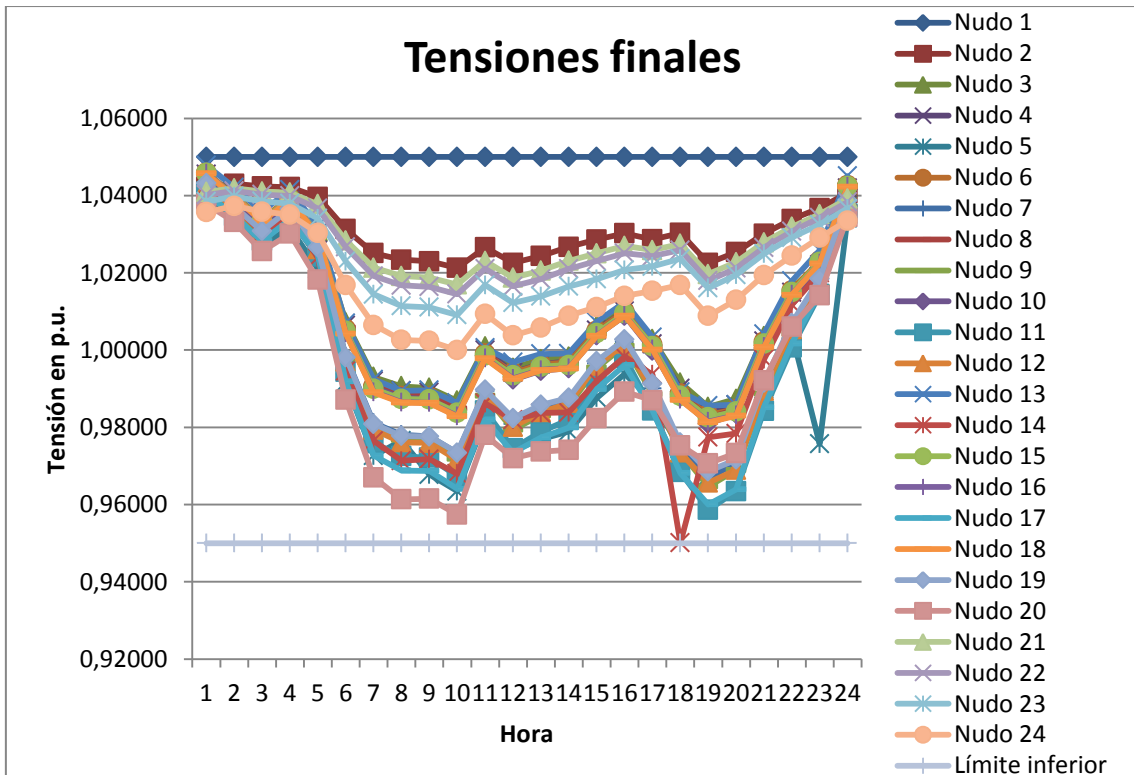


Figura 5.1.4.2-1. Tensiones iniciales. Sintonización con GD discreto. Caso 2.





## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

Figura 5.1.4.2-2. Tensiones finales. Sintonización con GD discreto. Caso 2.

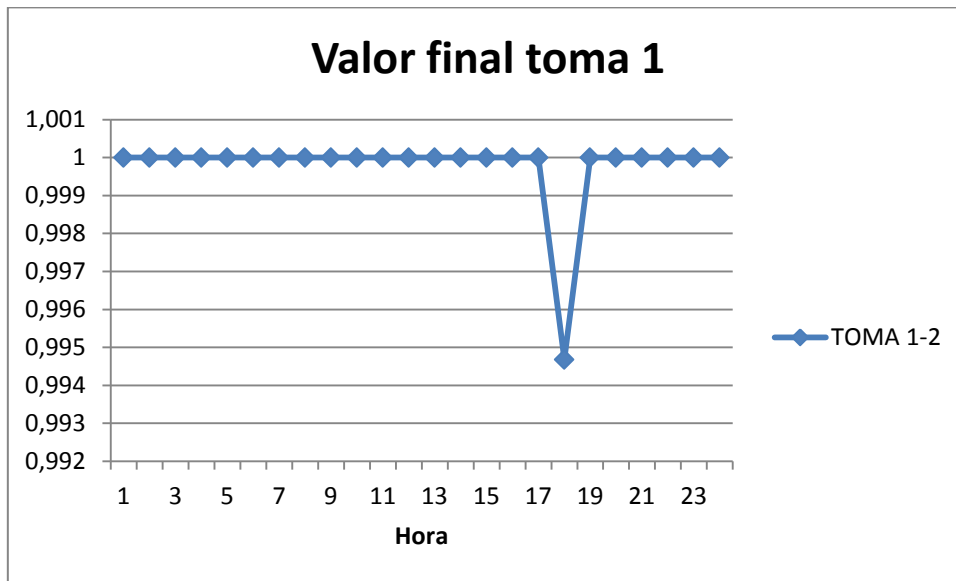


Figura 5.1.4.2-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización con GD discreto. Caso 2.

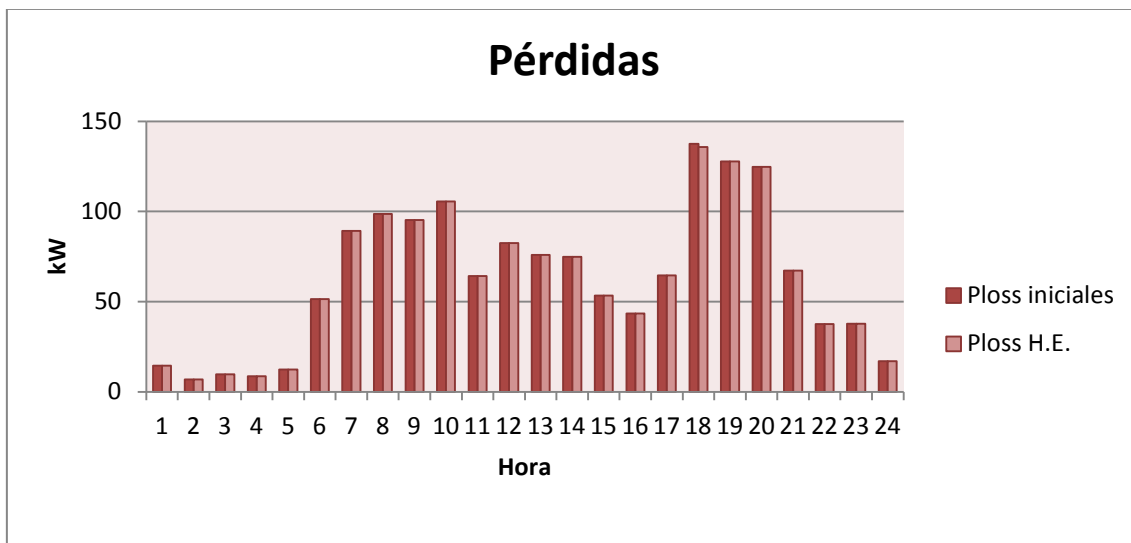


Figura 5.1.4.2-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización con GD continuo. Caso 2.

# Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

## 5.1.4.3 Caso 3

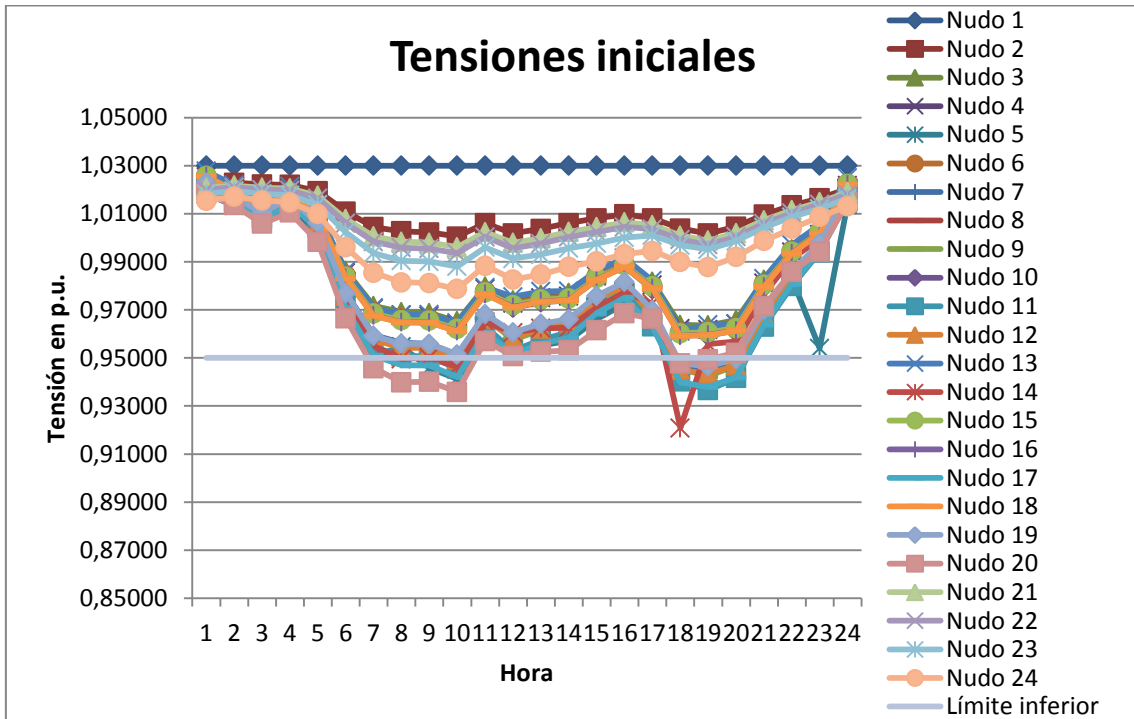


Figura 5.1.4.3-1. Tensiones iniciales. Sintonización con GD continuo. Caso 3.

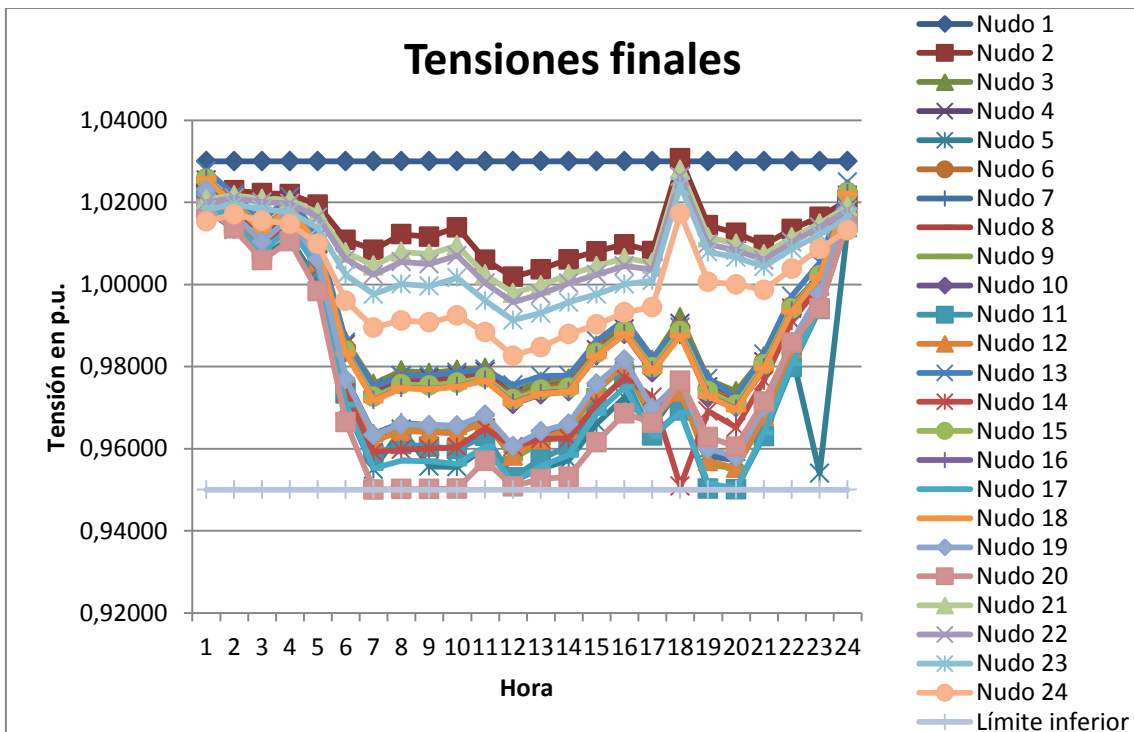


Figura 5.1.4.3-2. Tensiones finales. Sintonización con GD continuo. Caso 3.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión



Figura 5.1.4.3-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización con GD continuo. Caso 3.

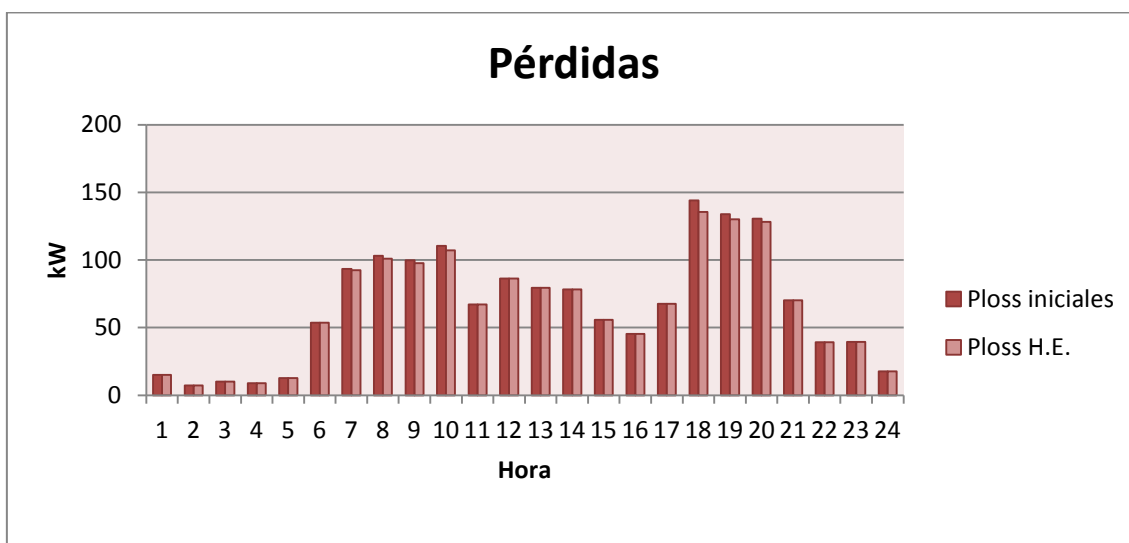


Figura 5.1.4.3-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización con GD continuo. Caso 3.

# Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

## 5.1.4.4 Caso 4

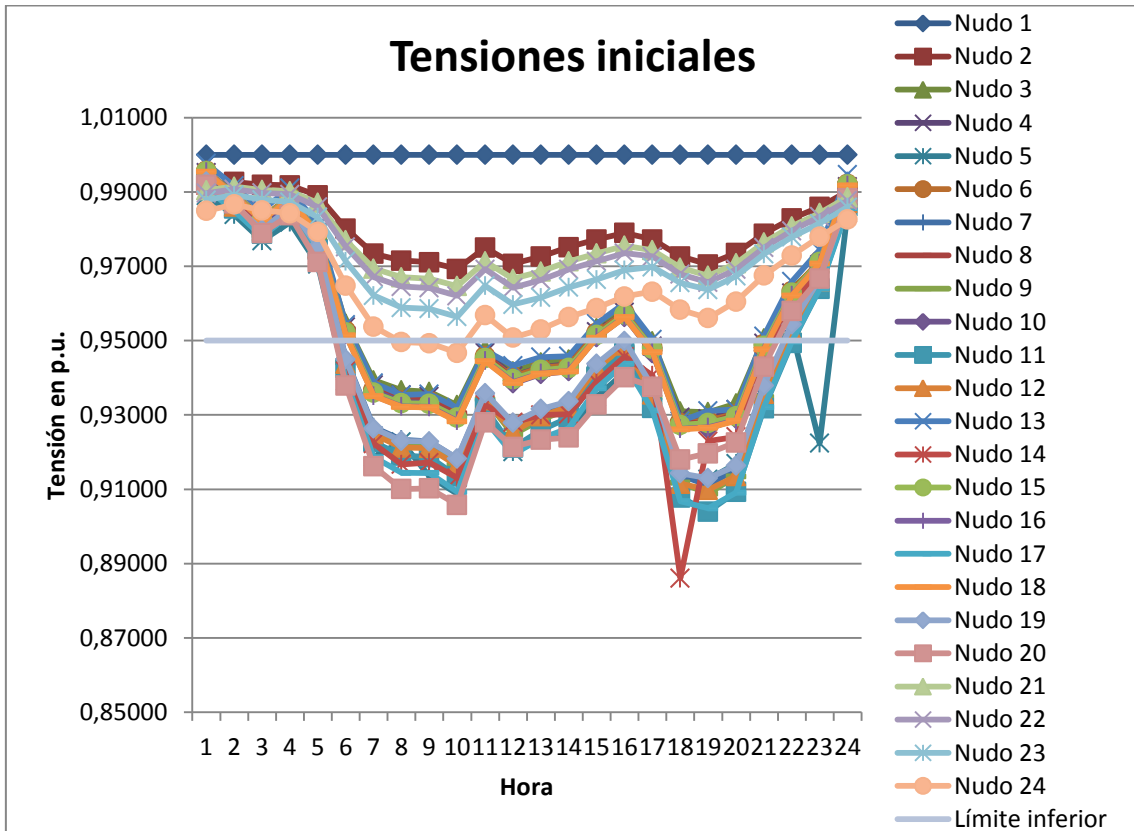
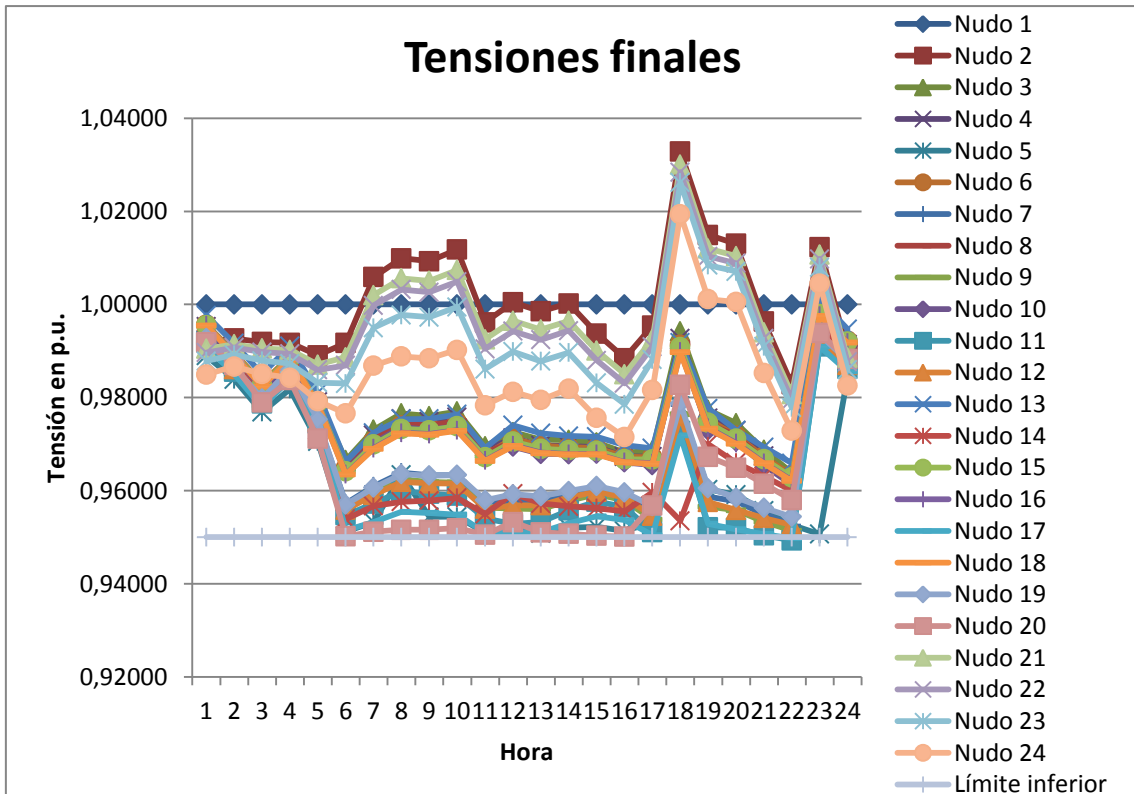


Figura 5.1.4.4-1. Tensiones iniciales. Sintonización con GD continuo. Caso 4.



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

Figura 5.1.4.4-2. Tensiones finales. Sintonización con GD continuo. Caso 4.



Figura 5.1.4.4-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización con GD continuo. Caso 4.

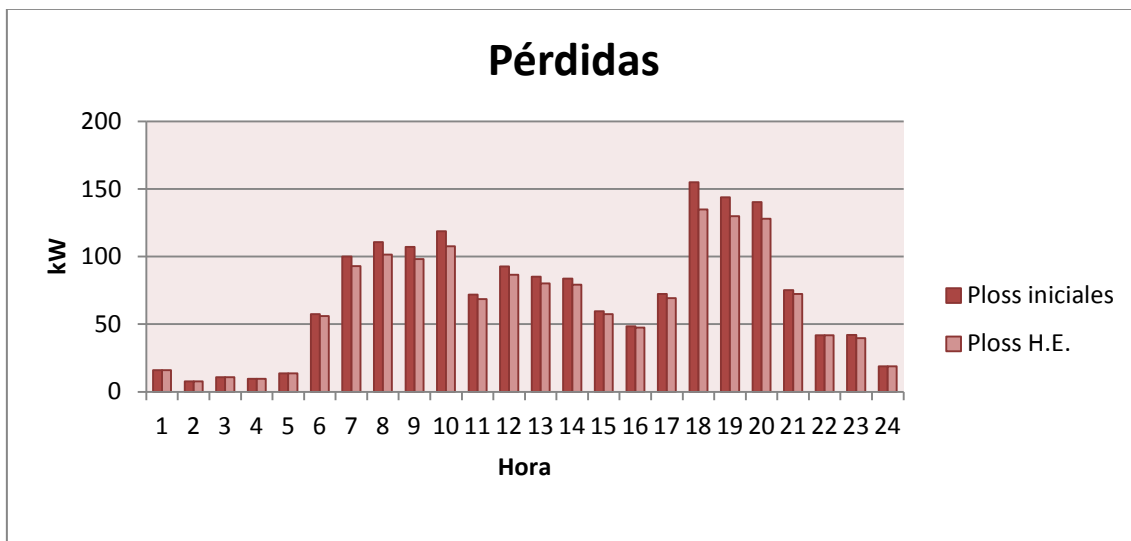


Figura 5.1.4.4-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización con GD continuo. Caso 4.

# Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

## 5.1.4.5 Caso 5

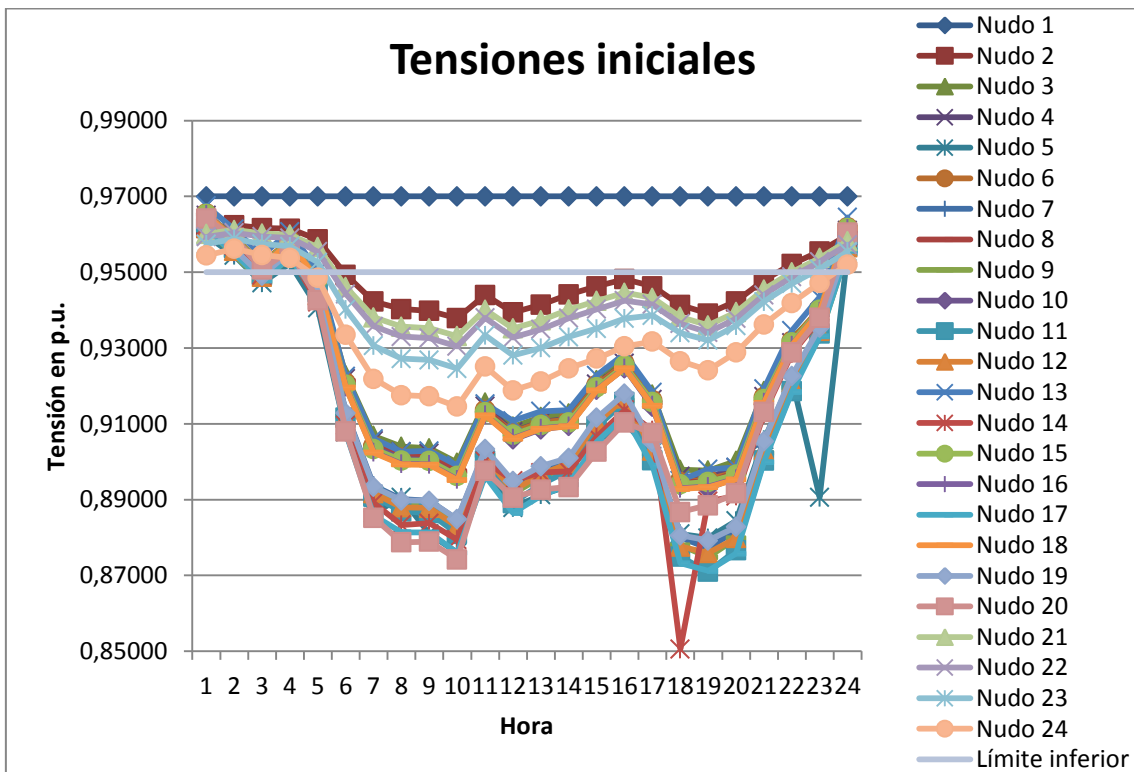


Figura 5.1.4.5-1. Tensiones iniciales. Sintonización con GD continuo. Caso 5.

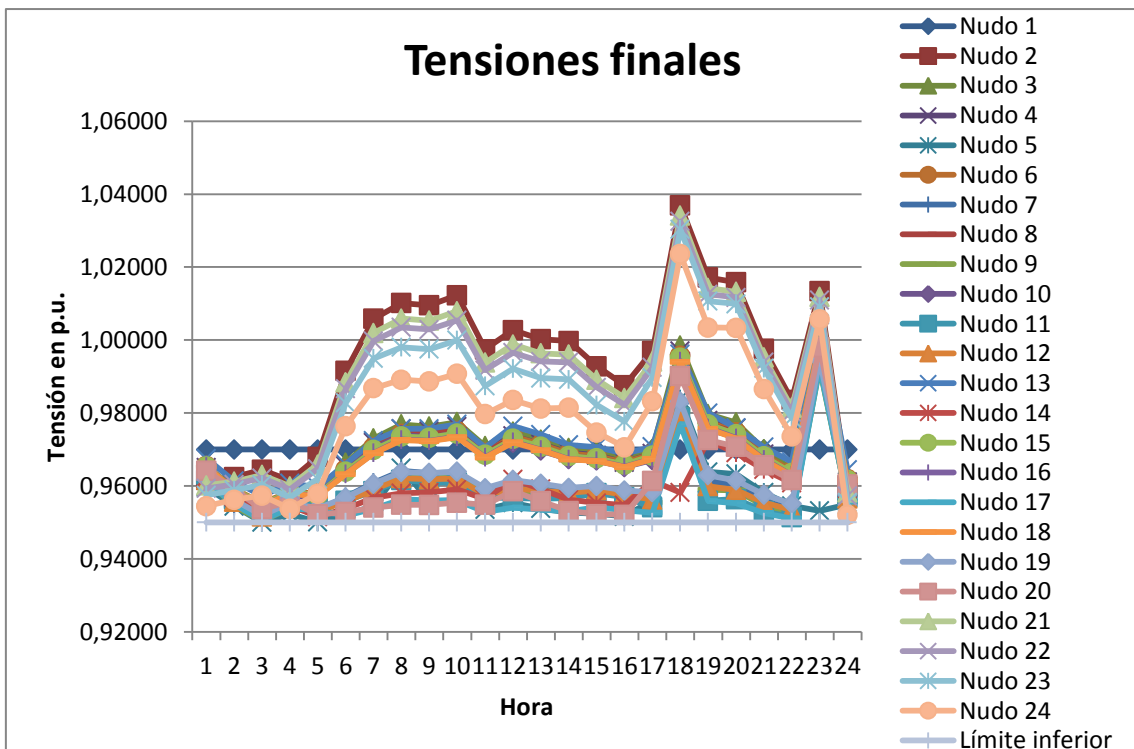


Figura 5.1.4.5-2. Tensiones finales. Sintonización con GD continuo. Caso 5.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión



Figura 5.1.4.5-3. Valor de la toma del trafo 1 final. Sintonización con GD continuo. Caso 5.

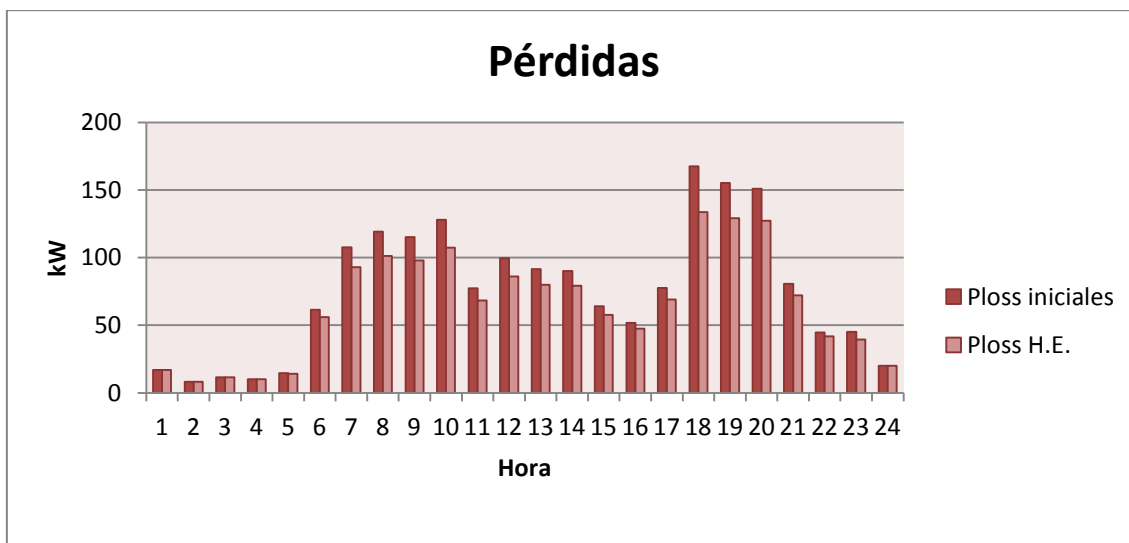


Figura 5.1.4.5-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización con GD continuo. Caso 5.

# Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

## 5.1.4.6 Caso 6

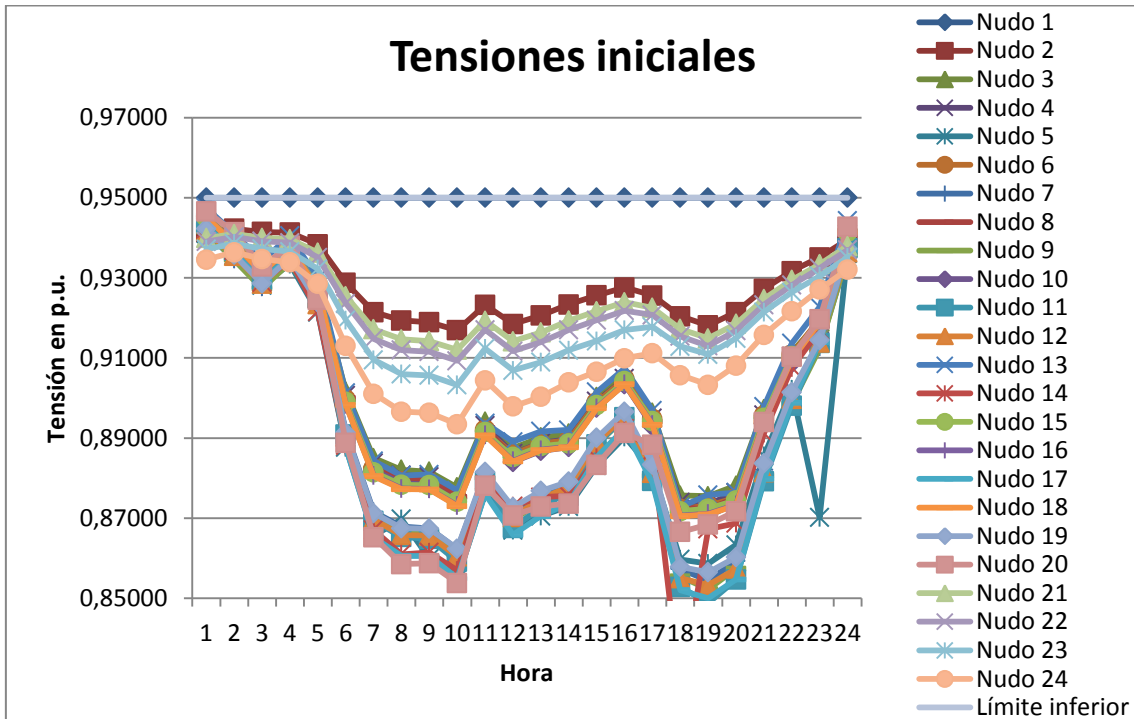


Figura 5.1.4.6-1. Tensiones iniciales. Sintonización con GD continuo. Caso 6.

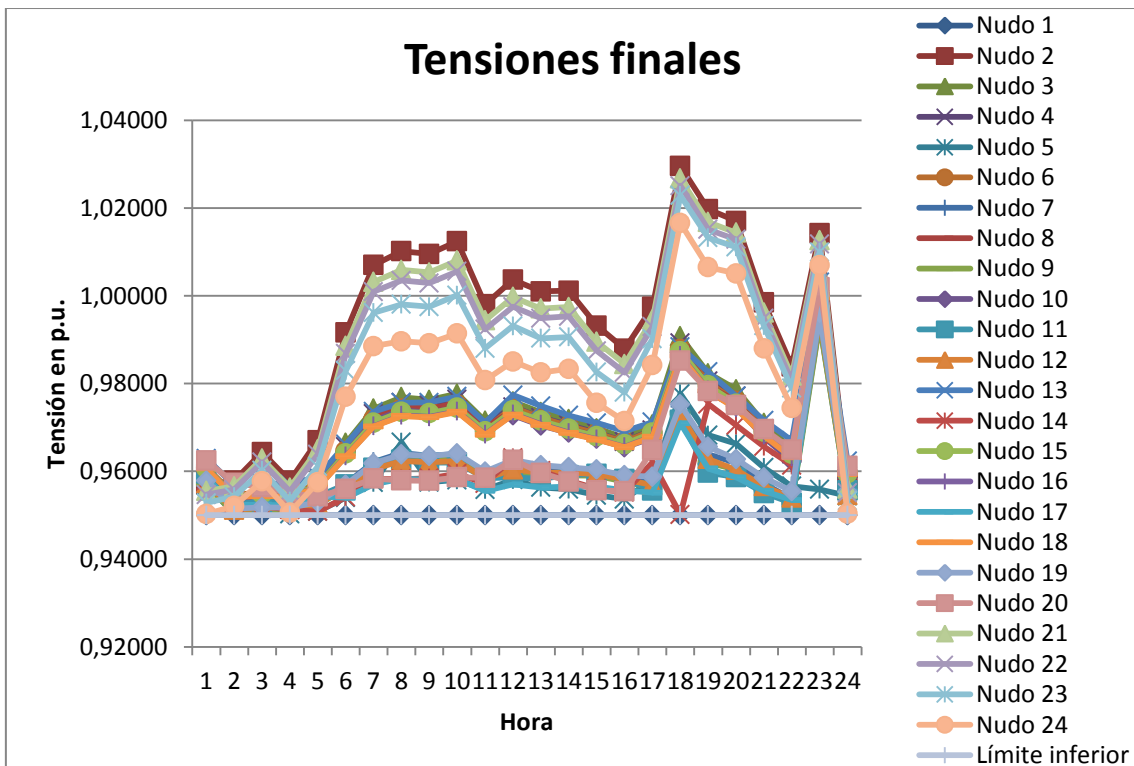


Figura 5.1.4.6-2. Tensiones finales. Sintonización con GD continuo. Caso 6.



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión



Figura 5.1.4.6-3. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización con GD continuo. Caso 6.

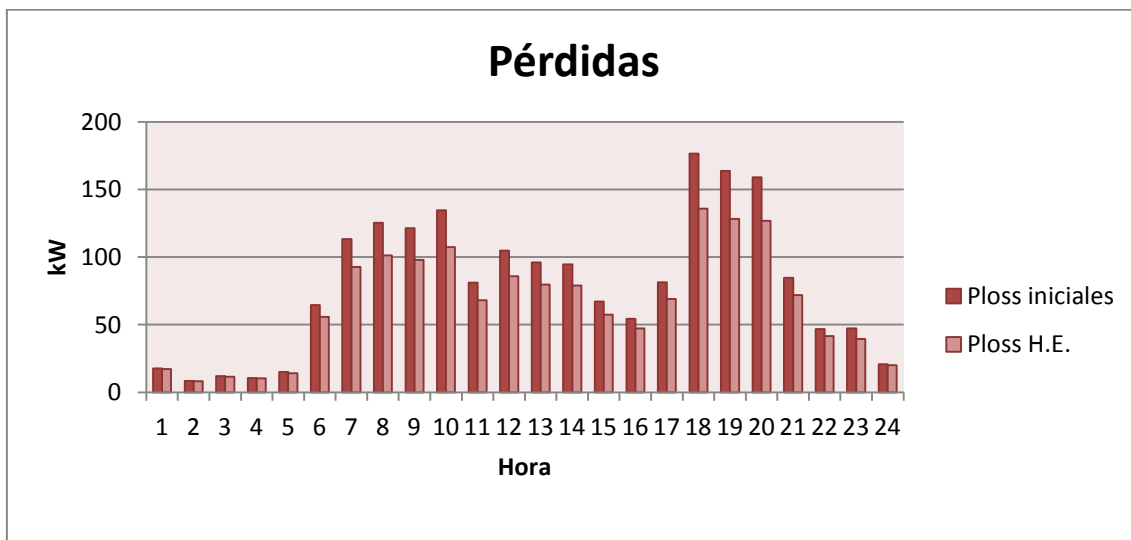


Figura 5.1.4.6-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización con GD continuo. Caso 6.

Los únicos casos en los que no se consiguen corregir el 100 % de tensiones son el 1 y el 4. En ambos casos dos nudos no se corrigen tensiones.

En el caso 1, como ya antes se mencionaba, prácticamente el valor de la toma fijada no variaba de la unidad, y hay menos controles, el resultado es que la capacidad de corregir disminuye.

## 5.2 Discreto.

El caso discreto permite acercarnos más a la realidad, a la vez que restringe los casos de estudio.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

### 5.2.1 Sin Generación Distribuida.

#### 5.2.1.1 Caso 1.

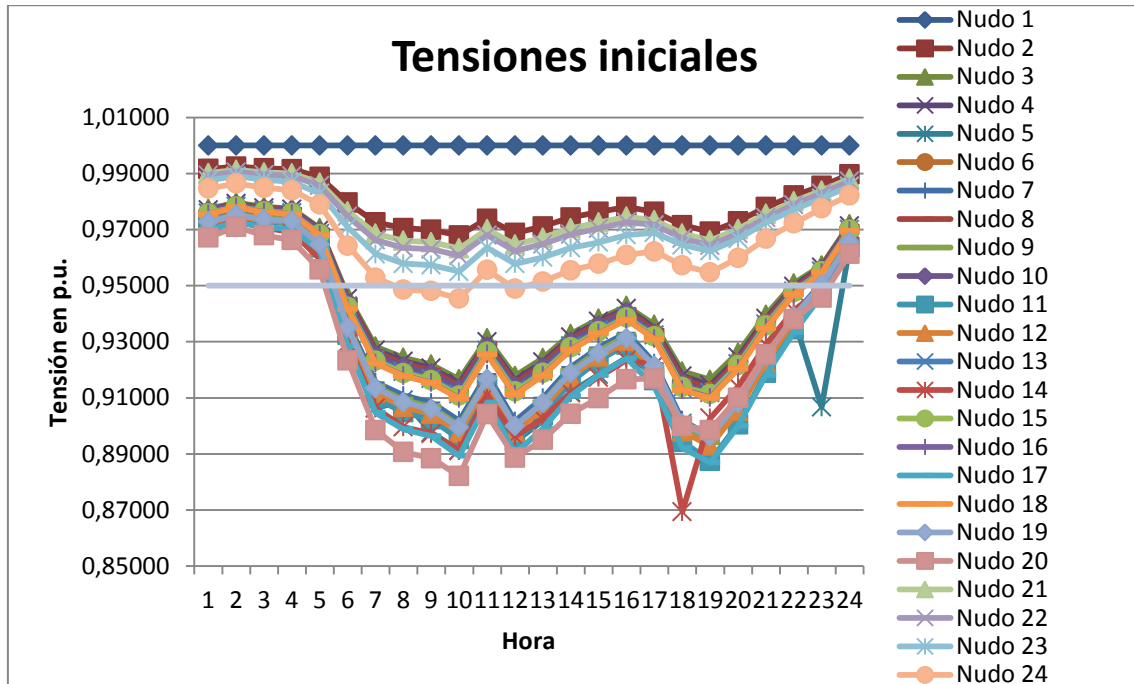


Figura 5.2.1.1-1. Tensiones iniciales. Sin GD discreto. Caso 1.

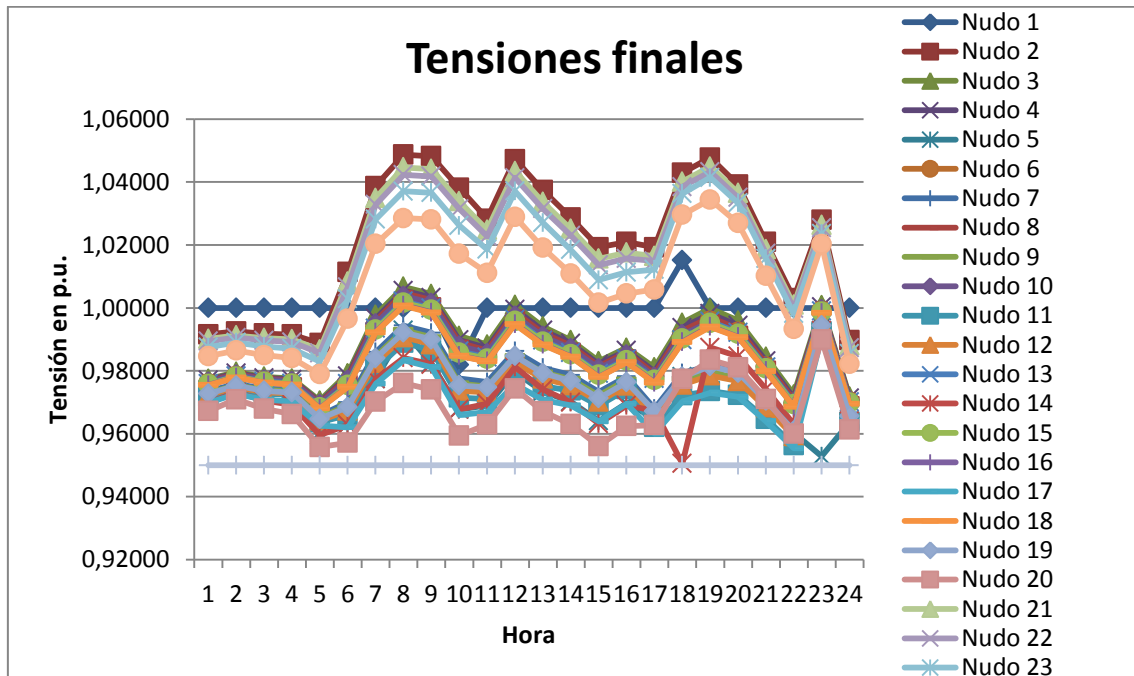


Figura 5.2.1.1-2. Tensiones finales. Sin GD discreto. Caso 1.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

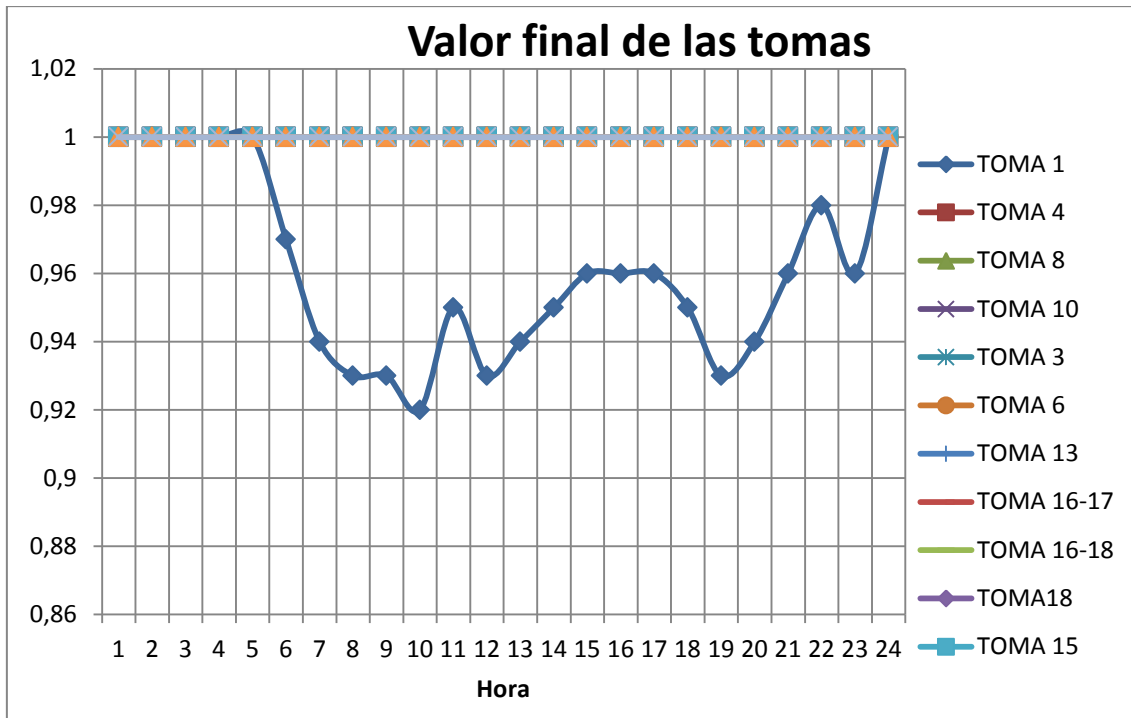


Figura 5.2.1.1-3. Valor de las tomas finales de los trafos. Sin GD discreto. Caso 1.

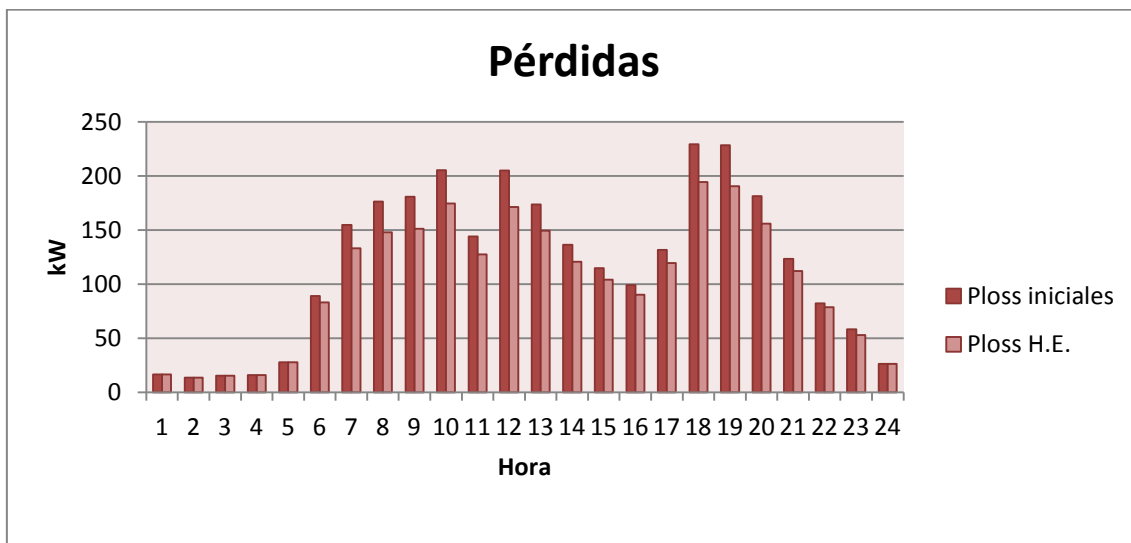


Figura 5.2.1.1-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD discreto. Caso 1.

Se corrigen todas las tensiones.

V1 se baja en la hora 10 a 0,98191 y se sube a 1,01515 en la 18.

No es posible hacer uso de las tomas de los trafos de MT/BT ya que los coeficientes de eficiencia son positivos solo para el tráfco de cabecera y V1.

# Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

## 5.2.1.2 Caso 2.

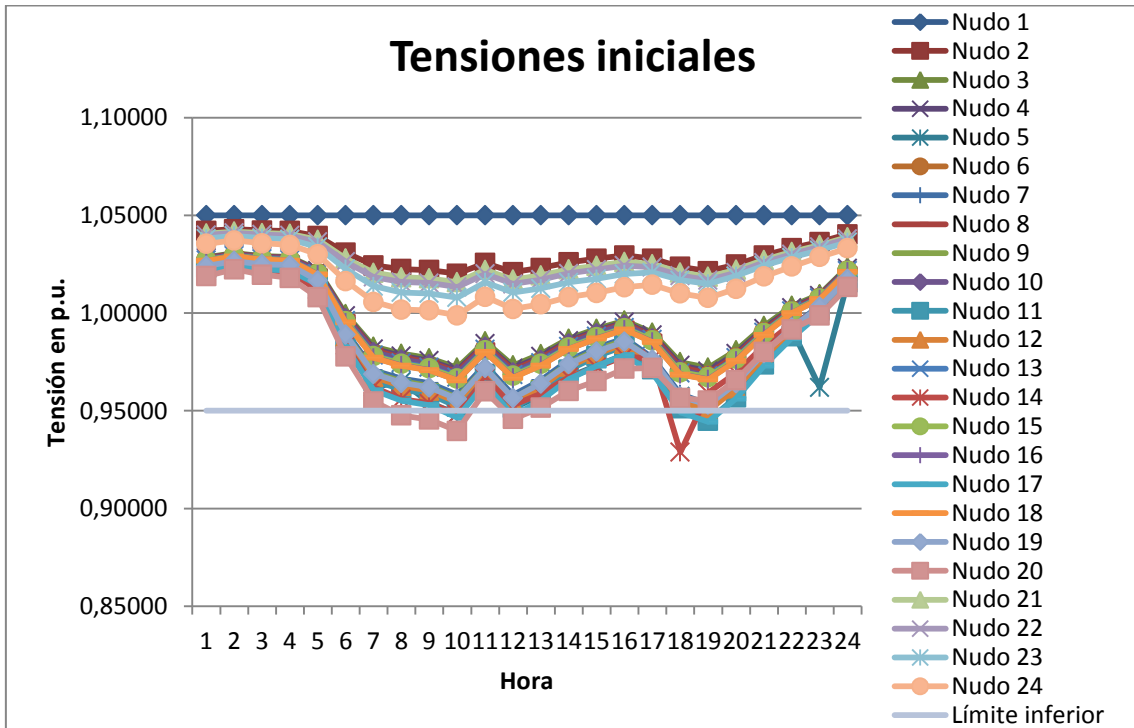


Figura 5.2.1.2-1. Tensiones iniciales. Sin GD discreto. Caso 2.

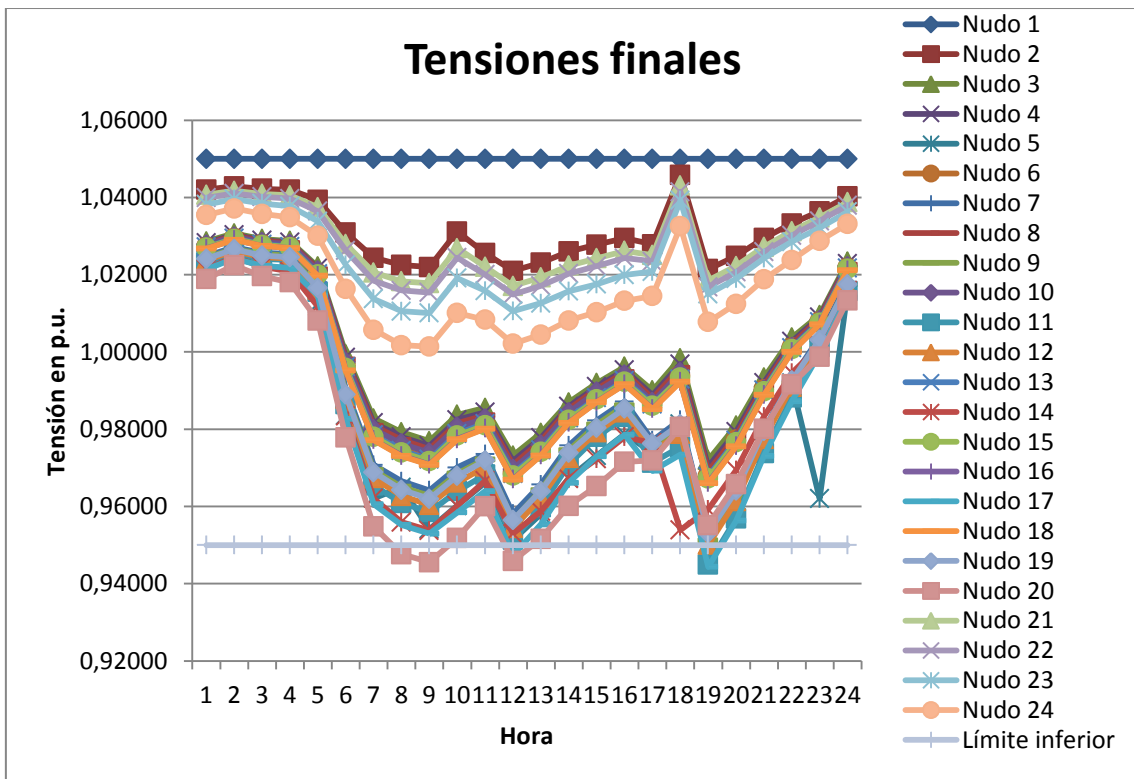


Figura 5.2.1.2-2. Tensiones finales. Sin GD discreto. Caso 2.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

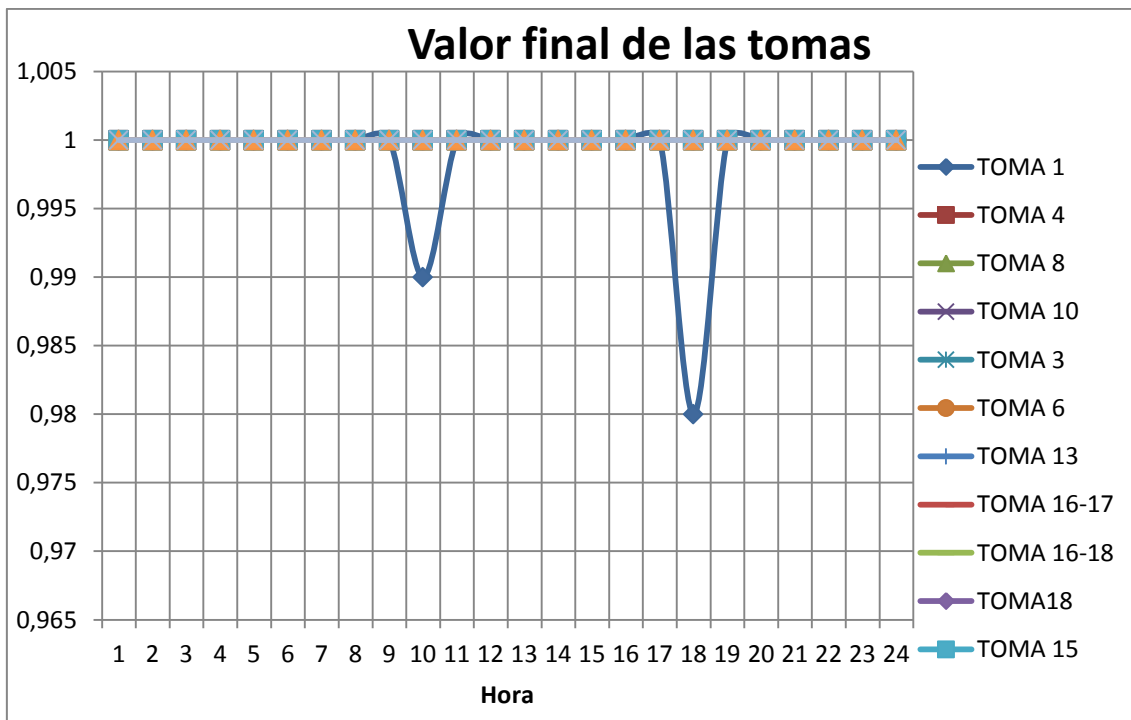


Figura 5.2.1.2-3. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD discreto. Caso 2.

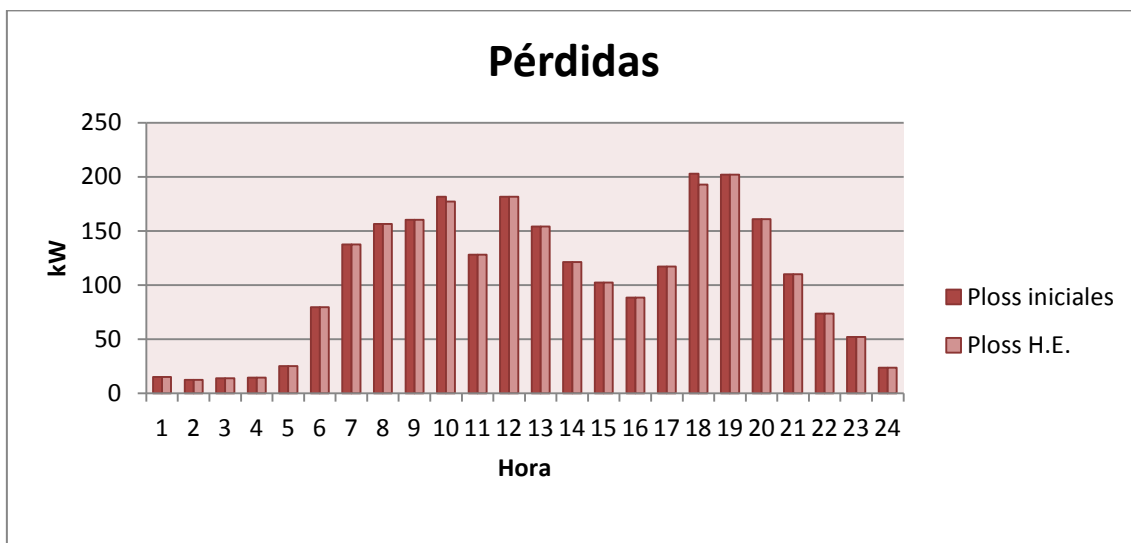


Figura 5.2.1.2-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD discreto. Caso 2.

Aquellos nudos más aguas abajo no se corrigen. Contamos con el mismo problema de no poder realizar control local.

# Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

## 5.2.1.3 Caso 3.

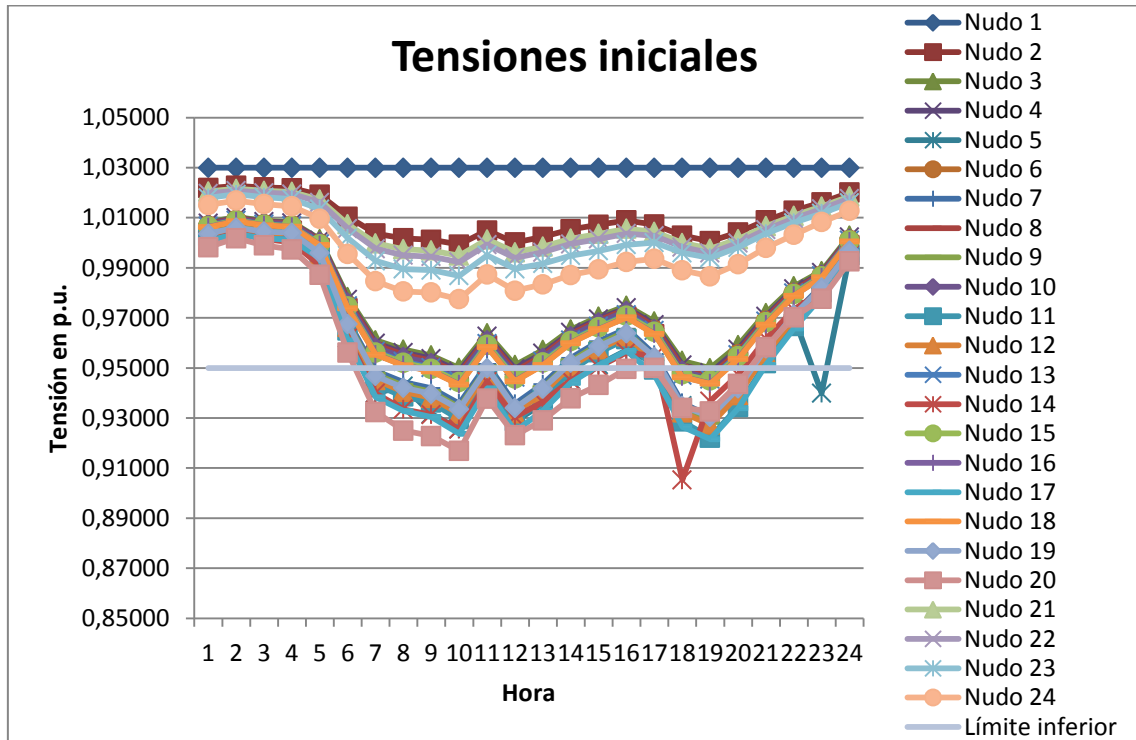


Figura 5.2.1.3-1. Tensiones iniciales. Sin GD discreto. Caso 3.

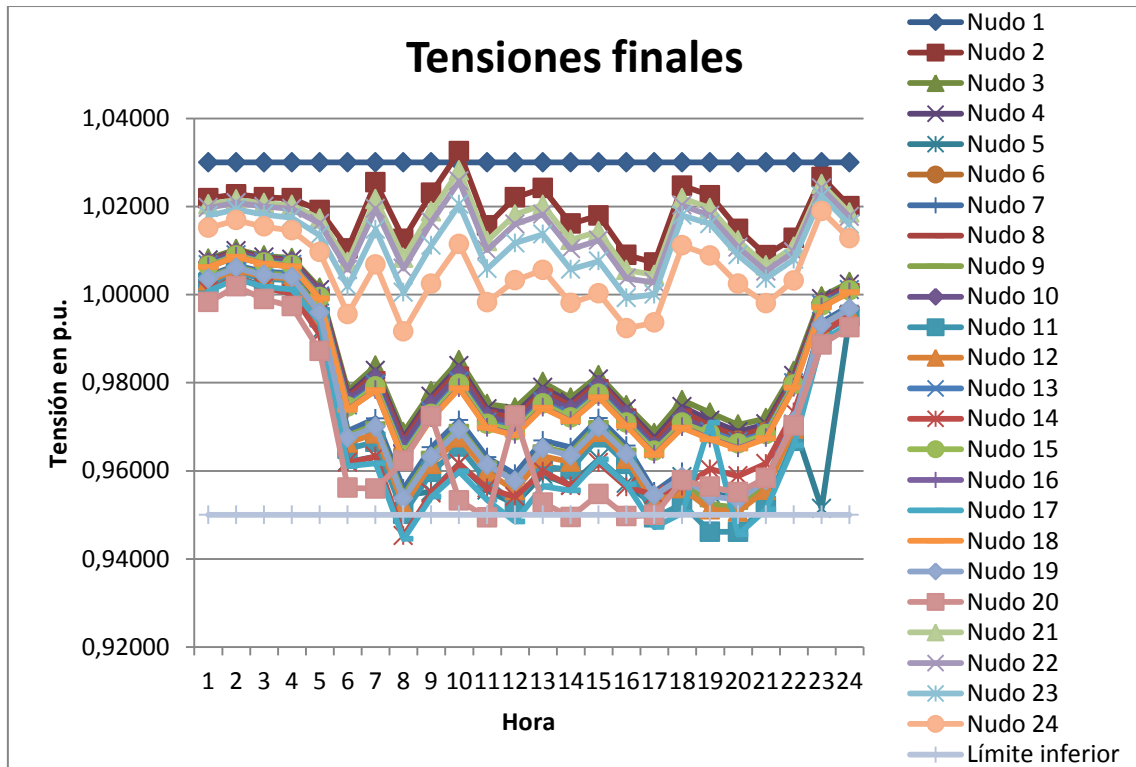


Figura 5.2.1.3-2. Tensiones finales. Sin GD discreto. Caso 3.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

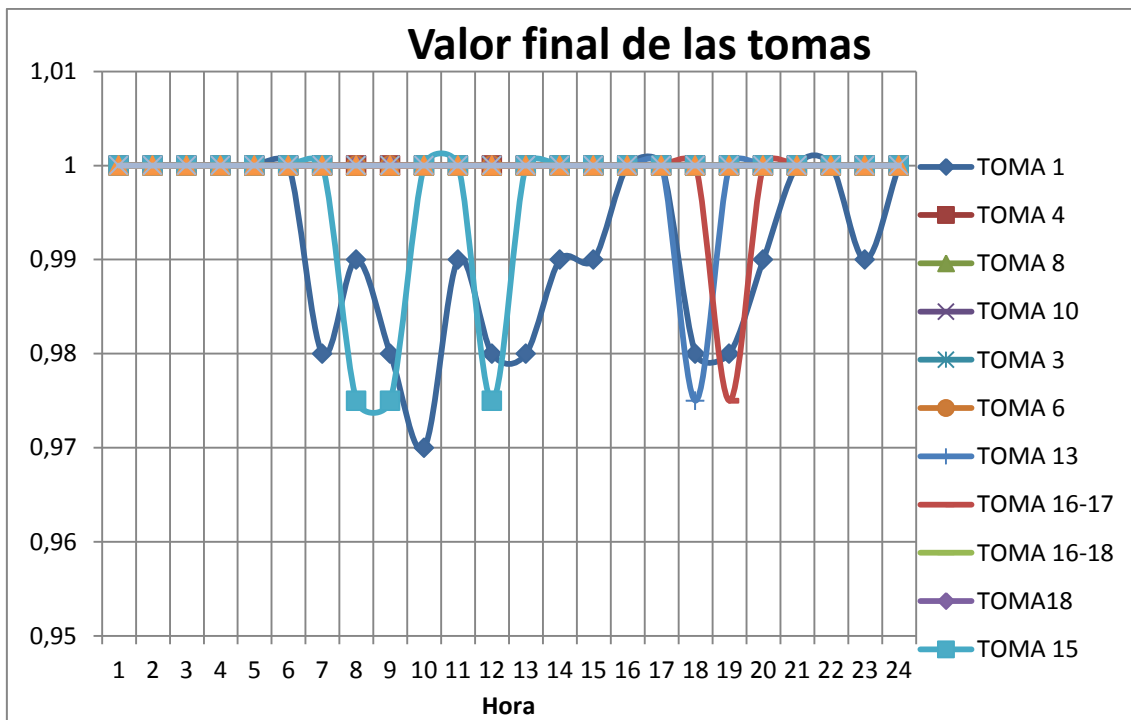


Figura 5.2.1.3-3. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD discreto. Caso 3.

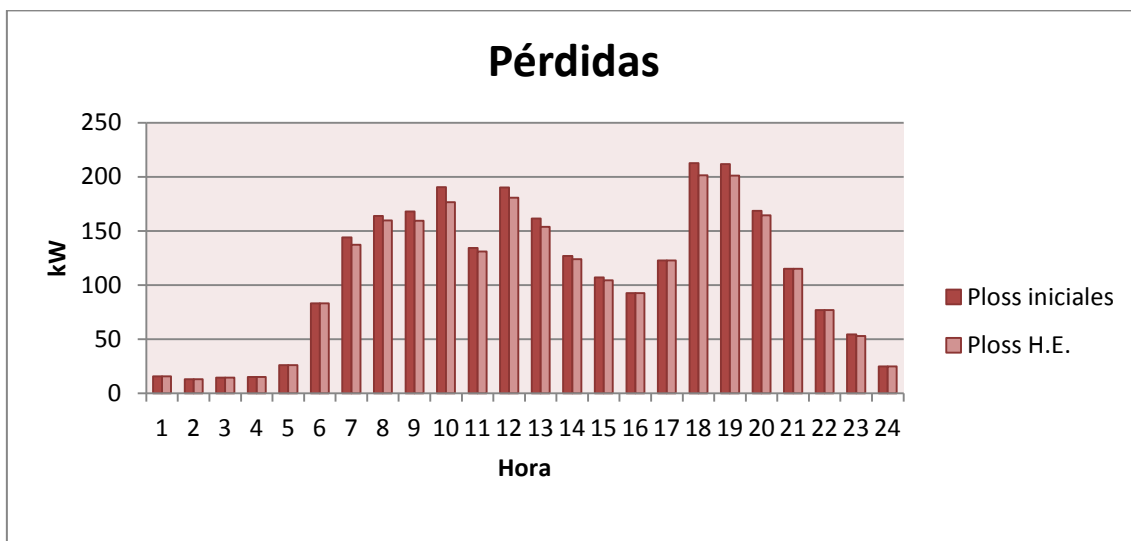


Figura 5.2.1.3-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD discreto. Caso 3.

Los trafos locales se comienzan a mover, ya que el valor de las actuaciones a realizar es mayor, al tener tensiones más alejadas de límites.

No se consiguen corregir aquellas tensiones más alejadas de límites o más aguas abajo.

# Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

## 5.2.1.4 Caso 4.

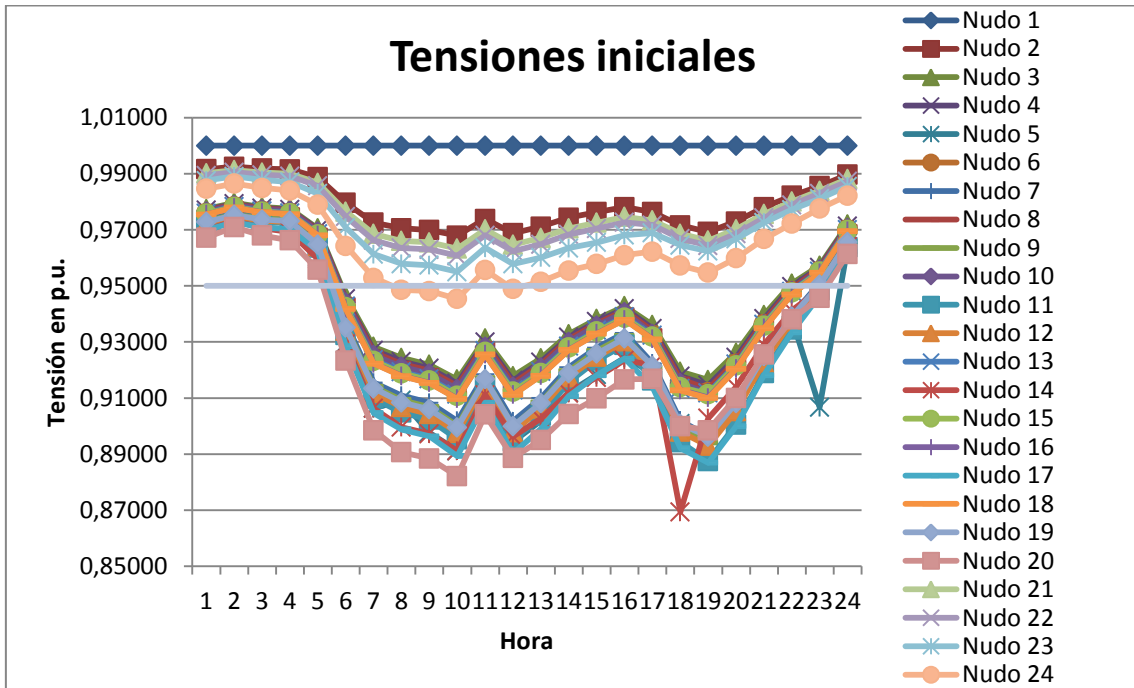


Figura 5.2.1.4-1. Tensiones iniciales. Sin GD discreto. Caso 4.

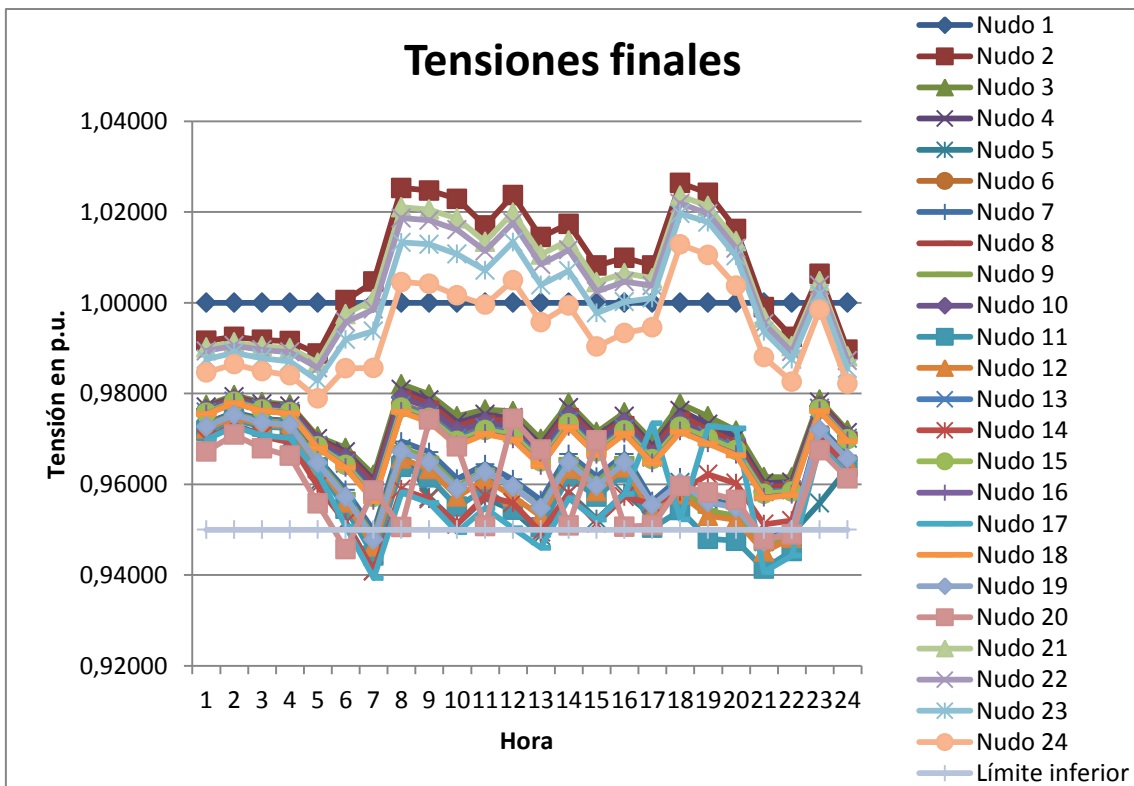


Figura 5.2.1.4-2. Tensiones finales. Sin GD discreto. Caso 4.



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

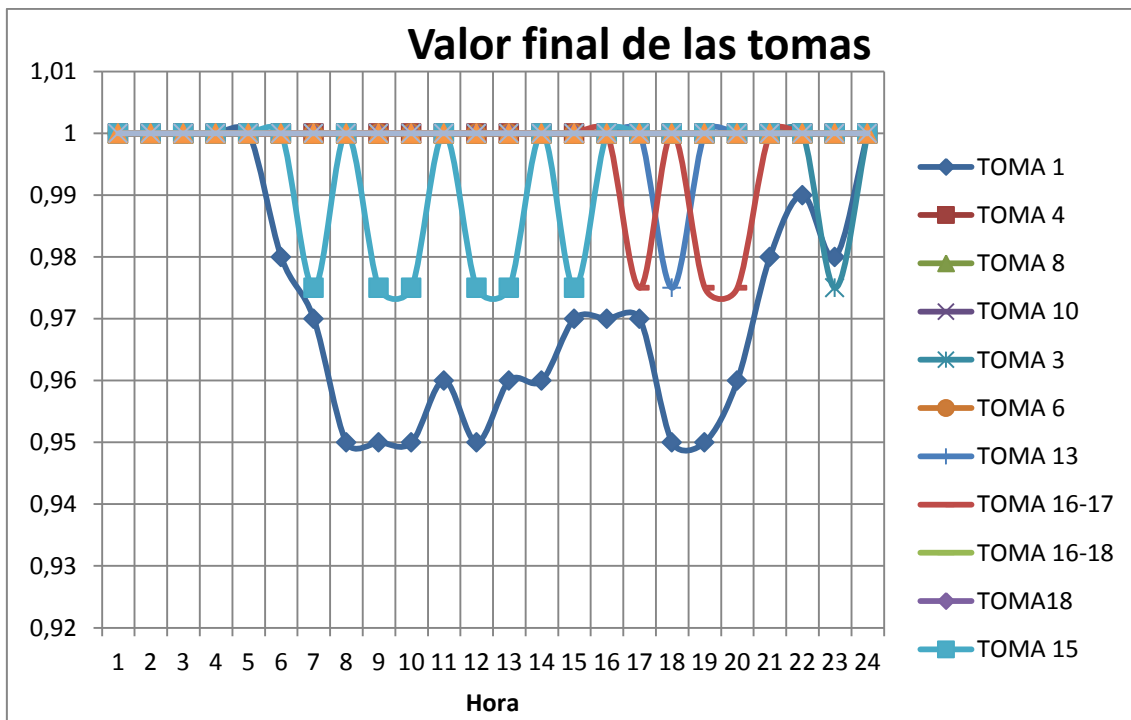


Figura 5.2.1.4-3. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD discreto. Caso 4.

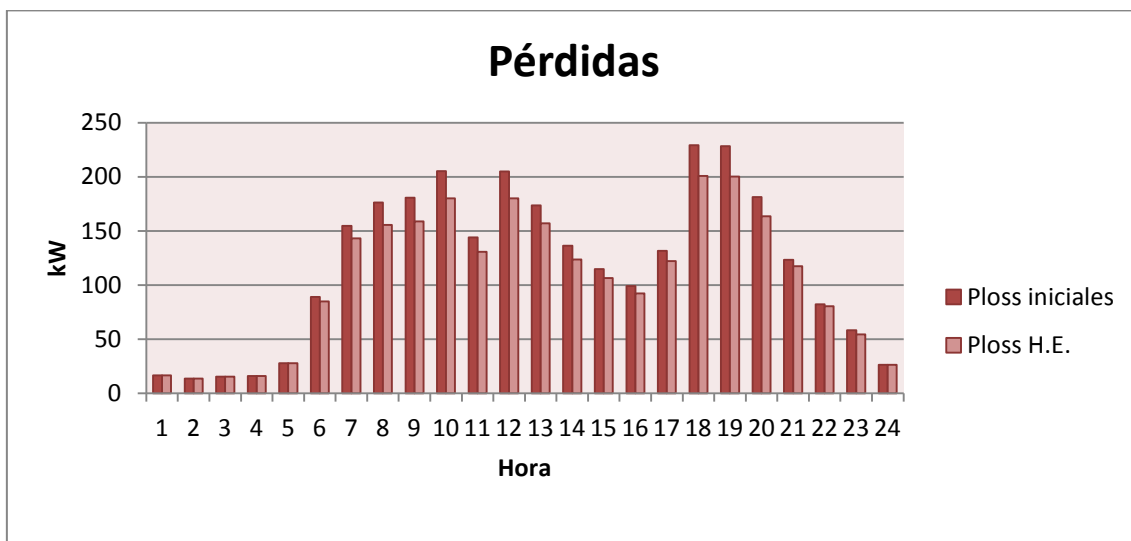


Figura 5.2.1.4-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD discreto. Caso 4.

# Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

## 5.2.1.5 Caso 5.

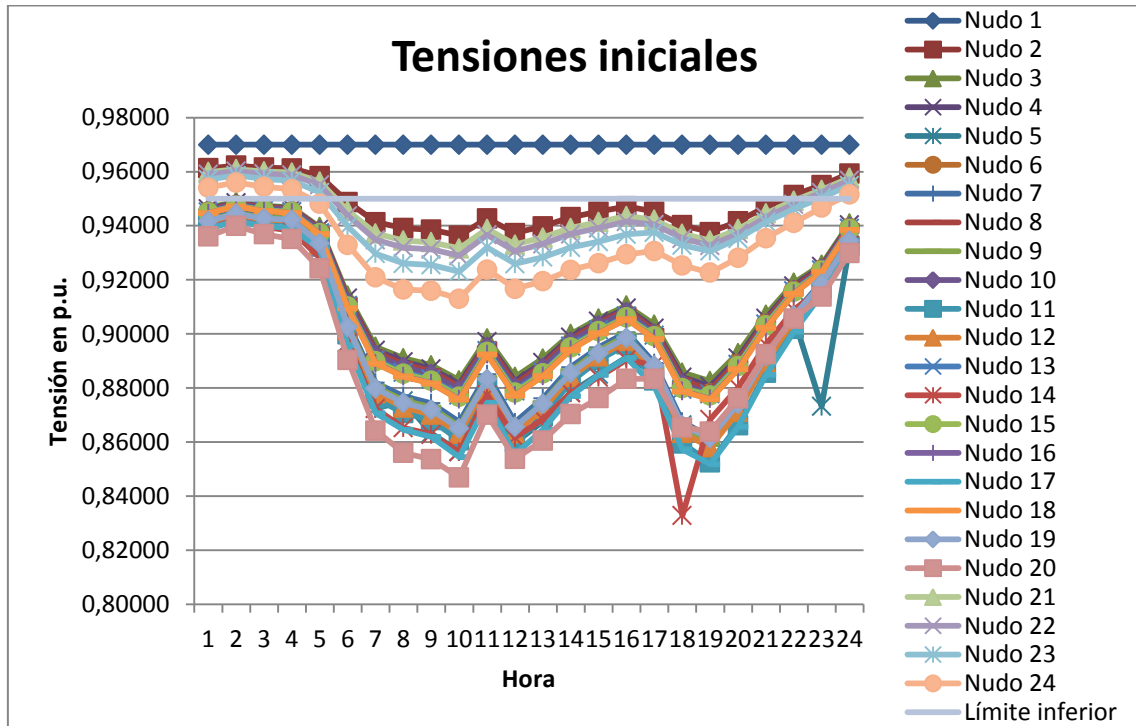


Figura 5.2.1.5-1. Tensiones iniciales. Sin GD discreto. Caso 5.

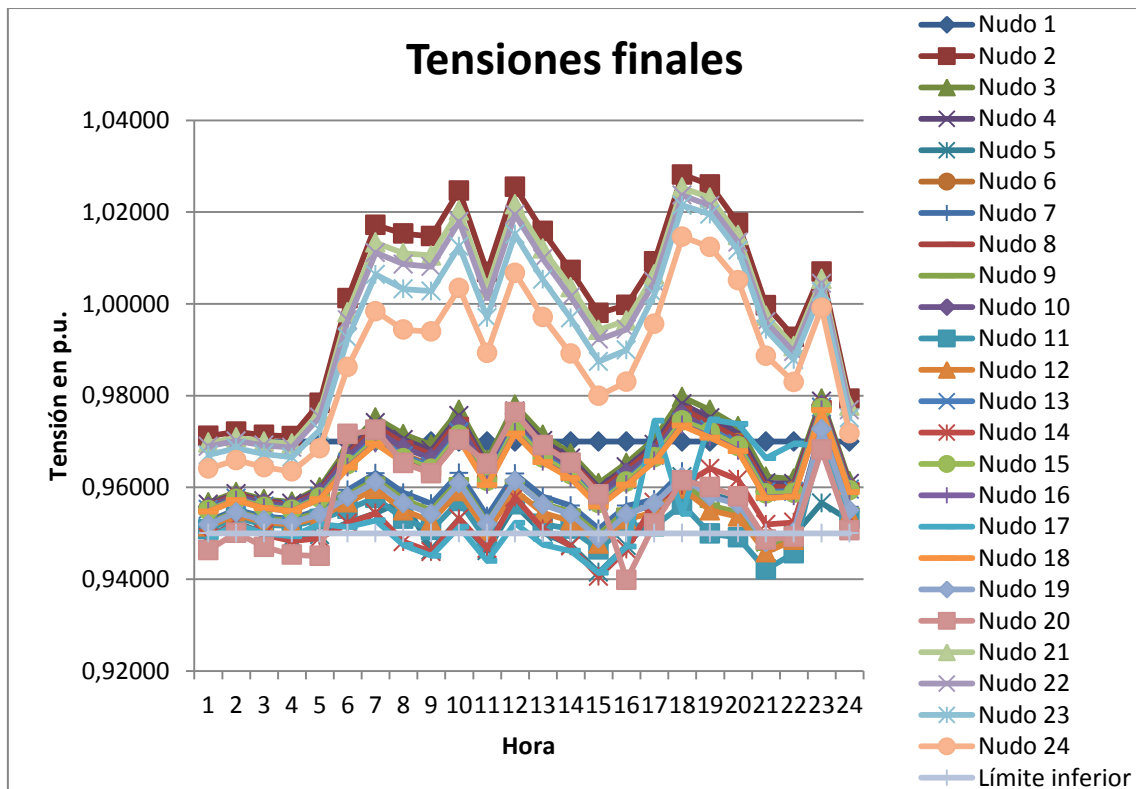


Figura 5.2.1.5-2. Tensiones finales. Sin GD discreto. Caso 5.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

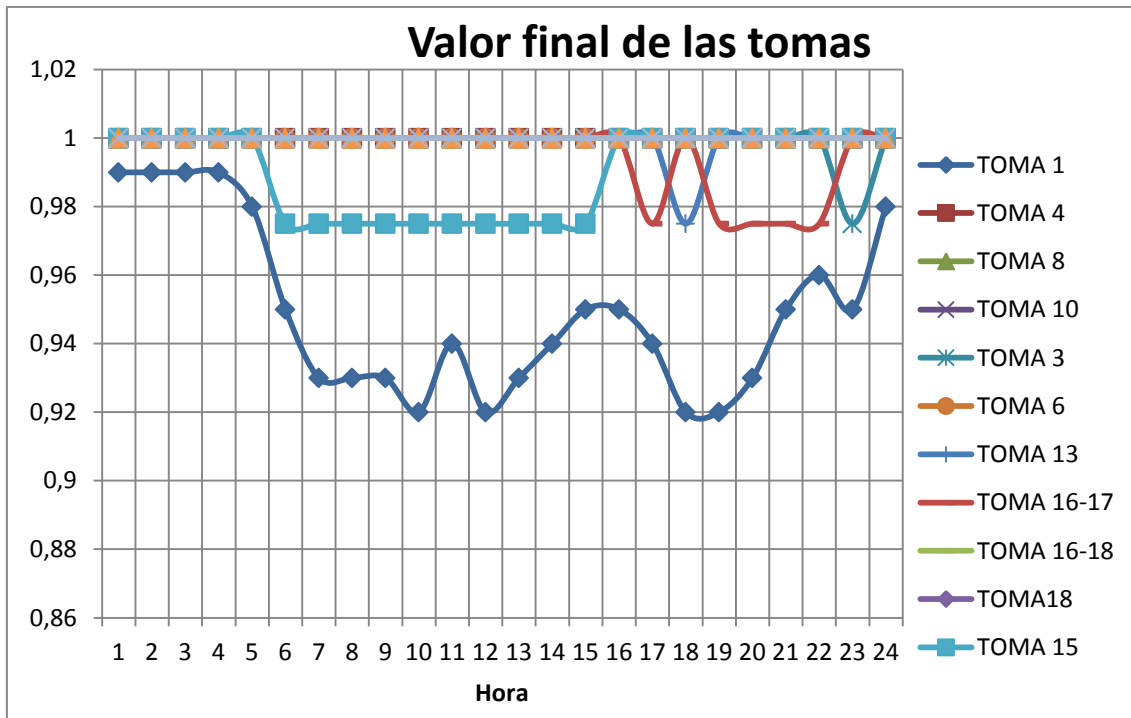


Figura 5.2.1.5-3. Valores de las tomas finales de los trafos. Sin GD discreto. Caso 5.

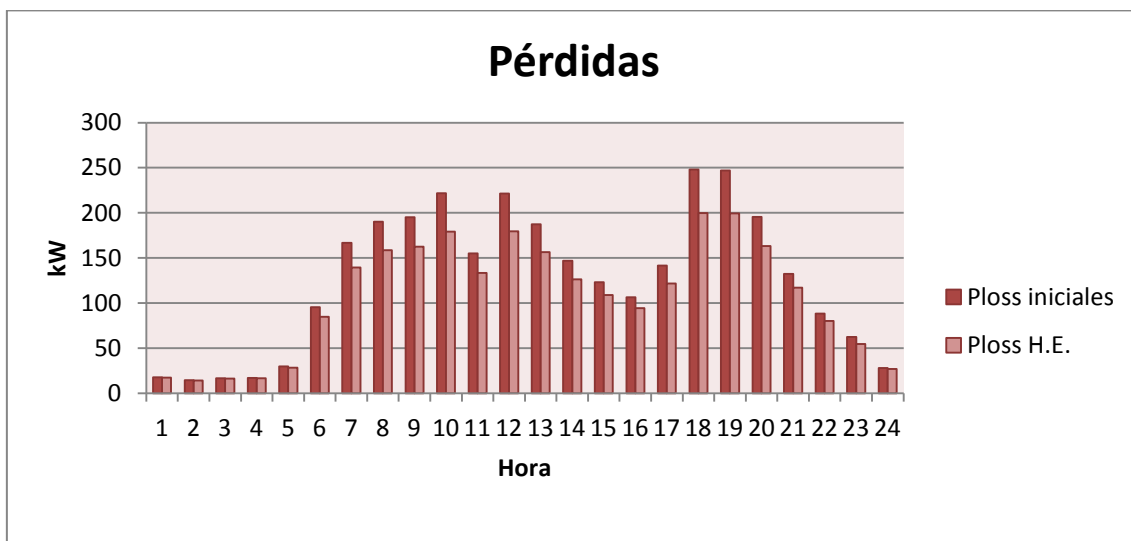


Figura 5.2.1.5-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD discreto. Caso 5.

# Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

## 5.2.1.6 Caso 6.

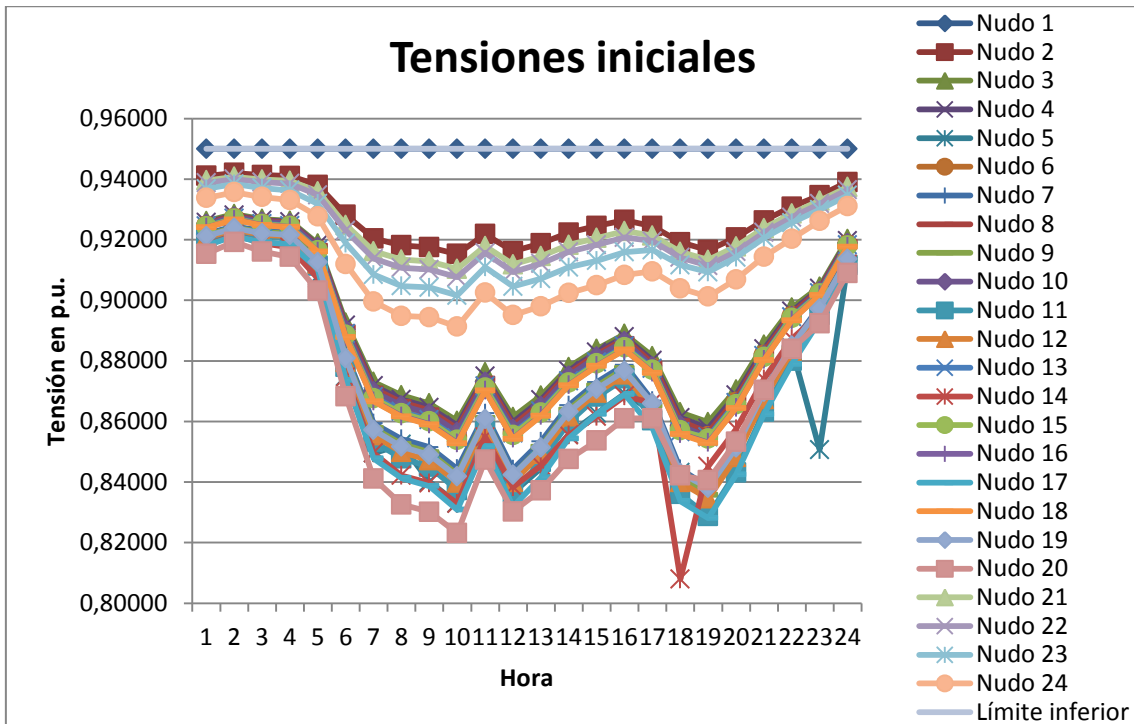
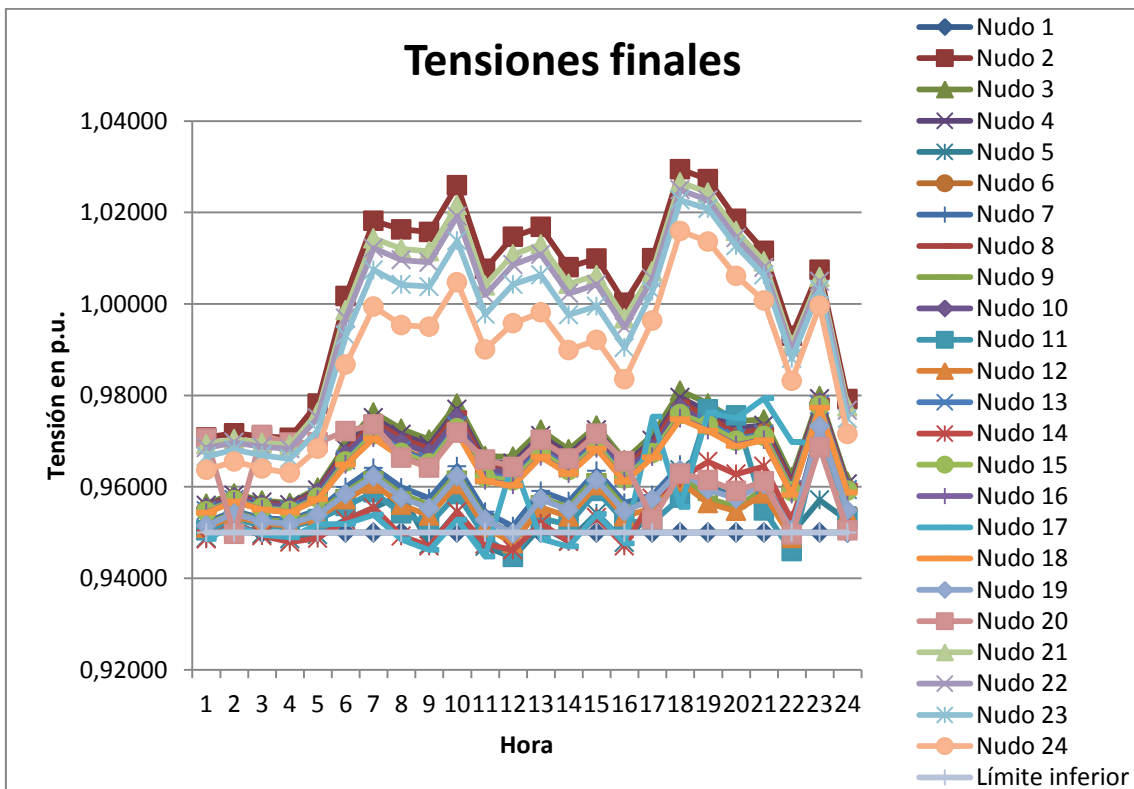


Figura 5.2.1.6-1. Tensiones iniciales. Sin GD discreto. Caso 6.



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

Figura 5.2.1.6-2. Tensiones finales. Sin GD discreto. Caso 6.

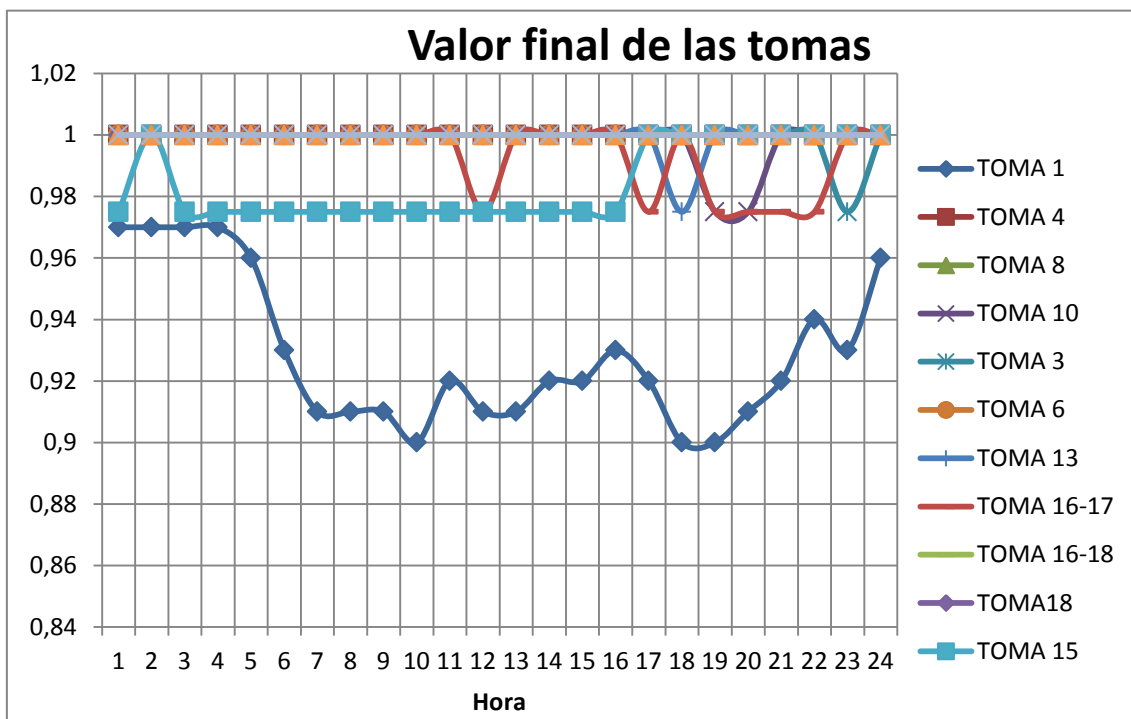


Figura 5.2.1.6-3. Valor de las tomas finales de los trafos. Sin GD discreto. Caso 6.

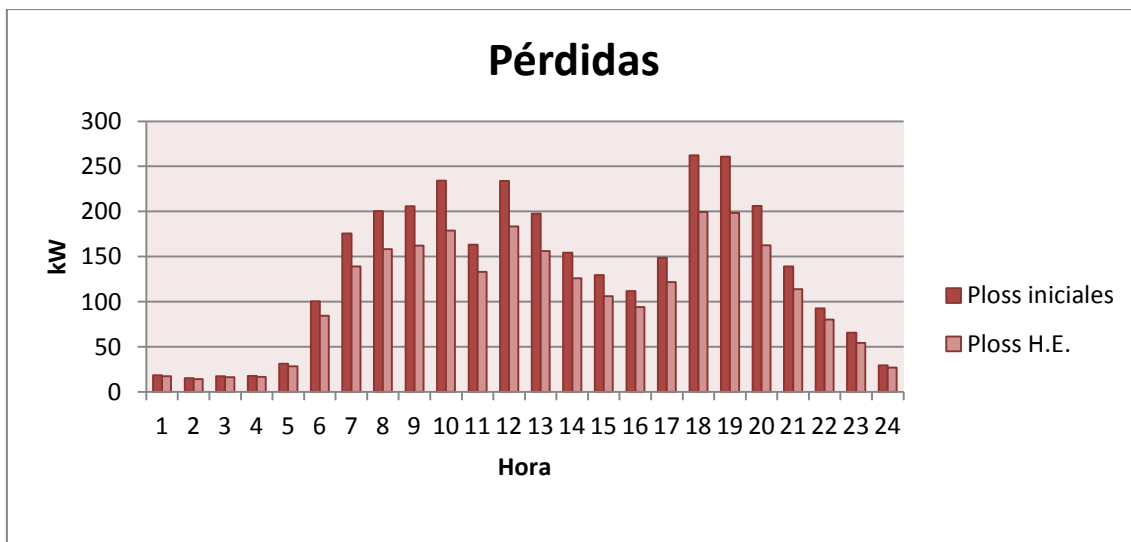


Figura 5.2.1.6-4. Pérdidas iniciales y finales. Sin GD discreto. Caso 6.

En discreto, a peores estados iniciales de tensiones, menos nudos se corrigen.

La restricción de trabajar en discreto hace que en muchas de las actuaciones no se mueva la toma de los trafos de MT/BT.

El trafo de cabecera baja la toma hasta su valor más bajo con objeto de subir las tensiones, pero es

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

necesario de un control más local para aquellos nudos más alejados.

A pesar de esto, las tensiones se corrigen de forma parcial y las pérdidas se mejoran.

### 5.2.2 Con Generación Distribuida.

#### 5.2.2.1 Caso 1.

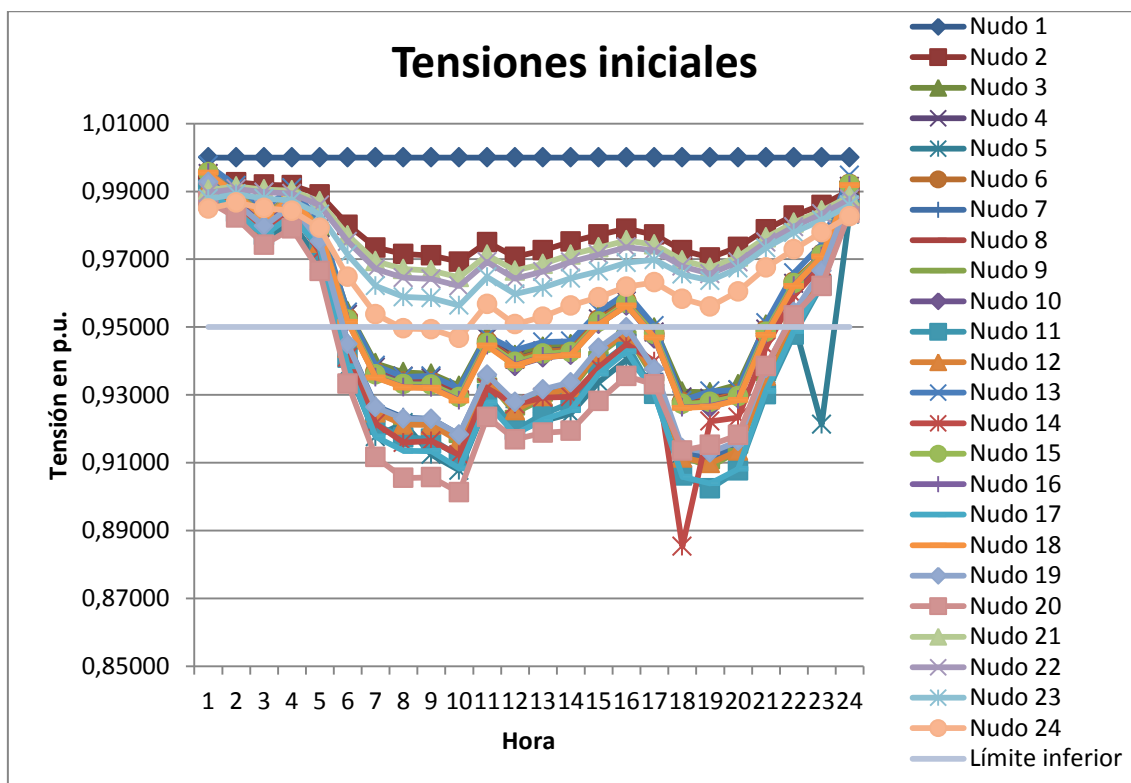


Figura 5.2.2.1-1. Tensiones iniciales. GD discreto. Caso 1.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

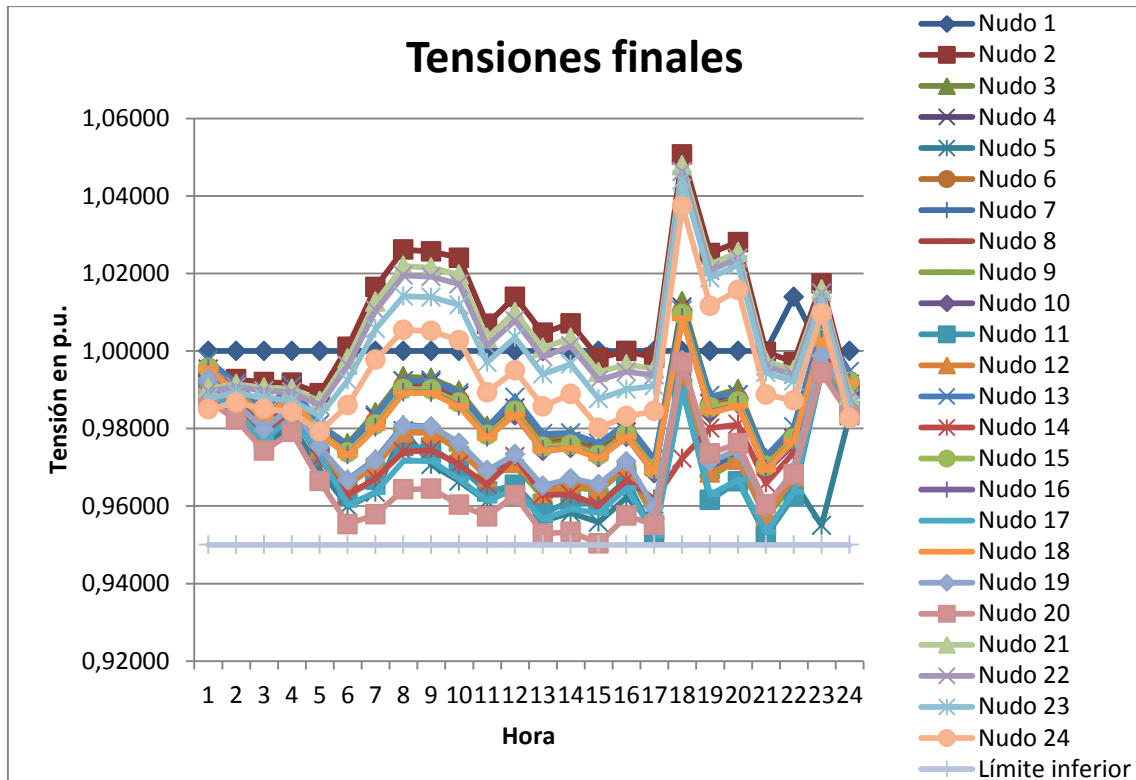


Figura 5.2.2.1-2. Tensiones finales. GD discreto. Caso 1.

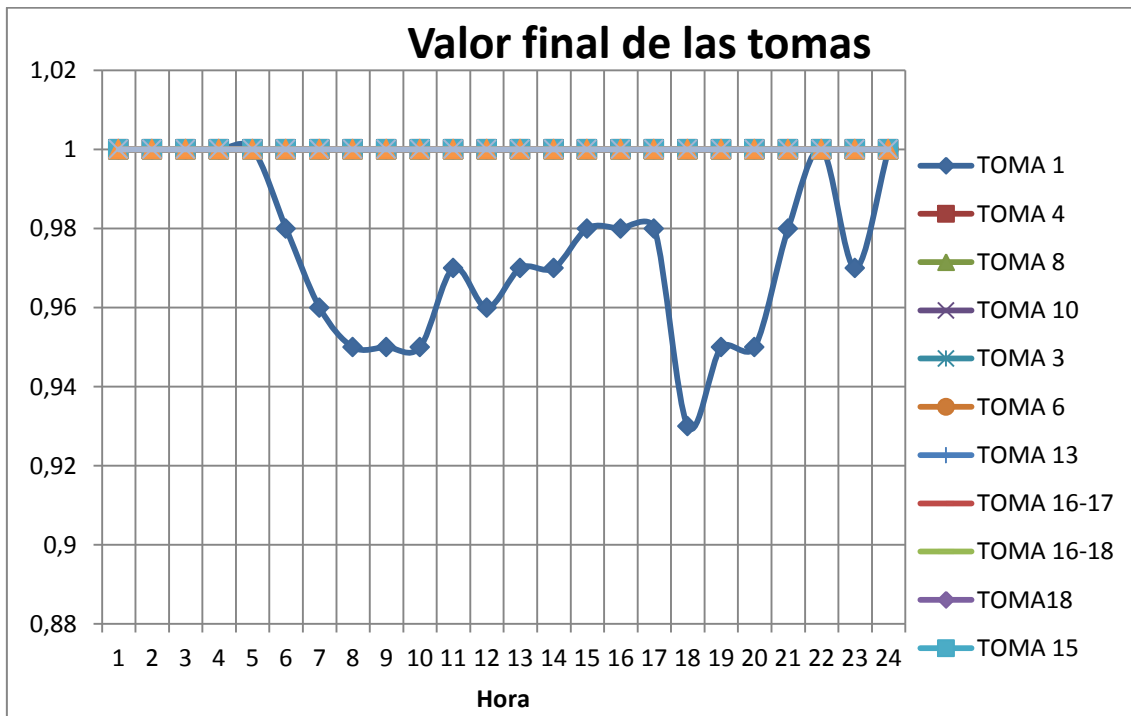


Figura 5.2.2.1-3. Valor final de las tomas de los trafos. GD discreto. Caso 1.





## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

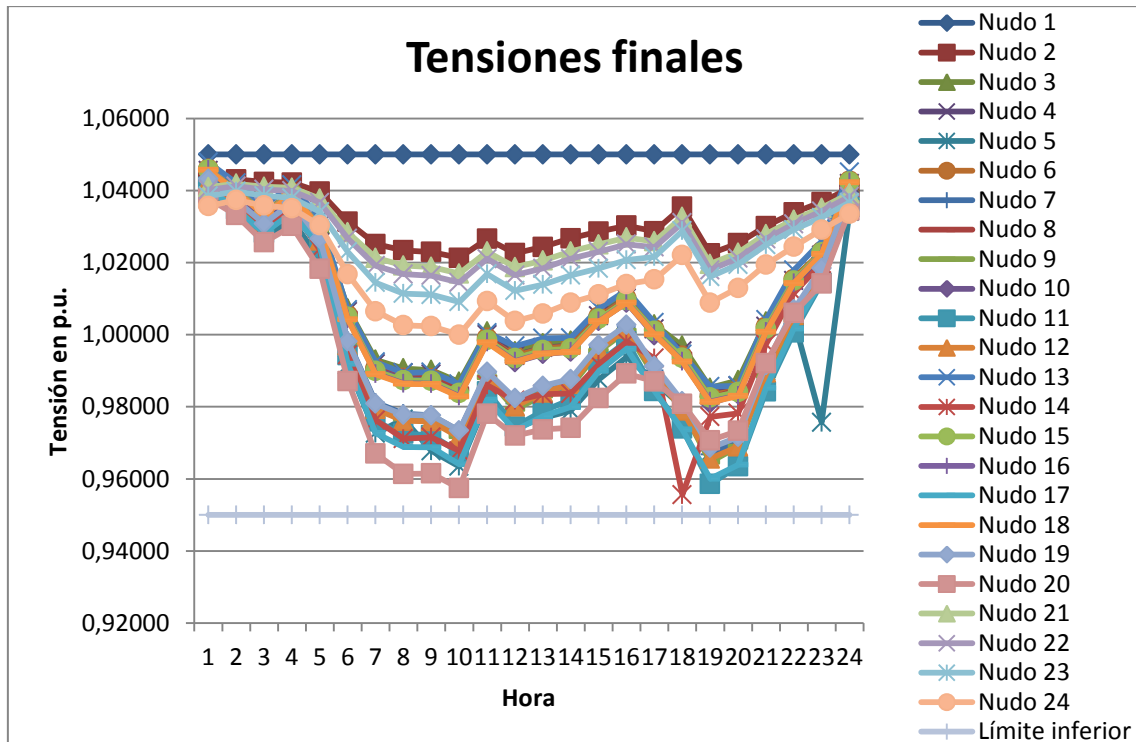


Figura 5.2.2.2-2. Tensiones finales. GD discreto. Caso 2.

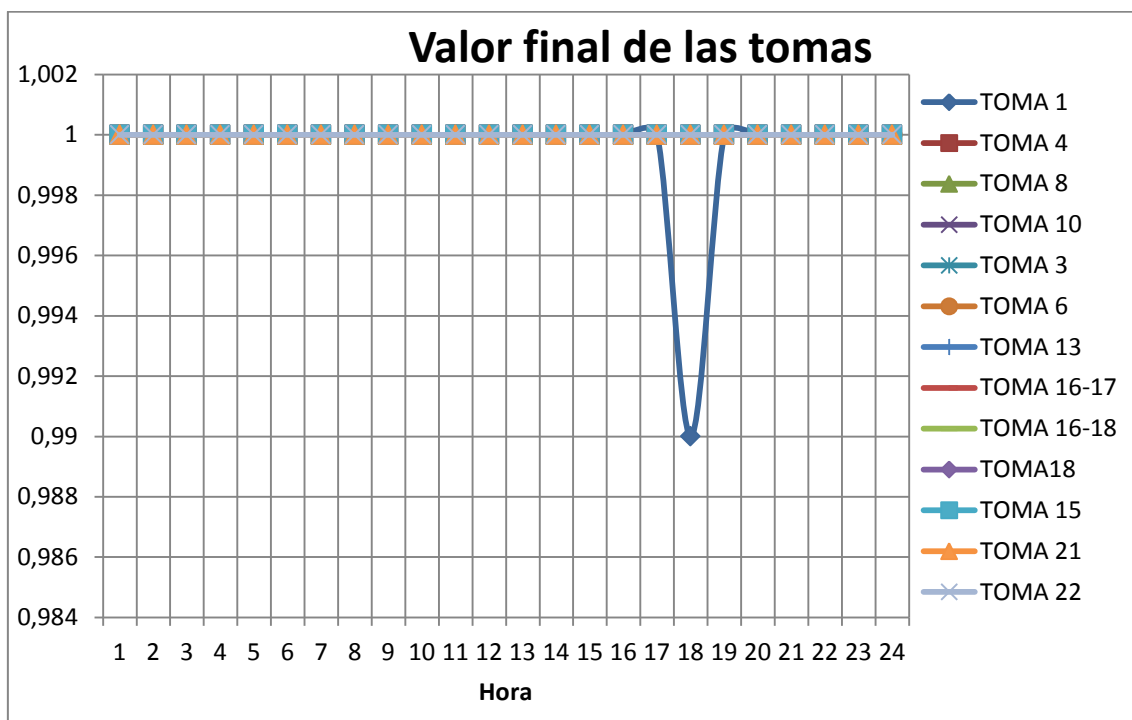


Figura 5.2.2.2-3. Valor tomas finales. GD discreto. Caso 2.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

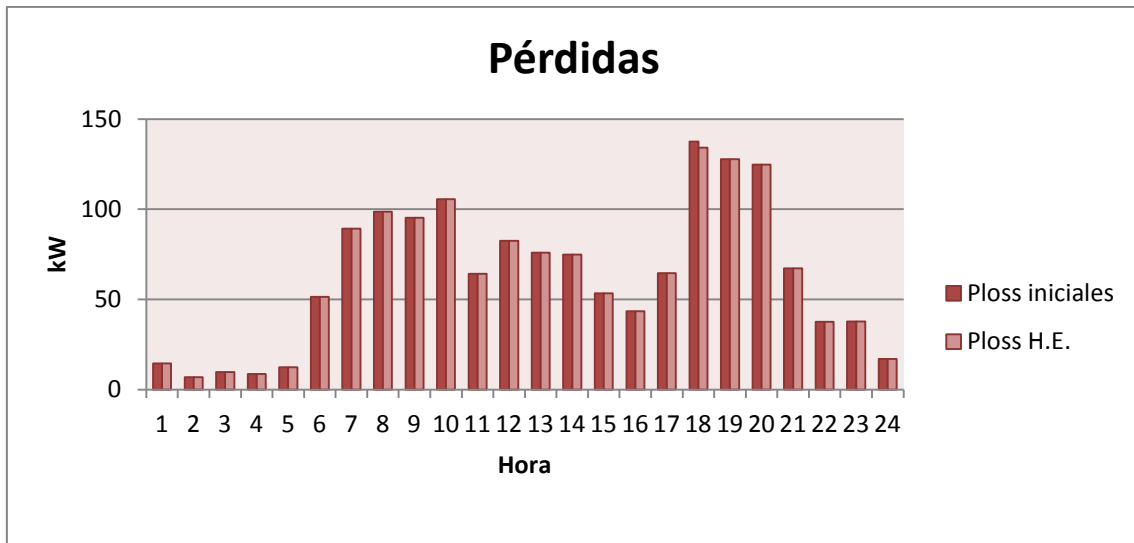


Figura 5.2.2.2-4. Pérdidas iniciales y finales. GD discreto. Caso 2.

### 5.2.2.3 Caso 3.

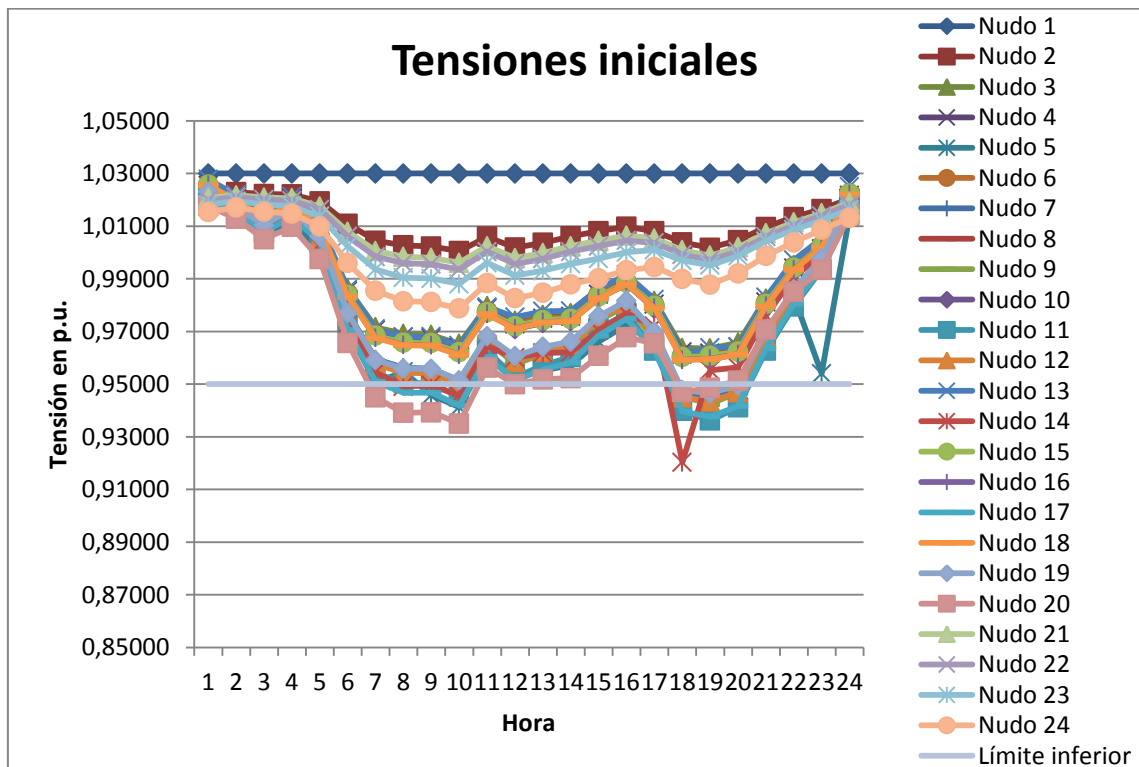


Figura 5.2.2.3-1. Tensiones iniciales. GD discreto. Caso 3.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

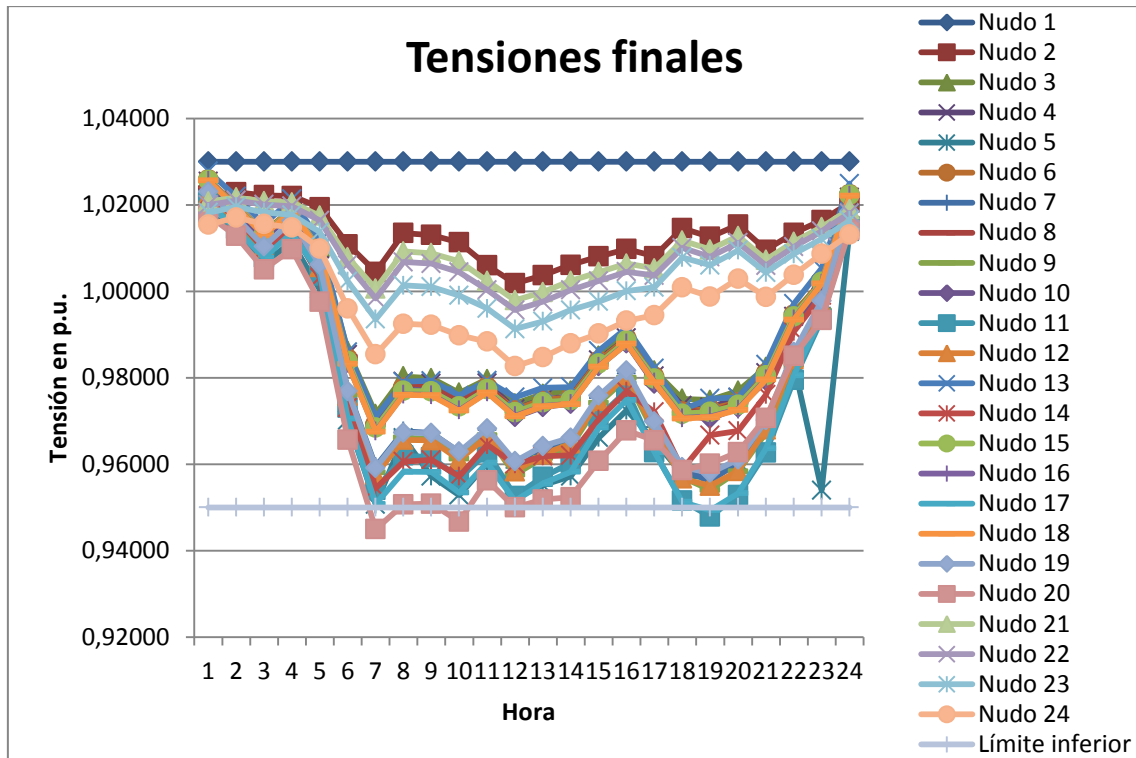


Figura 5.2.2.3-2. Tensiones finales. GD discreto. Caso 3.

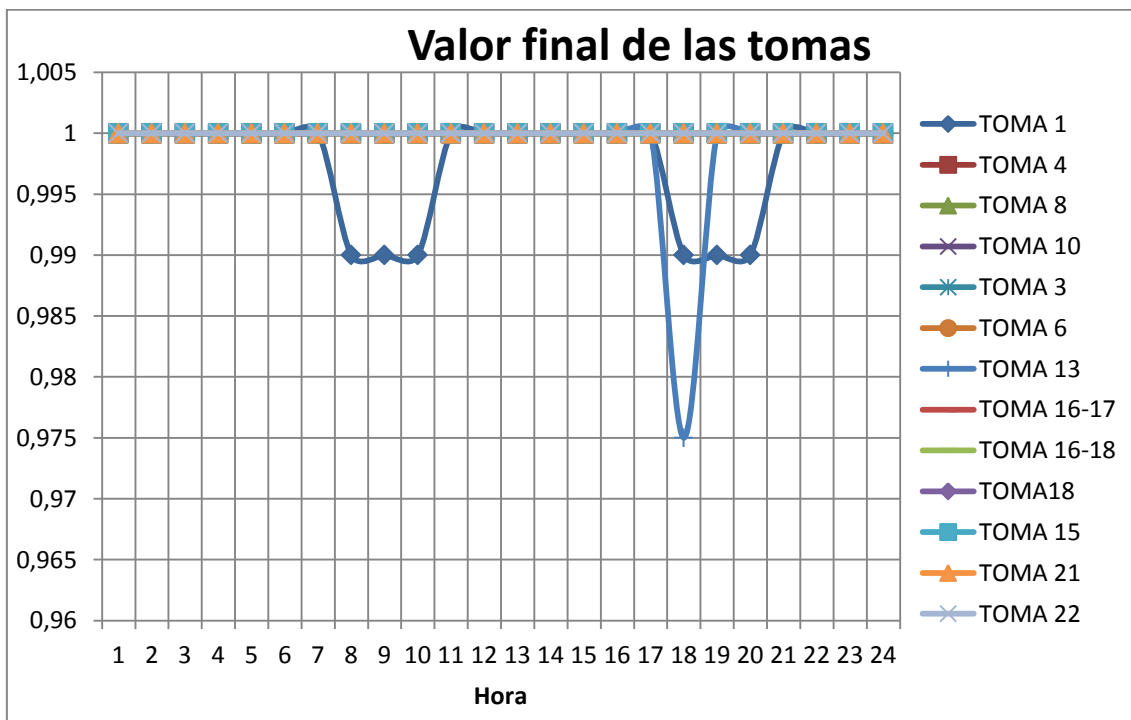


Figura 5.2.2.3-3. Valor tomas finales. GD discreto. Caso 3.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

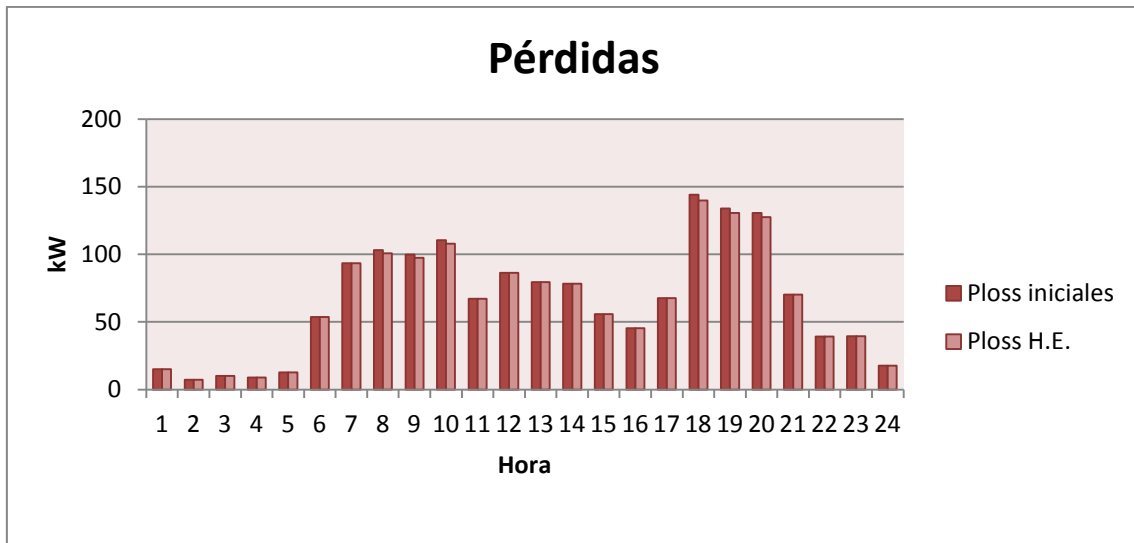


Figura 5.2.2.3-4. Pérdidas iniciales y finales. GD discreto. Caso 3.

### 5.2.2.4 Caso 4.

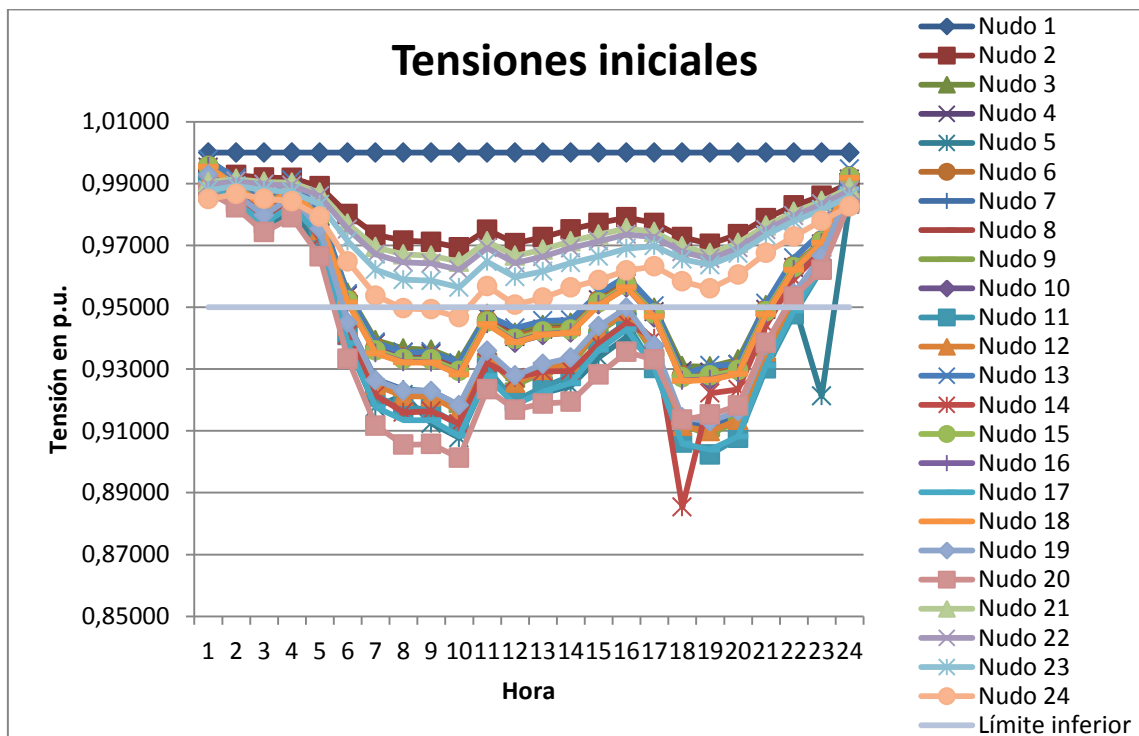


Figura 5.2.2.4-1. Tensiones iniciales. GD discreto. Caso 4.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

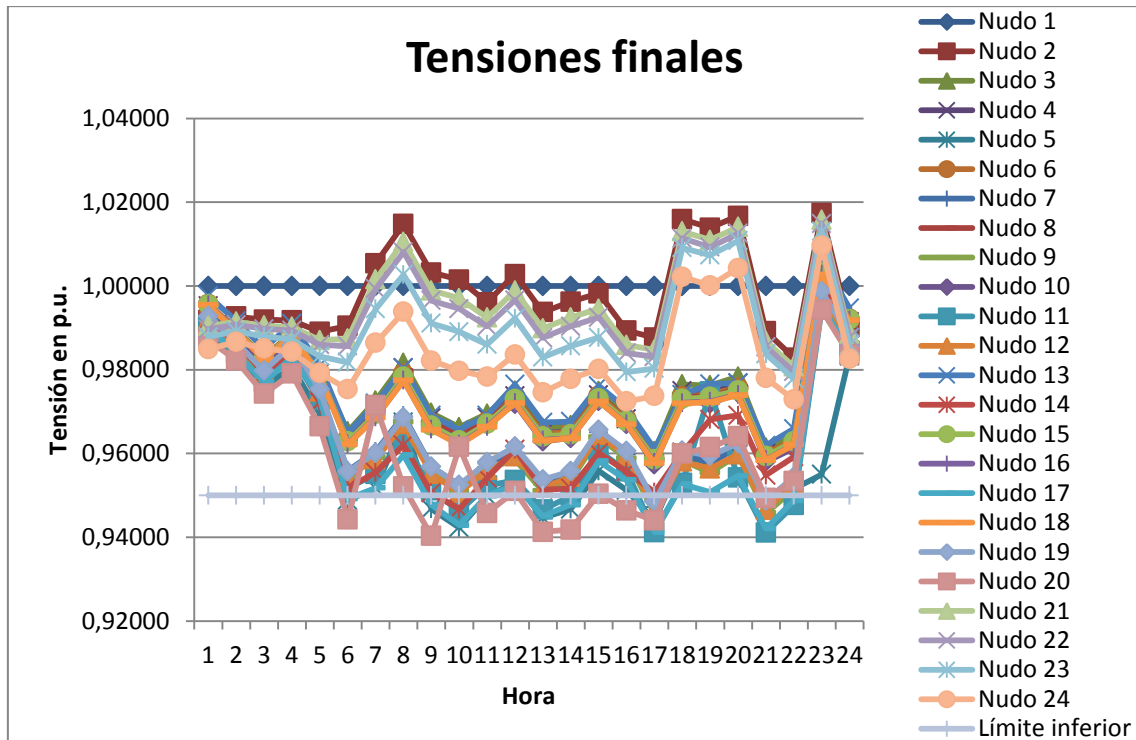


Figura 5.2.2.4-2. Tensiones finales. GD discreto. Caso 4.

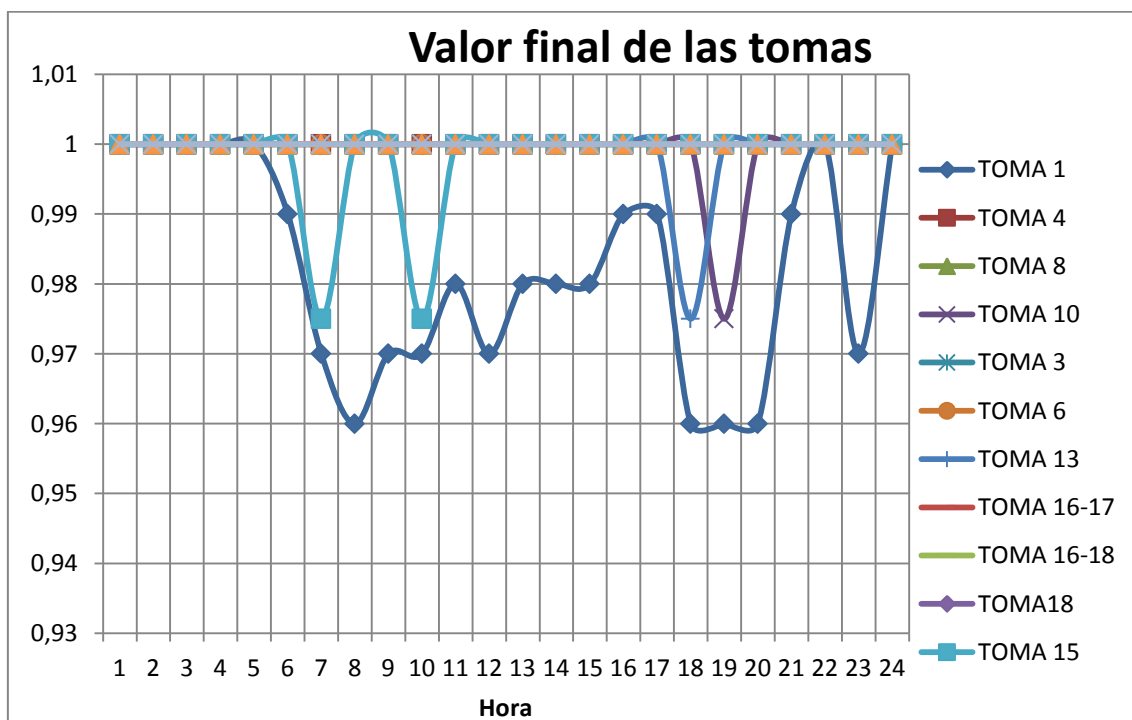


Figura 5.2.2.4-3. Valor tomas finales. GD discreto. Caso 4.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

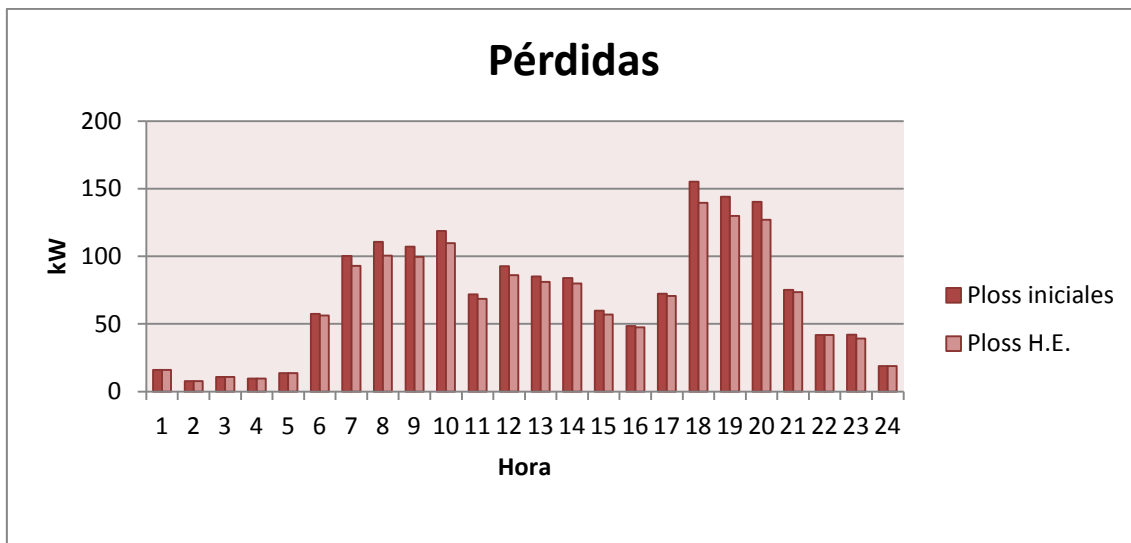


Figura 5.2.2.4-4. Pérdidas iniciales y finales. GD discreto. Caso 4.

### 5.2.2.5 Caso 5.

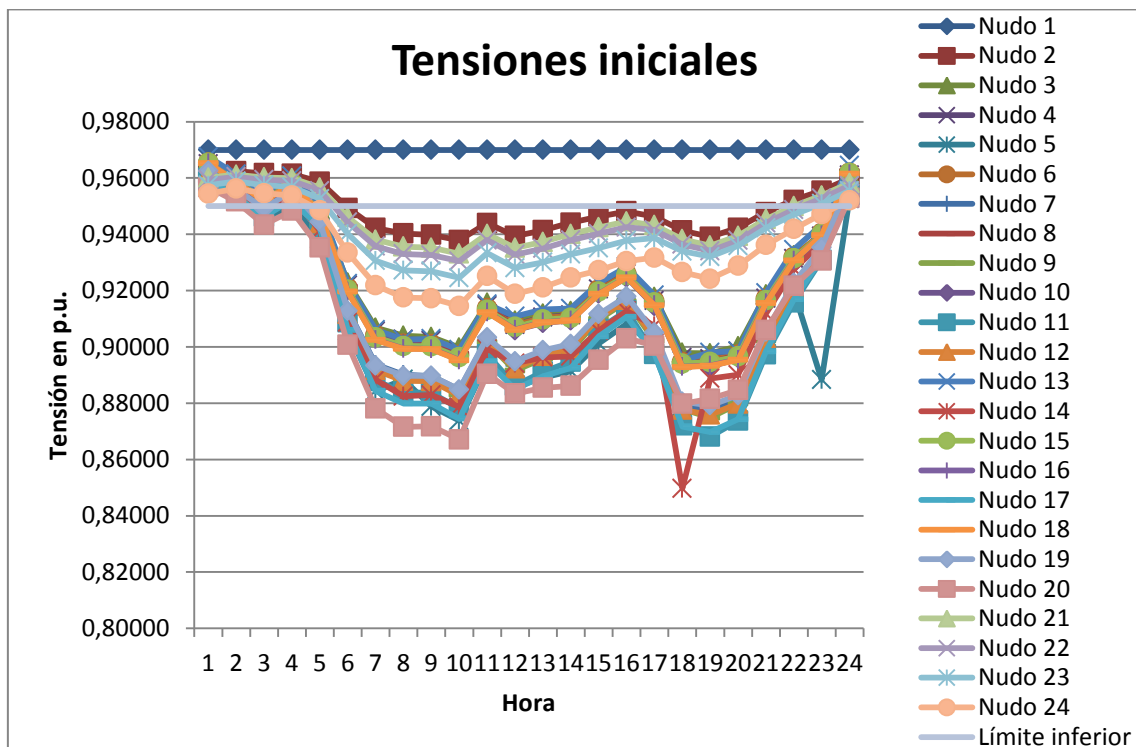


Figura 5.2.2.5-1. Tensiones iniciales. GD discreto. Caso 5.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

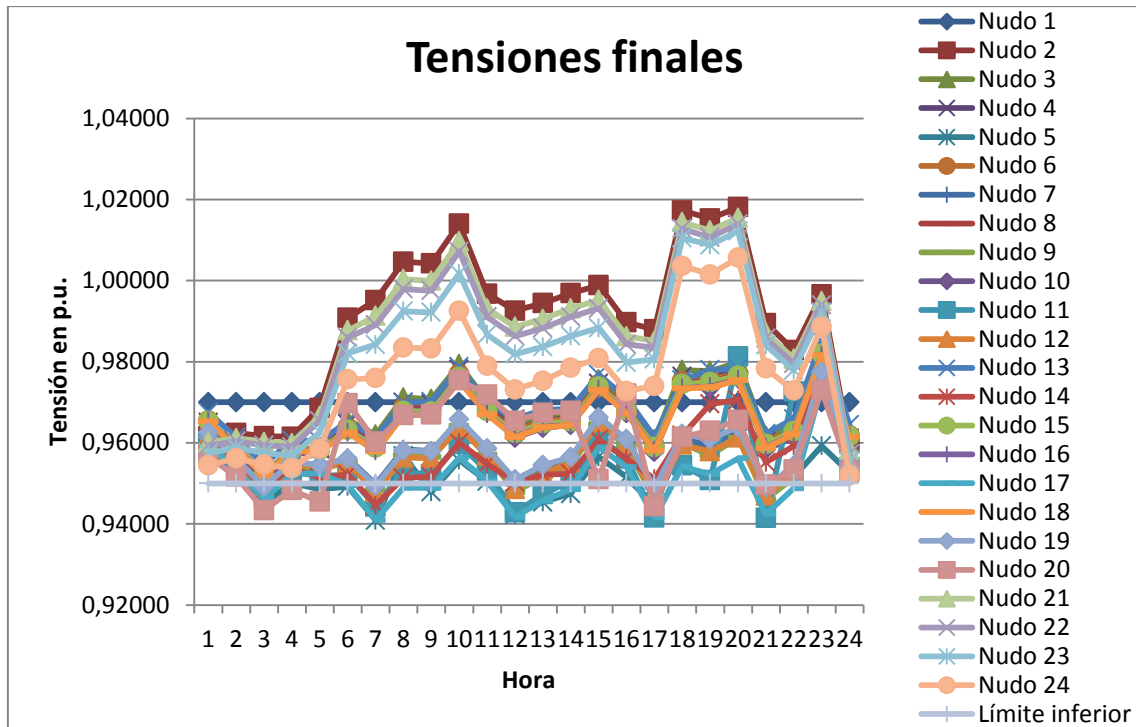


Figura 5.2.2.5-2. Tensiones finales. GD discreto. Caso 5.

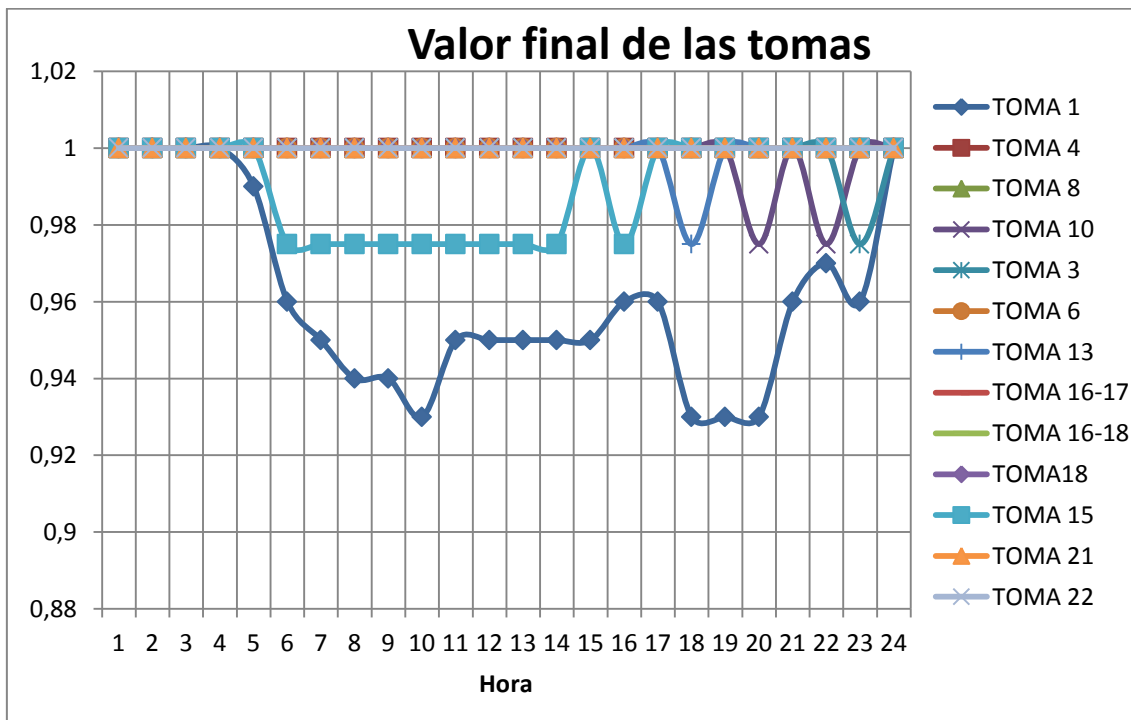


Figura 5.2.2.5-3. Valor tomas finales. GD discreto. Caso 5.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

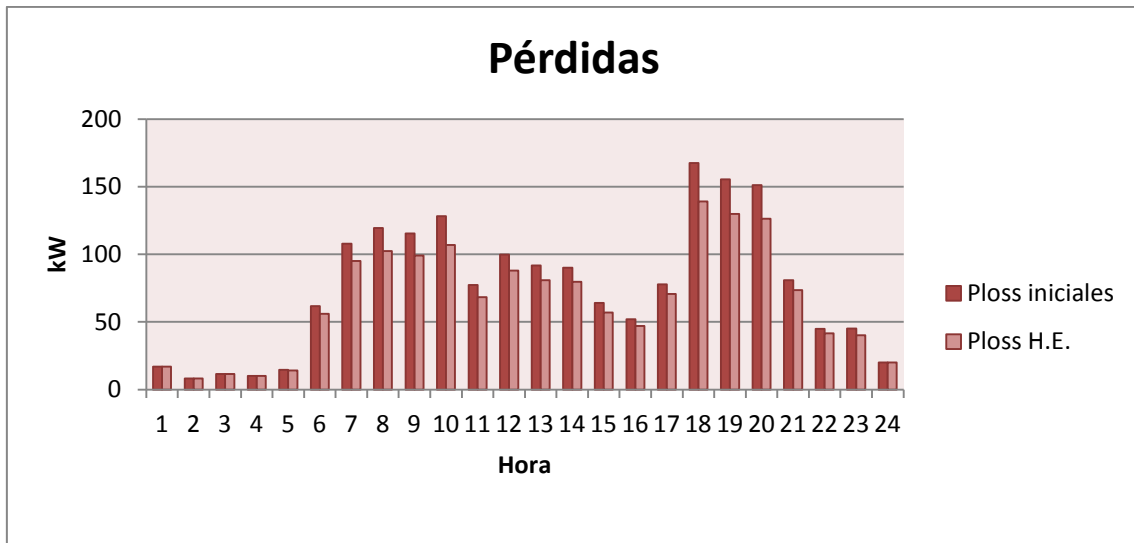


Figura 5.2.2.5-4. Pérdidas iniciales y finales. GD discreto. Caso 5.

### 5.2.2.6 Caso 6.

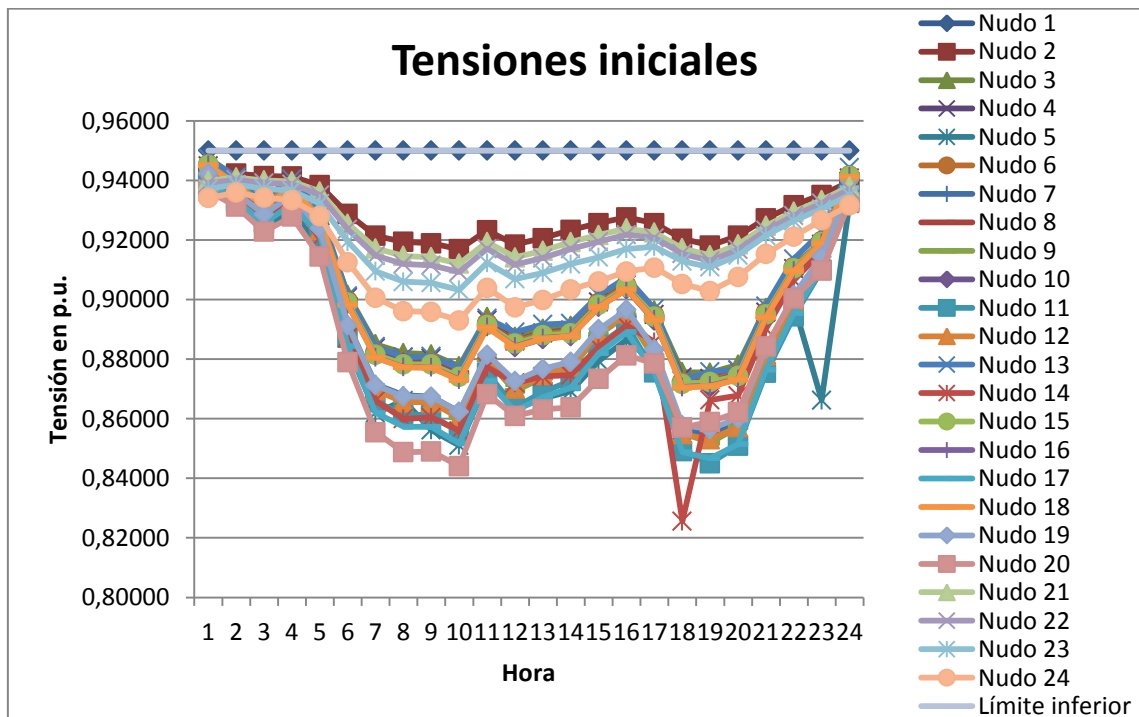


Figura 5.2.2.6-1. Tensiones iniciales. GD discreto. Caso 6.



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

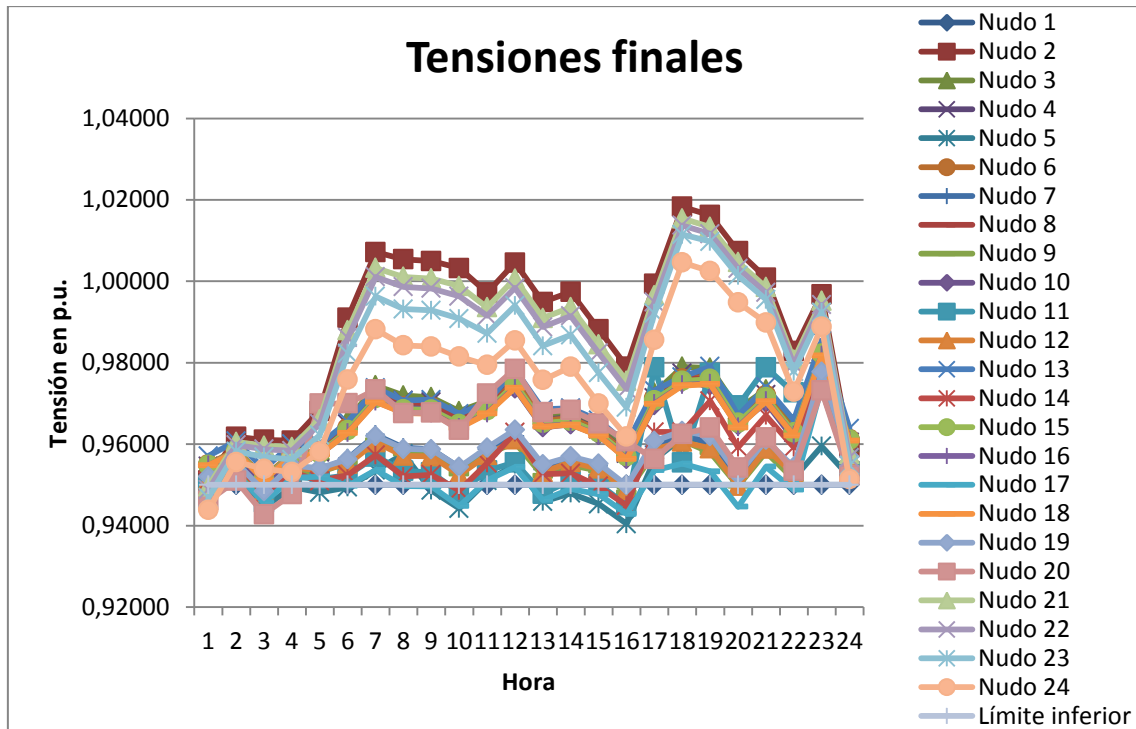


Figura 5.2.2.6-2. Tensiones finales. GD discreto. Caso 6.

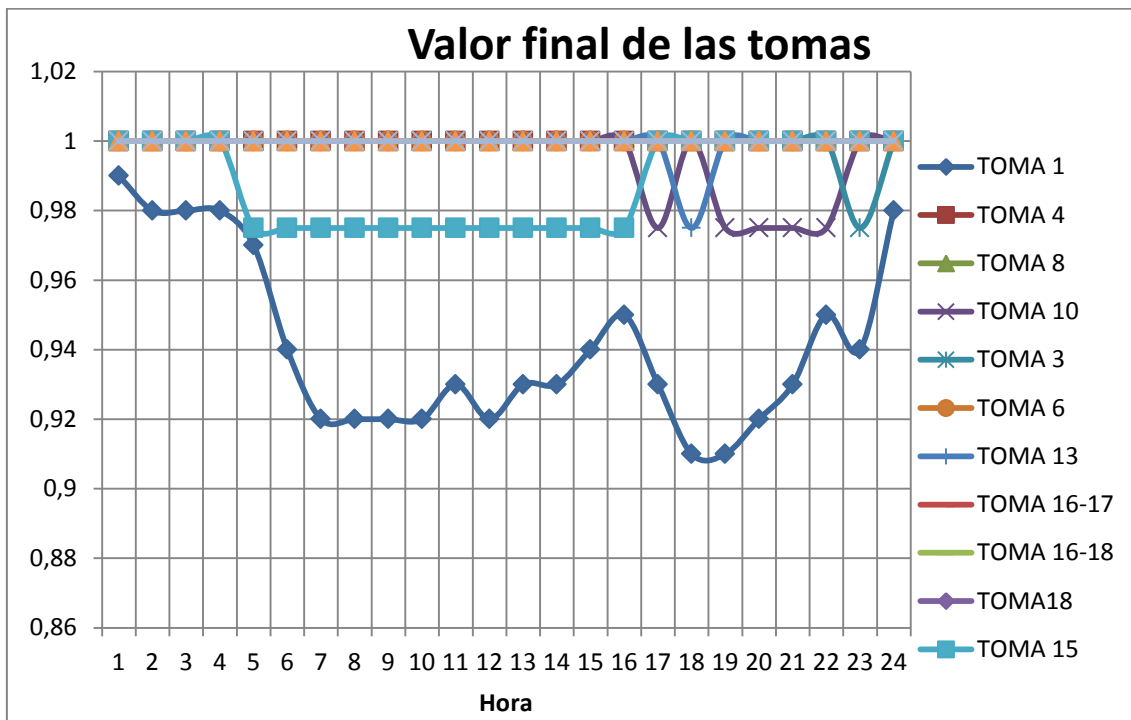


Figura 5.2.2.6-3. Valor tomas finales. GD discreto. Caso 6.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

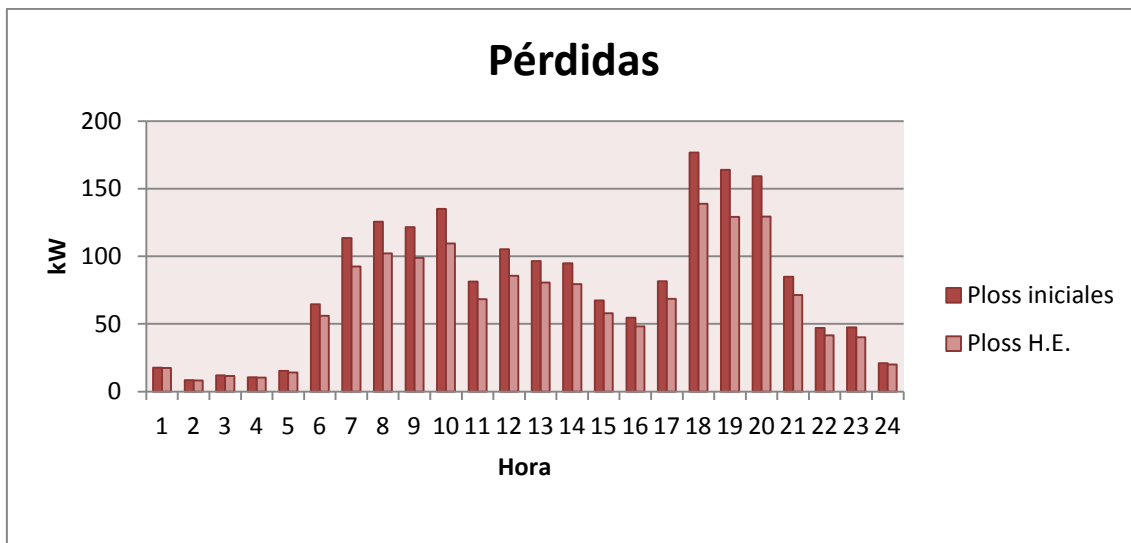


Figura 5.2.2.6-4. Pérdidas iniciales y finales. GD discreto. Caso 6.

Del caso 1 al 6 disminuyen las tensiones corregidas.

En los casos 1 y 2, al contar en el caso 1 con V1 y en el caso 2 permitiendo V1 subir las tensiones, se corrigen tensiones con el trafo de cabecera y pequeñas correcciones a nivel local.

Surge la problemática de la restricción del escenario discreto.

A modo de ejemplo la siguiente figura del caso 3:

Tabla 5.2.2.6. Actuaciones caso 3. Con GD. Discreto.

	HORA 9		NUDO	Inicial	Final
	Incremento	u		10	10
Actuación 1	-0,02669179	1	1	1,00000	1,00000
	-0,00972345	10	2	0,96927	1,00150
	0	0	3	0,93262	0,96629
Actuación 2	-0,00447984	1	4	0,93131	0,96503
	-0,00972345	10	5	0,90771	0,94232
	0	0	6	0,93006	0,96384
Actuación 3	-0,00447984	1	7	0,91820	0,95242
	-0,00972345	10	8	0,93042	0,96417
	0	0	9	0,91658	0,95086
Actuación 4	-0,00447984	1	10	0,92936	0,96316
	-0,00972345	10	11	0,91185	0,94630
	0	0	12	0,91630	0,95060
Actuación 5	-0,00447984	1	13	0,93195	0,96566
	-0,00972345	10	14	0,91228	0,94672
	0	0	15	0,92930	0,96311



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

<b>Actuación 6</b>	-0,00447984	1
	-0,00972345	10
	0	0
<b>Actuación 7</b>	-0,00447984	1
	-0,00972345	10
	0	0
<b>Actuación 8</b>	-0,00447984	1
	-0,00972345	10
	0	0
<b>Actuación 9</b>	-0,00447984	1
	-0,00972345	10
	0	0
<b>Actuación 10</b>	-0,00447984	1
	-0,00972345	10
	0	0
<b>Actuación 11</b>	-0,00447984	1
	-0,00972345	10
	0	0
<b>Actuación 12</b>	-0,00447984	1
	-0,00972345	10
	0	0
<b>Actuación 13</b>	-0,00447984	1
	-0,00972345	10
	0	0
<b>Actuación 14</b>	-0,00447984	1
	-0,00972345	10
	0	0
<b>Actuación 15</b>	-0,00447984	1
	-0,00972345	10
	0	0
<b>Actuación 16</b>	-0,00447984	1
	-0,00972345	10
	0	0
<b>Actuación 17</b>	-0,00447984	1
	-0,00972345	10
	0	0
<b>Actuación 18</b>	-0,00447984	1
	-0,00972345	10
	0	0
<b>Actuación 19</b>	-0,00447984	1
	-0,00972345	10
	0	0

16	0,92840	0,96224
17	0,90831	0,94291
18	0,92826	0,96211
19	0,91830	0,95252
20	0,90126	0,96157
21	0,96468	0,99706
22	0,96208	0,99454
23	0,95639	0,98905
24	0,94674	0,97973

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

Actuación 20	-0,00447984	1
	-0,00972345	10
	0	0

La Herramienta llega a las 20 actuaciones máximas con las que se trabajan, cada reparto que hace calcula los valores, que no llegan a corregir.

Se corrigen tensiones pero no todas.

### 5.2.3 Sintonización.

Al igual que en el caso continuo, ahora se sintonizan las tomas de los trafos de media a baja tensión, calculando el valor medio que toma las 24 horas en los casos estudiados en los apartados anteriores.

En la siguiente gráfica se muestran los valores de las tomas a sintonizar:

*Tabla 5.2.3-1. Valor continuo de la sintonización de las tomas de los trafos MT/BT.*

T	NO GD						GD					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
TOMA 4,7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 8-9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 10-11	1	1	1	1	1	0,99792	1	1	1	0,99896	0,99792	0,99479
TOMA 3-5	1	1	1	0,99896	0,99896	0,99896	1	1	1	1	0,99896	0,99896
TOMA 6-12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 13-14	1	1	0,99896	0,99896	0,99896	0,99896	1	1	0,99896	0,99896	0,99896	0,99896
TOMA 16-17	1	1	0,99896	0,99688	0,99479	0,99375	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 18-19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 15-20	1	1	0,99688	0,99375	0,98958	0,98438	1	1	1	0,99792	0,98958	0,9875
TOMA 21-23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22-24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Pasando las tomas a el valor que tomarían en la realidad:

*Tabla 5.2.3-2. Valor discreto de la sintonización de las tomas de los trafos MT/BT.*

T	NO GD						GD					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
TOMA 4,7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 8-9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 10-11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 3-5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 6-12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 13-14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 18-19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 15-20	1	1	1	1	1	0,975	1	1	1	1	1	0,975
TOMA 21-23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22-24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

En la tabla de arriba, los únicos casos en los que hay posibilidad de fijar las tomas en un valor distinto a la unidad es en el caso 6, tanto sin como con generación distribuida, casos en los que el valor de V1 está fijado en 0,95, el resultado será el perfil de tensiones que presente más nudos fuera de límites.

Ahora se comprueba qué pasa si se sintonizan estas tomas al valor fijo que hemos obtenido, y se deja la toma del trafo de cabecera como control que nos permita corregir cualquier perfil de subtensiones.

### 5.2.3.1 Sin Generación Distribuida.

#### 5.2.3.1.1 Caso 6.

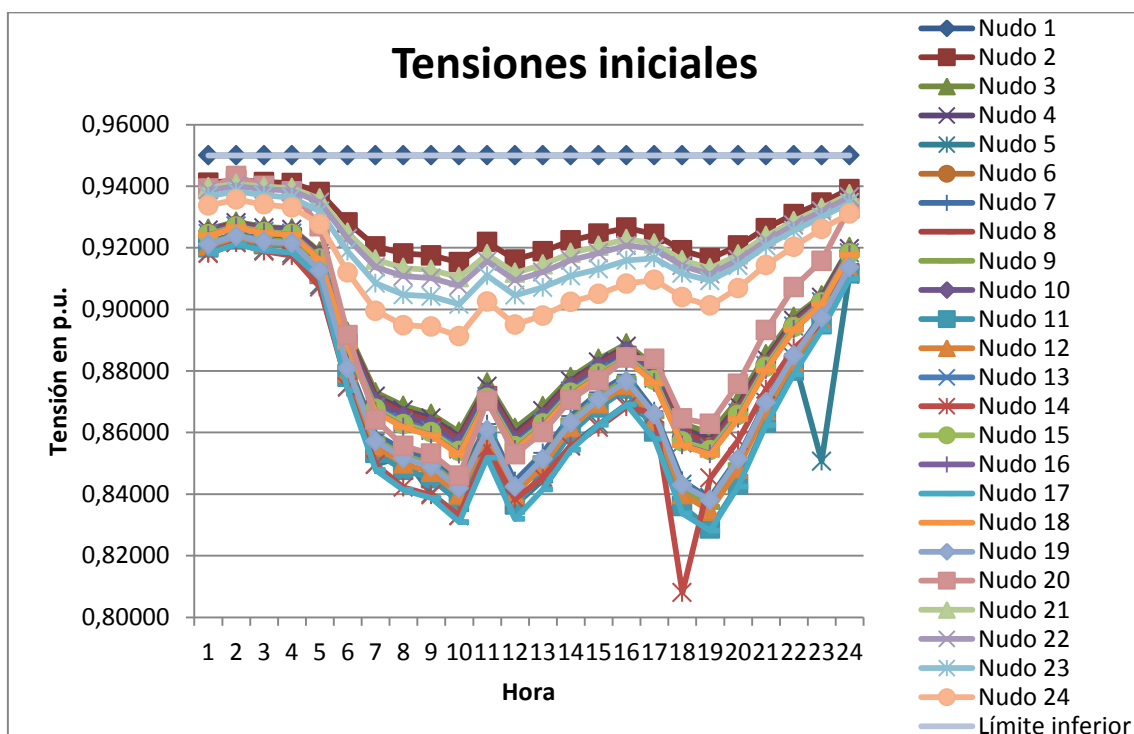


Figura 5.2.3.1.1-1. Tensiones iniciales. Sintonización sin GD discreto. Caso 6.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

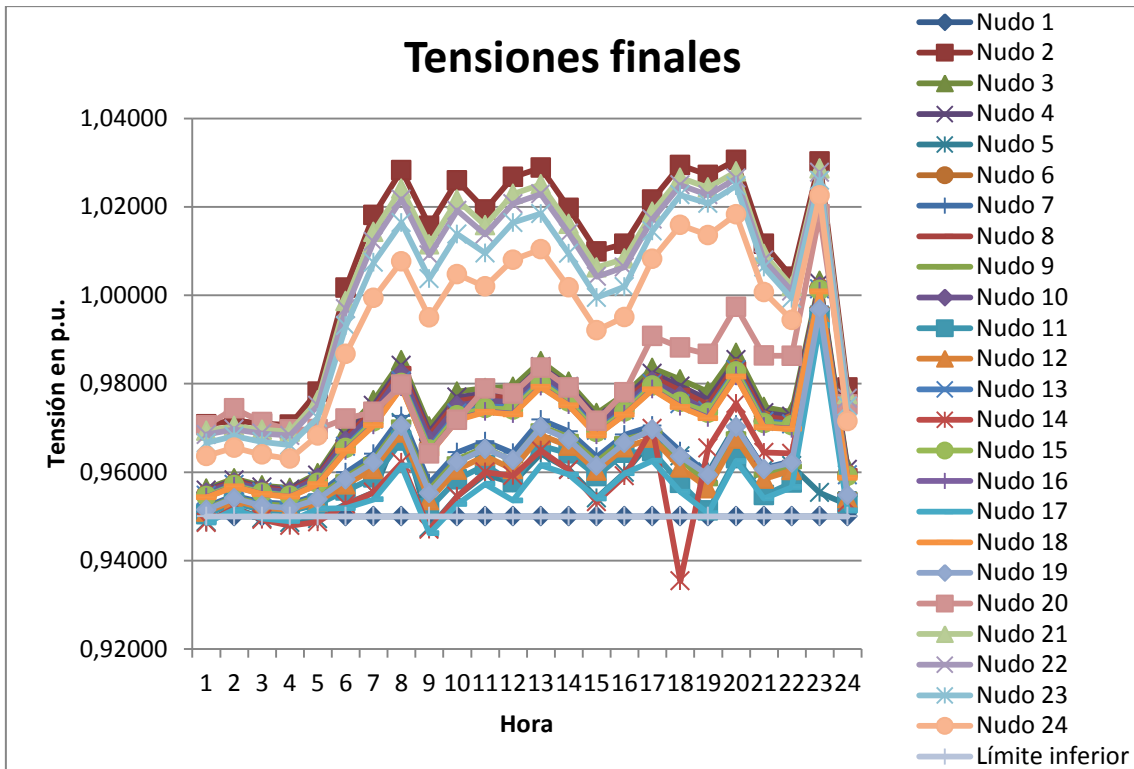


Figura 5.2.3.1.1-2. Tensiones finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 6.

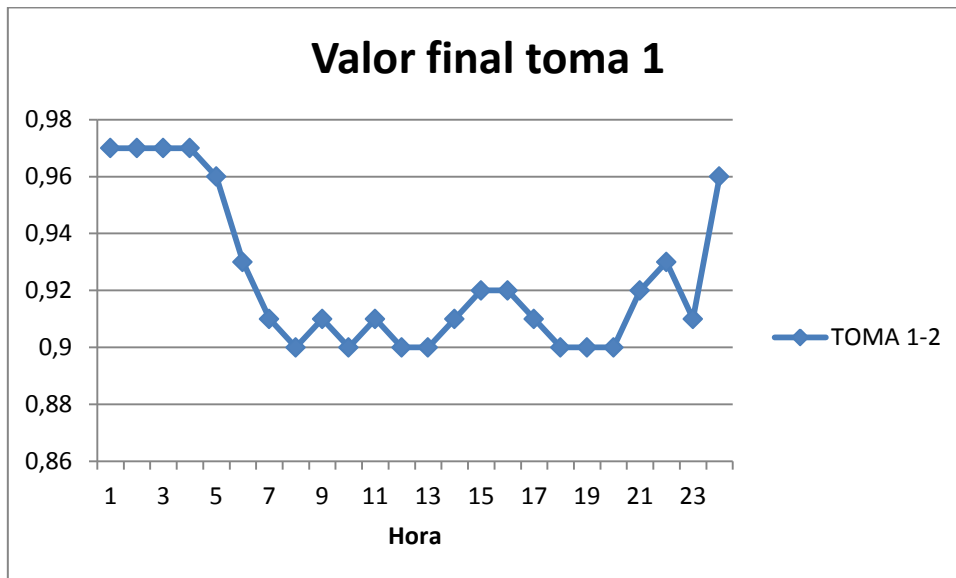


Figura 5.2.3.1.1-3. Valor toma 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 6.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

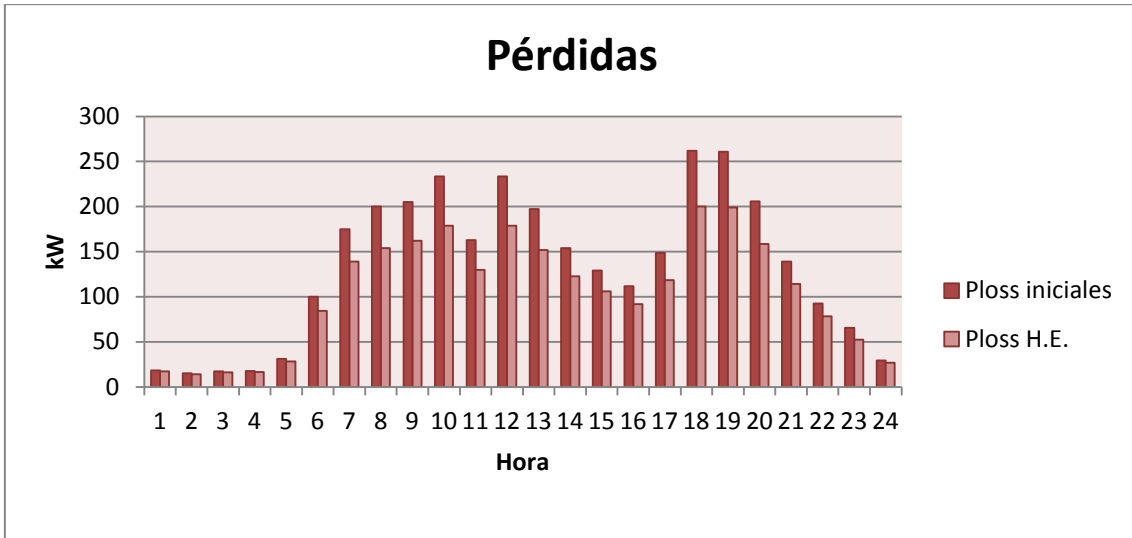


Figura 5.2.3.1.1-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización sin GD discreto. Caso 6.

### 5.2.3.2 Generación Distribuida.

#### 5.2.3.2.1 Caso 6.

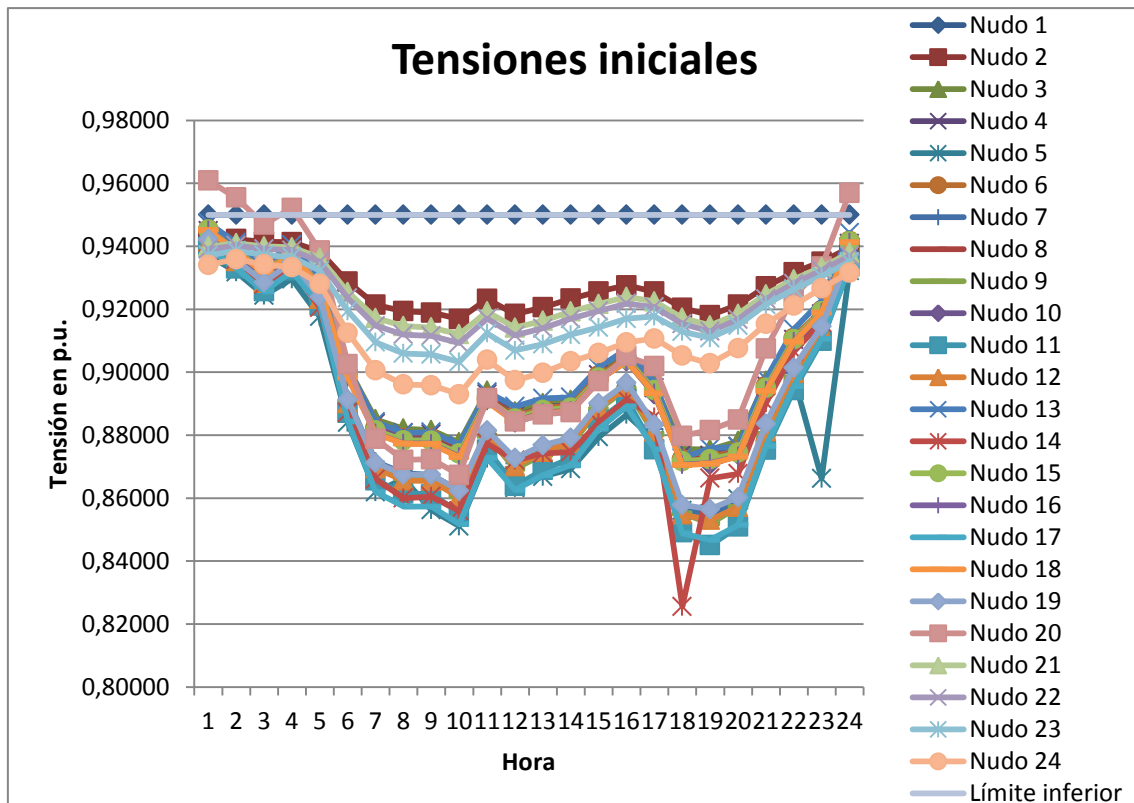
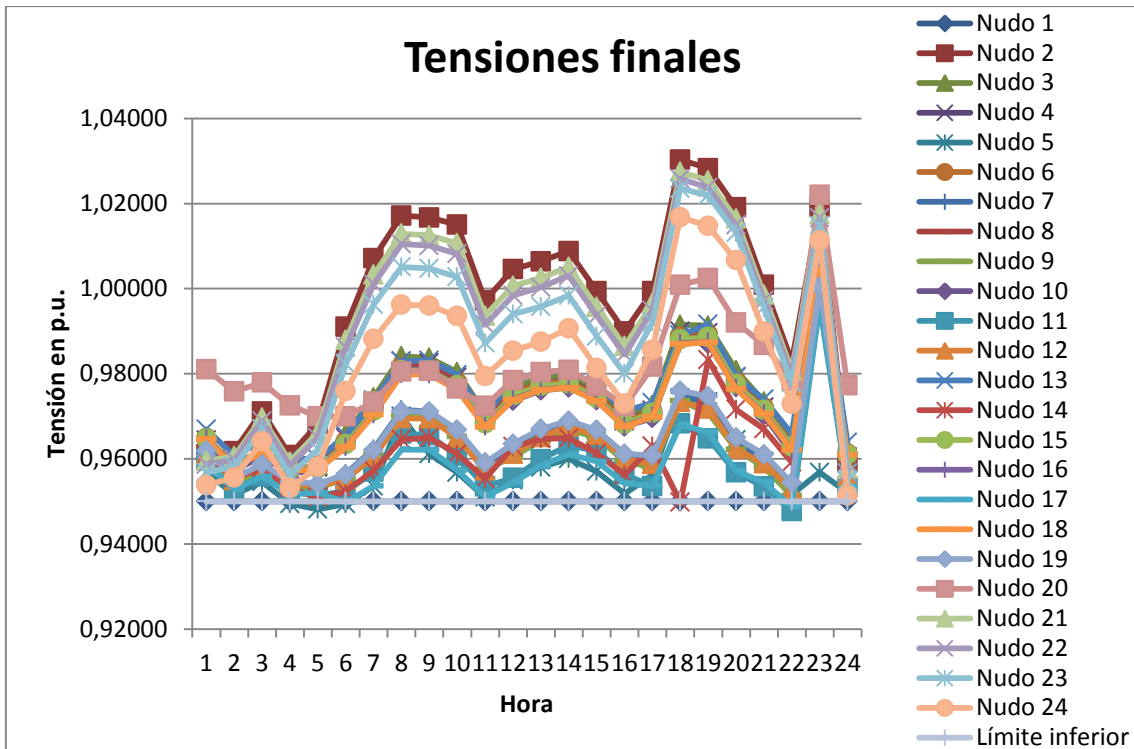
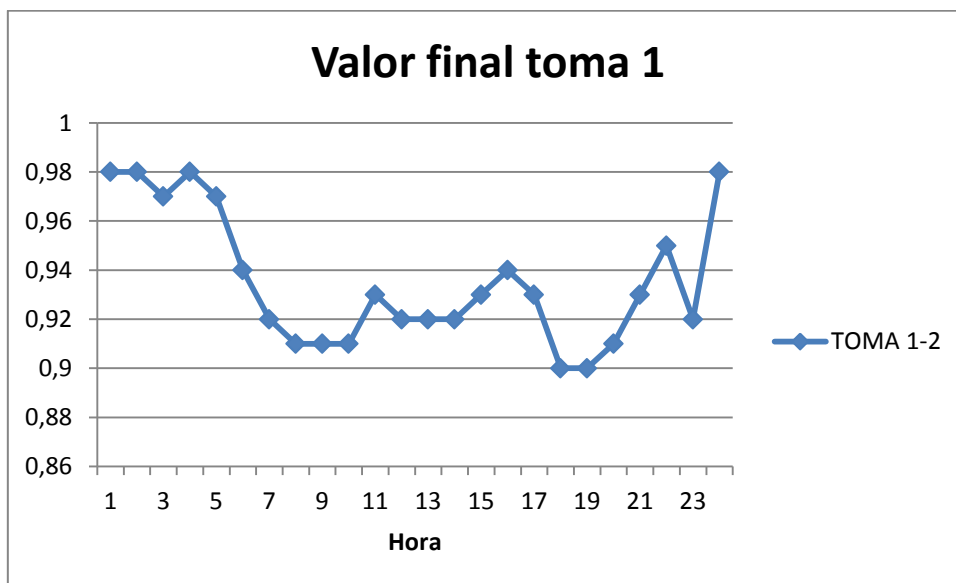


Figura 5.2.3.1.2-1. Tensiones iniciales. Sintonización con GD discreto. Caso 6.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión



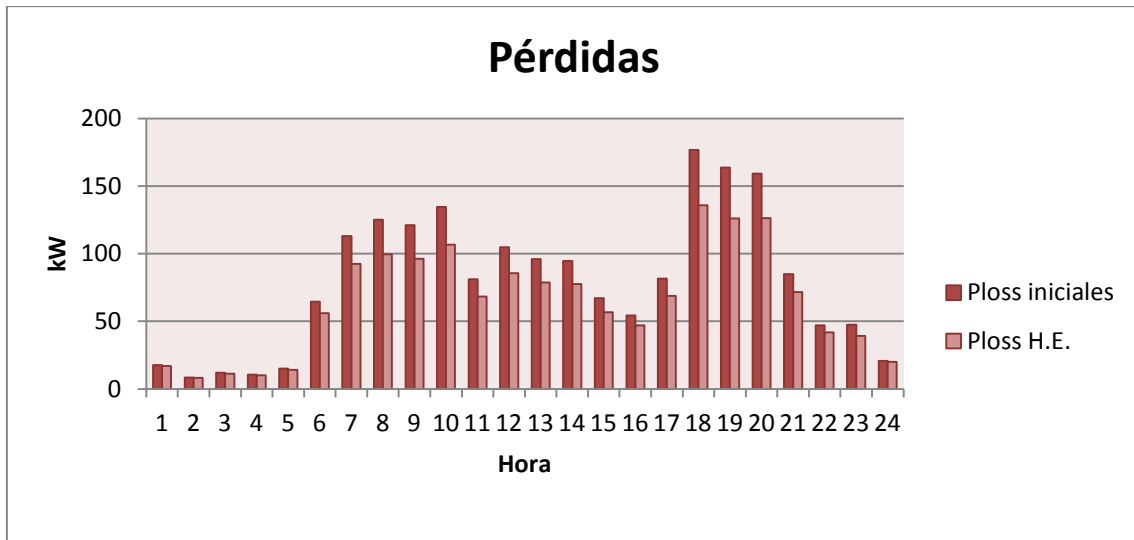
*Figura 5.2.3.1.2-2. Tensiones finales. Sintonización con GD discreto. Caso 6.*



*Figura 5.2.3.2.1-3. Valor toma 1. Sintonización con GD discreto. Caso 6.*



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión



*Figura 5.2.3.1.2-4. Pérdidas iniciales y finales. Sintonización con GD discreto. Caso 6.*

La generación distribuida permite mejorar el estado de la red. La corrección total no se da en estos casos.

No se pueden mover las tomas al valor discreto suficiente para corregir.

Se corrigen las tensiones de forma parcial.

Sin generación, la toma del trafo de cabecera baja más la toma que con generación.

### 5.3 Pérdidas.

En este apartado se van a representar las pérdidas obtenidas en cada caso, en su estado inicial y tras la actuación de la Herramienta.

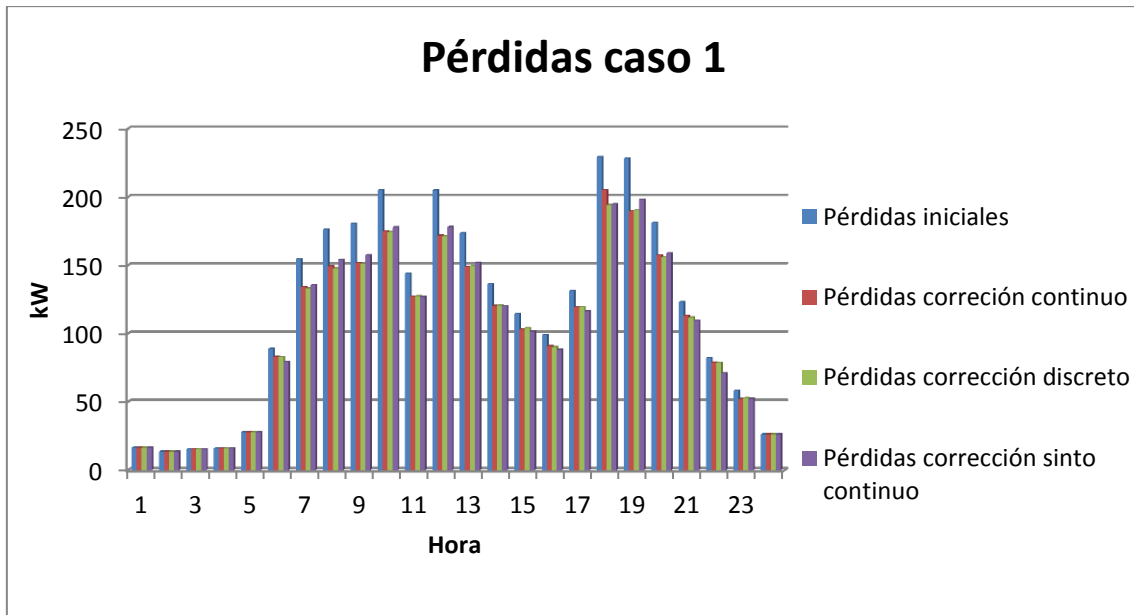
Se divide la representación teniendo en cuenta que nuestra red tiene generación distribuida y no.

En cada gráfica se van a representar:

- ✓ Pérdidas iniciales obtenidas tras el primer reparto de cargas.
- ✓ Pérdidas obtenidas tras la actuación de la herramienta, en continuo.
- ✓ Pérdidas obtenidas tras la actuación de la herramienta, en discreto.
- ✓ Pérdidas obtenidas tras la actuación de la herramienta, cuando fijamos las tomas de los trafos de MT/BT y solo tenemos como control la toma del trafo de cabecera.

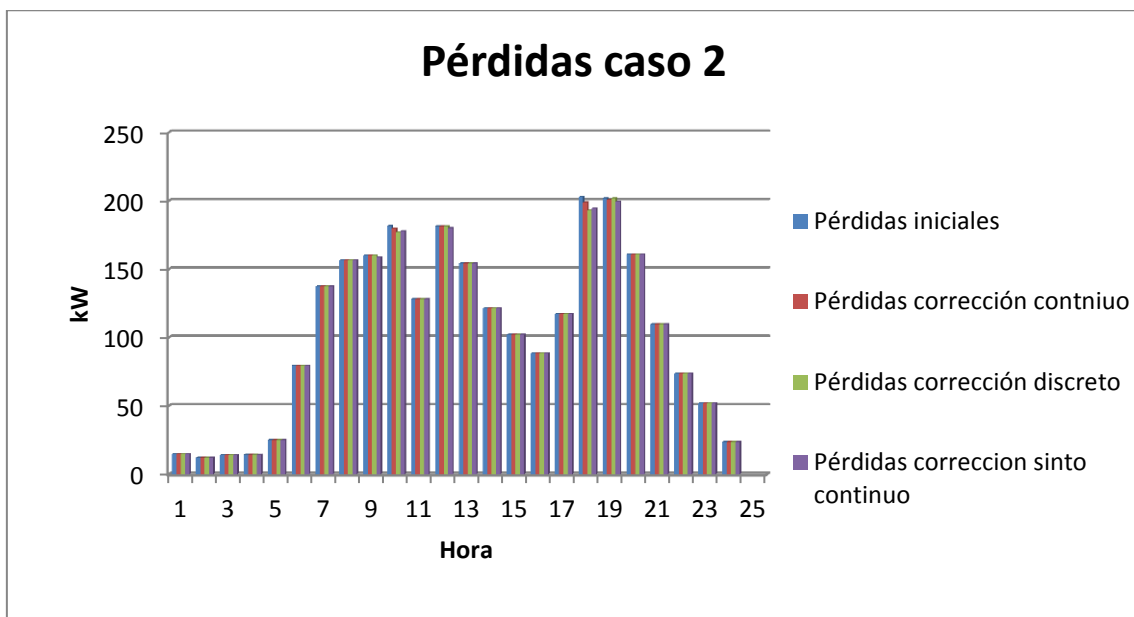
#### 5.3.1 Sin Generación Distribuida.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión



*Figura 5.3.1-1. Comparación de pérdidas. Caso 1.*

En la gráfica se aprecia la disminución de las pérdidas cuando actúa la herramienta (horas 6-23), en cualquiera de los escenarios: continuo, discreto y sintonización en continuo.



*Figura 5.3.1-2. Comparación de pérdidas. Caso 2.*

En este caso se elevan tensiones ( $V1=1,05$ ) por lo que reducimos todas las pérdidas.

Además se aprecia que la herramienta solo ha actuado en las horas 10 y 19, y se vuelen a disminuir las pérdidas.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

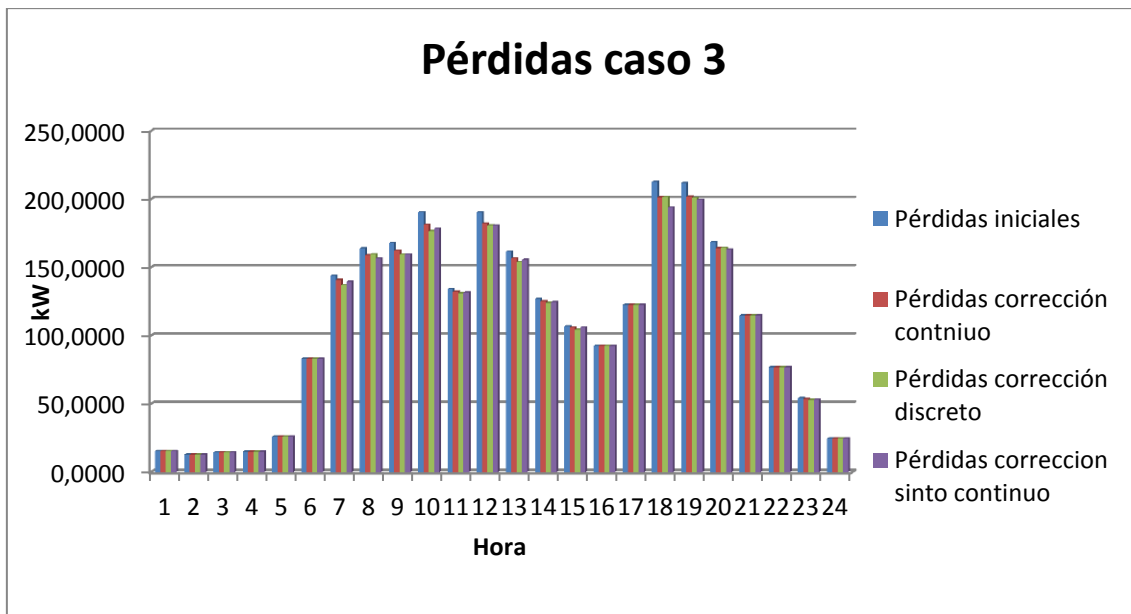


Figura 5.3.1-3. Comparación de pérdidas. Caso 3.

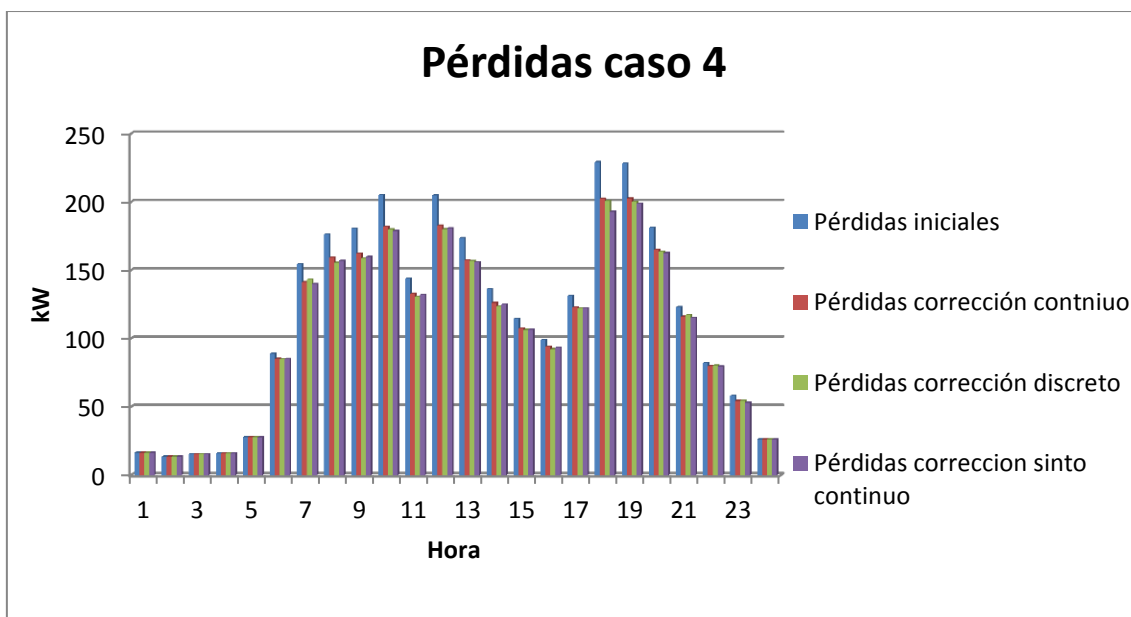
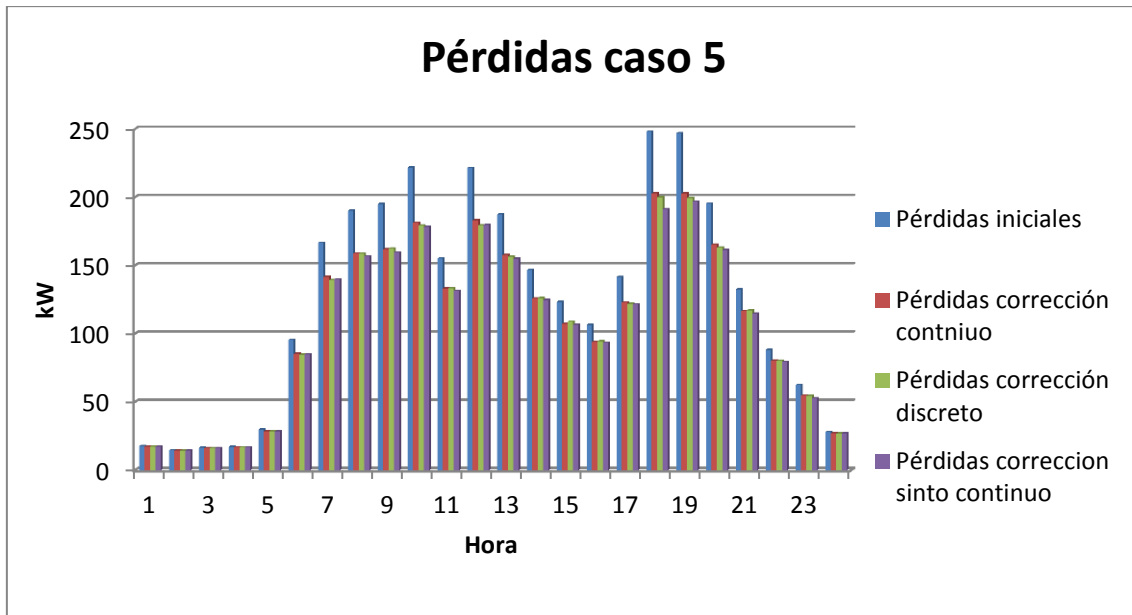


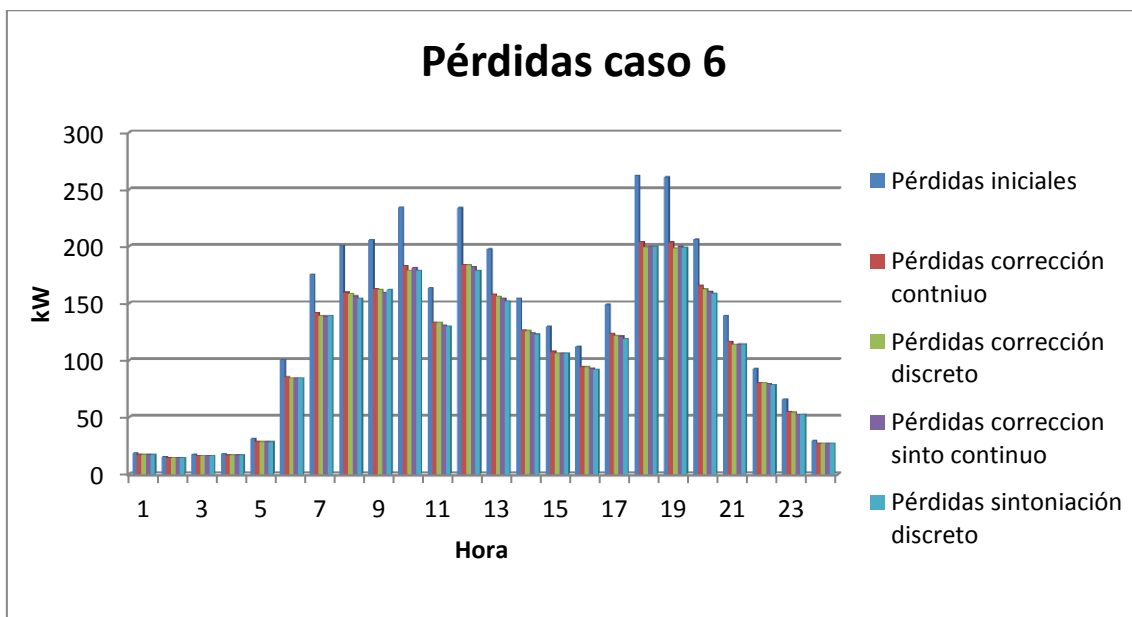
Figura 5.3.1-4. Comparación de pérdidas. Caso 4.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión



*Figura 5.3.1-5. Comparación de pérdidas. Caso 5.*

Se observa como a medida que bajamos tensiones, suben las pérdidas. Seguimos apreciando que mejoramos las pérdidas con la herramienta.



*Figura 5.3.1-6. Comparación de pérdidas. Caso 6.*

En este caso es en el que el valor de las pérdidas es más elevado, las tensiones se bajan al fijar  $V_1$  a 0,95, por lo que las pérdidas en el estado inicial serán mayores que en todos los casos anteriores.

Al presentar este caso con mayor número de variables fuera de límites (se realizan actuaciones en

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

todas las horas), la disminución de las pérdidas se aprecia notablemente.

En los casos en los que se elevan tensiones, la disminución de pérdidas en aquellas horas en las que es necesario corregir más es del orden de 5-10 kW, mientras que en los casos donde se bajan tensiones, la variación es de 30-40 kW debido a la mayor corrección que hay que realizar.

### 5.3.2 Con Generación Distribuida.

Con generación cerca de los puntos de consumo, la tensión en esos puntos se va a elevar, por lo que las pérdidas serán menores que sin generación.

Se van a representar las pérdidas con el mismo criterio que en apartado anterior.

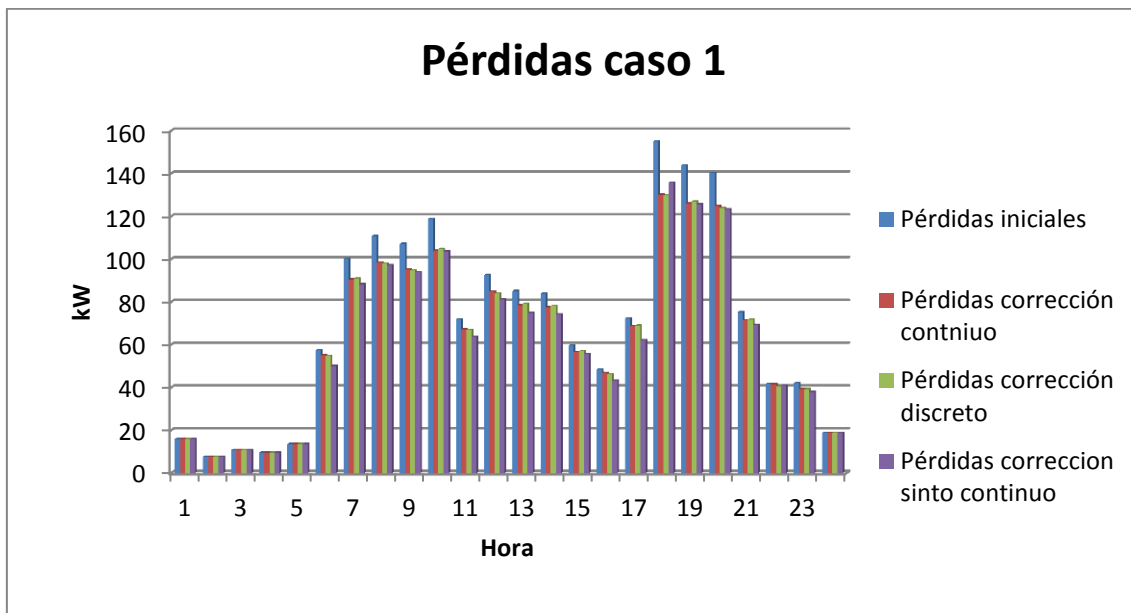


Figura 5.3.2-1. Comparación de pérdidas. Caso 1.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

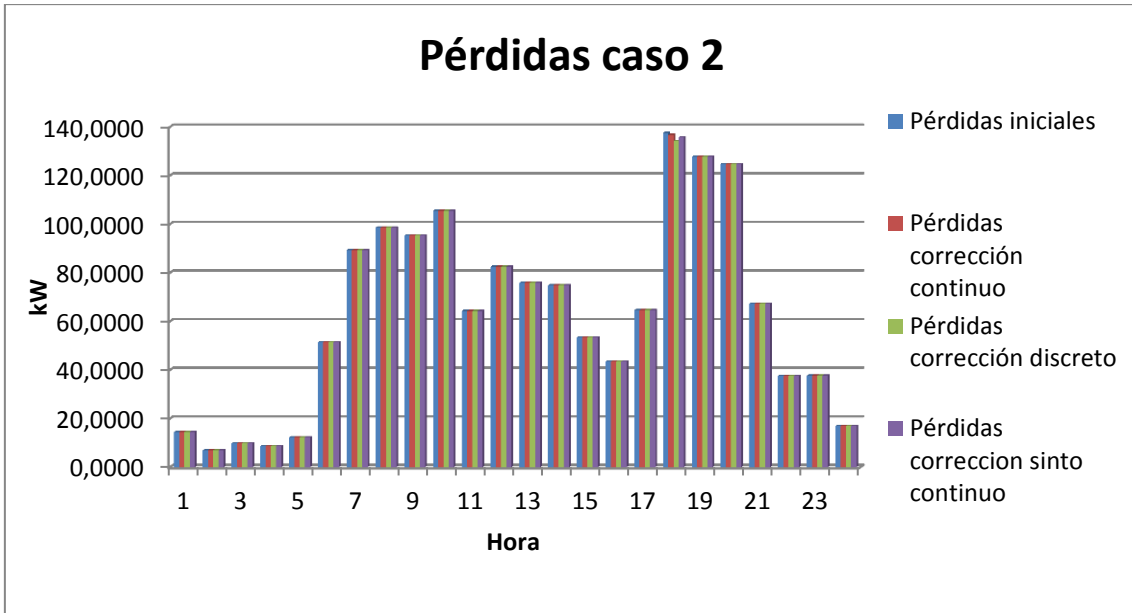


Figura 5.3.2-2. Comparación de pérdidas. Caso 2.

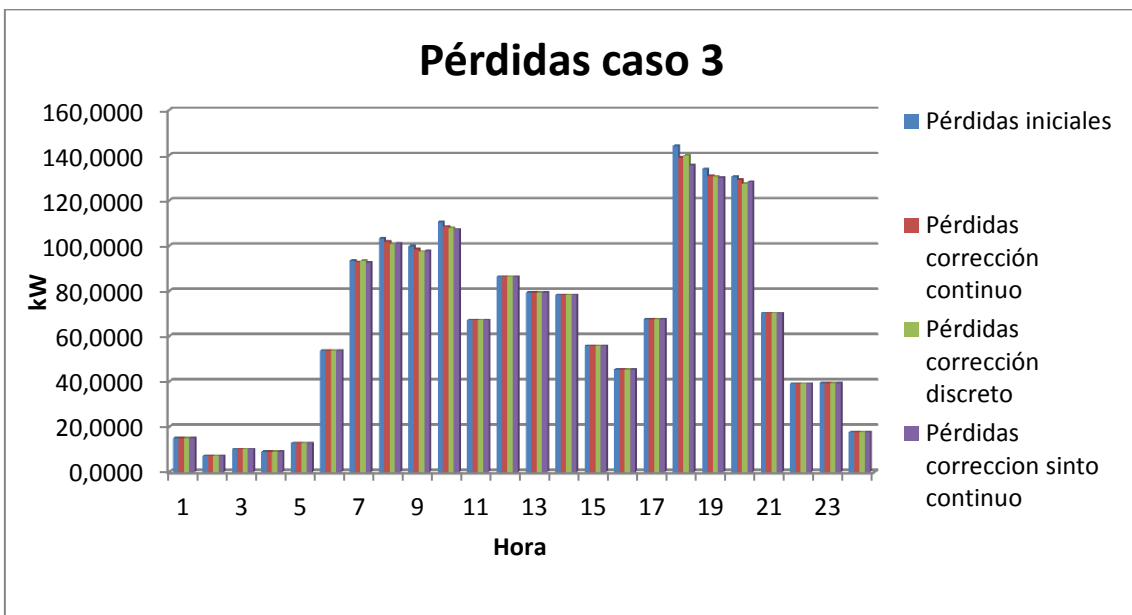


Figura 5.3.2-3. Comparación de pérdidas. Caso 3.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

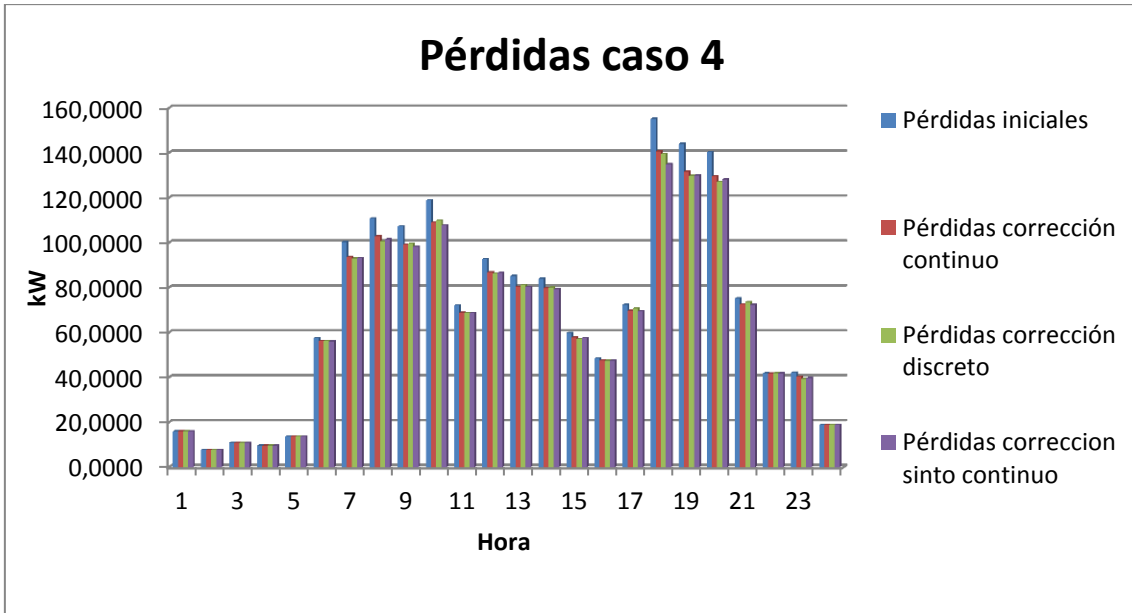


Figura 5.3.2-4. Comparación de pérdidas. Caso 4.

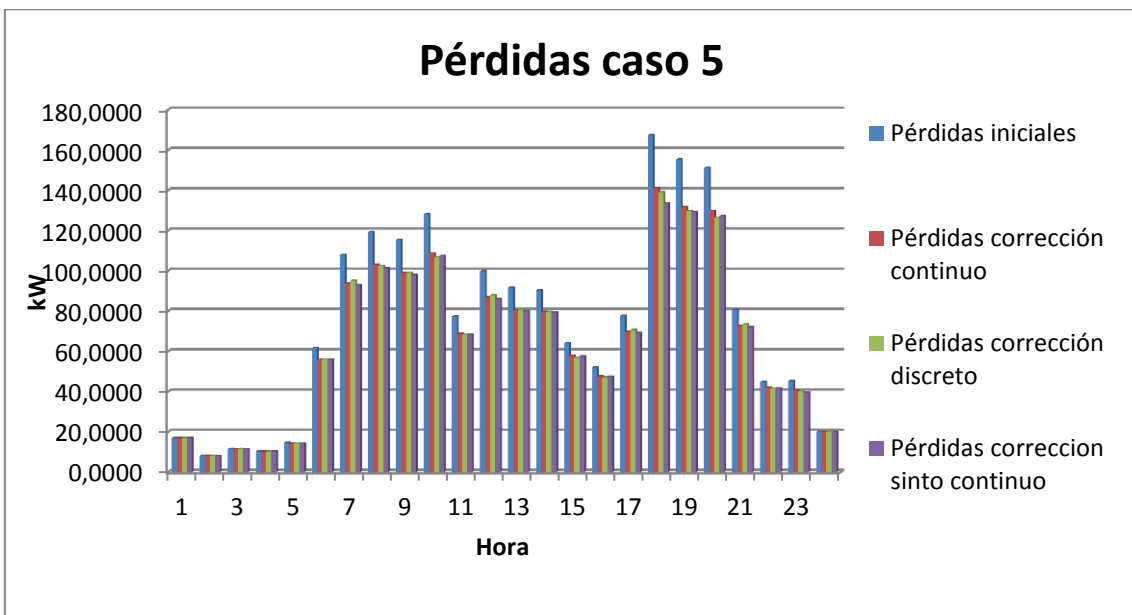


Figura 5.3.2-5. Comparación de pérdidas. Caso 5.

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

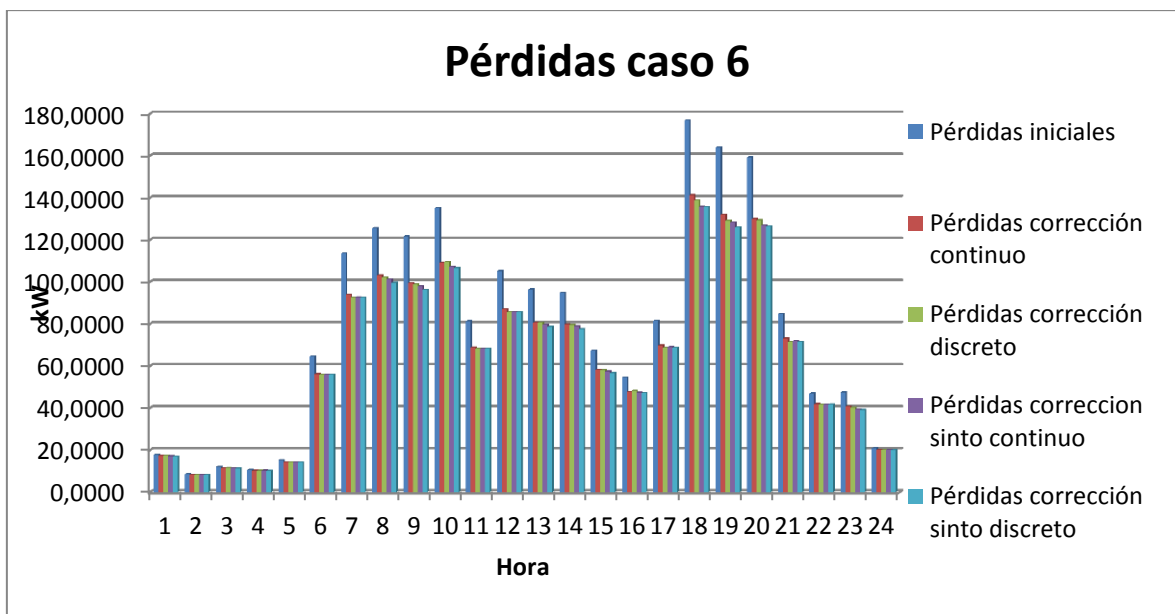


Figura 5.3.2-6. Comparación de pérdidas. Caso 6.

Las pérdidas han disminuido en todos los casos.

Seguimos observando que las pérdidas disminuyen, sin seguir un patrón con el que podamos identificar en qué escenario se evoluciona siempre a una mejoría en cuanto a pérdidas.

En el caso 6 observamos que en la sintonización en discreto siempre se obtienen menos pérdidas que con las correcciones en los anteriores escenarios.

A mayor correcciones a realizar, mayor disminución de pérdidas. Las variaciones de las que se habla en el apartado sin generación distribuida vuelven a ponerse de manifiesto.



# 6 CONCLUSIONES

---

*Conclusiones casos estudiados*

Generación Distribuida-Continuo

- Caso 1
- Caso 2
- Caso 3
- Caso 4
- Caso 5
- Caso 6

Generación Distribuida-Discreto

- Caso 1
- Caso 2
- Caso 3
- Caso 4
- Caso 5
- Caso 6

Generación Distribuida-Sintonización continuo

- Caso 1
- Caso 2
- Caso 3
- Caso 4
- Caso 5
- Caso 6

Generación Distribuida-Sintonización discreto

- Caso 1
- Caso 2
- Caso 3
- Caso 4
- Caso 5
- Caso 6

Sin Generación Distribuida-Continuo

- Caso 1
- Caso 2
- Caso 3
- Caso 4
- Caso 5
- Caso 6

Sin Generación Distribuida-Discreto

- Caso 1
- Caso 2
- Caso 3
- Caso 4
- Caso 5
- Caso 6

Sin Generación Distribuida-Sintonización continuo

- Caso 1
- Caso 2
- Caso 3
- Caso 4

**Mayor  
corrección**



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

Caso 5

Caso 6

### Sin Generación Distribuida-Sintonización discreto

Caso 1

Caso 2

Caso 3

Caso 4

Caso 5

Caso 6

En orden descendente los casos arriba, clasificados según capacidad de corregir más tensiones, ya que se ha comprobado que se mejora el estado de la red, se disminuyen pérdidas y se corrigen 100 % tensiones, pero no siempre y además en función del estado que presente la red inicial.

Las peculiaridades de cada caso y el porqué de la clasificación se explican a continuación:

La Generación Distribuida mejora el estado de la red en cuanto a tensiones, ya que la red es muy sensible a las inyecciones de potencia. Aquellos nudos que cuenta con GD si se compara una situación de subtensión en estos dos casos, con la presencia de generación se hace menos necesario el control local de tensiones. De forma global también permite mejorar las tensiones.

En el caso continuo, se obtienen valores más óptimos que en discreto. Además, como ya se ha mencionado, el escenario añade una restricción más, los valores que debe tomar la tomar, por lo que tengo los mismos controles pero una restricción más  $\Rightarrow$  tengo menos control sobre la red.

En cuanto a la sintonización, permite que en los casos en los que hay un perfil de tensiones muy malo, surja la necesidad de modificar muchas tomas, y el resultado de esto es que como valor a fijar, se obtiene un valor más óptimo.

Aun así, cabe destacar, que al sintonizar reducimos la capacidad de controlar, ya que fijamos todas las tomas de los trafos de MT/BT.

Sin Generación Distribuida todo lo arriba mencionado se pone de manifiesto, además de que se empeora.

Conforme se bajan las tensiones, se tienen que realizar más actuaciones, y sobre todo a nivel local.

El caso en el que contamos con V1 como variable permite mayor corrección, si comparamos con el caso en el que lo fijamos a un valor, siempre y cuando este valor fijado sea 1 o menor que 1.

El caso en el que V1 es fijo pero lo subimos permite de entrada que se suban las tensiones de la red. Conforme bajamos tensiones aumentan el número de actuaciones y de trafos que hay que variar. La presencia de generación distribuida, hace que todos los casos que acabamos de mencionar se realicen menos actuaciones y se cuente con un primer reparto de carga con menos tensiones fuera de límites.

### *Conclusiones generales*

Al comienzo del presente trabajo definimos como objetivo mejorar la operación y estado de la red

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

con el uso de la Herramienta Heurística de Control basada en Sensibilidades.

Las conclusiones que podemos obtener tras realizar las pruebas son:

- ✓ La Herramienta nos ayuda a tener un control local sobre aquellos nudos aguas abajo que tienen tensiones fuera de límites.
- ✓ Usa aquél control que es más óptimo para corregir nuestras variables.
- ✓ Cuando se varía un control, no genera violaciones en otras variables que no estuvieran inicialmente fuera de límites.
- ✓ Permite reducir pérdidas.
- ✓ La presencia de Generación Distribuida hace que las tensiones se eleven, por lo que es menos necesario hacer el uso de tomas aguas abajo.
- ✓ La sintonización da un valor fijo de las tomas de los trafos de media a baja tensión que nos permite, teniendo solo como control la toma del trafa de cabecera, corregir todas las subtensiones que pueda presentar un caso.
- ✓ Si trabajamos en un escenario continuo en lugar de discreto obtenemos valores más óptimos y mejores correcciones.
- ✓ Reforzamos que el control de tensiones tiene un gran carácter local.

## **7 LÍNEAS DE ESTUDIO**

---

Se han realizado pruebas con un perfil diario de tensiones, pero sería interesante hacer un estudio por periodos.

Se podrían incrementar los controles en la red, y añadir baterías de condensadores, además de considerar que la generación distribuida un control más, ya que se ha observado que en caso en el que tenemos la consiga de tensión del slack variable se corrigen más las tensiones.

La Herramienta Heurística inicial formulaba el control de tensiones y de reactiva en los trafos frontera entre transporte y distribución, se ha adaptado al objeto de estudio del control de tensiones solamente, pero podríamos estudiar el caso conjunto de control de tensiones y de reactiva en nuestra red.

Otro aspecto a valorar para ver la viabilidad de la herramienta es el coste económico de la tecnología necesaria para llevar a cabo todo el control.

Como ya se ha mencionado en apartados anteriores, una de las necesidades de control de tensiones es garantizar la fiabilidad y calidad del servicio al consumidor, lo que hace interesante ver qué beneficios genera para el usuario final.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

---

[1] Program Operation Manual: Volume I

[2] Ángel Luis Trigo García , "Gestión Óptima de Potencia Reactiva e Sistemas Abiertos a la Competencia", Tesis Doctoral [http://catedraendesas.us.es/documentos/tesis\\_angel\\_luis\\_trigo.pdf](http://catedraendesas.us.es/documentos/tesis_angel_luis_trigo.pdf)

[3] ACTUACIONES CORRECTORAS PARA EL CONTROL DE TENSIONES EN REDES DE DISTRIBUCIÓN Y DE LOS FLUJOS DE POTENCIA REACTIVA EN

LOS TRANSFORMADORES TRANSPORTE/DISTRIBUCIÓN. Ángel Luis Trigo García 1, José Luis Martínez Ramos 2, Alejandro Marano Marcolini 3, Jesús Riquelme Santos 4 y Antonio de la Villa Jaén 5.

[4] David Trebolle Trebolle, Pablo Frías Marín, José María Maza Ortega, José Luis Martínez Ramos. "El control de tensión en redes de distribución con Generación Distribuida".

[5] "Control de Tensión". Pablo Ledesma. Universidad Carlos III de Madrid.

[6] ETSETB. MATLAB. Fundamentos y/o Aplicaciones. Curso 11/12b.

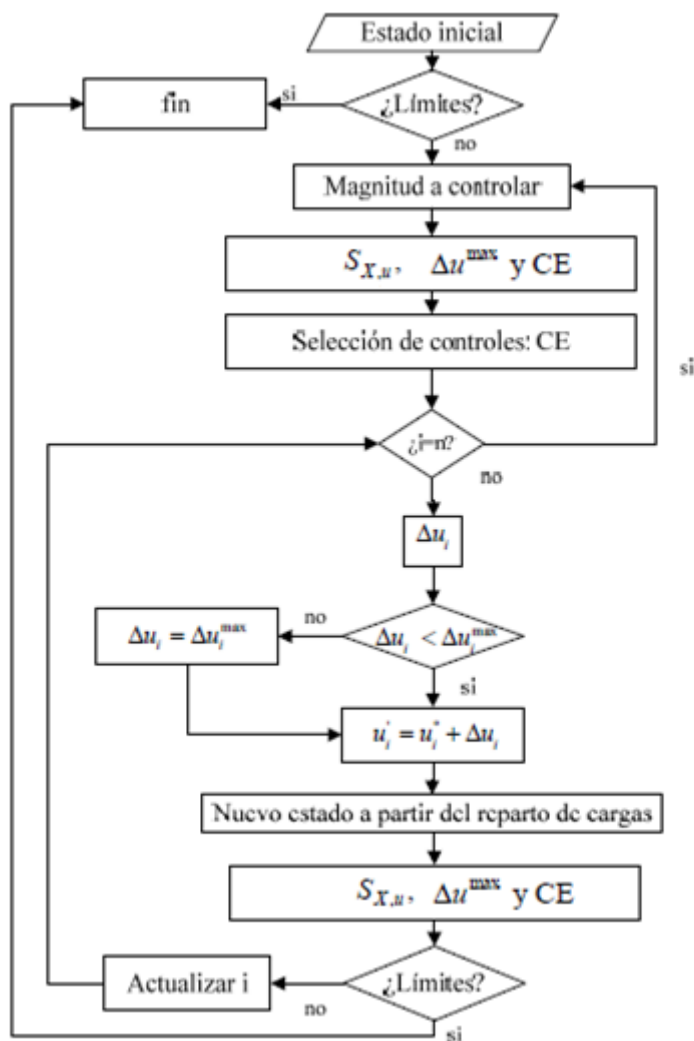
[http://www.inducor.com.ar/articulostecnicos/prueba\\_dinamica\\_del\\_cambiador\\_de\\_tomas\\_3.pdf](http://www.inducor.com.ar/articulostecnicos/prueba_dinamica_del_cambiador_de_tomas_3.pdf)

[7] [https://www.researchgate.net/publication/4307801\\_Improving\\_the\\_voltage\\_regulation\\_of\\_secondary\\_feeders\\_by\\_applying\\_solid-state\\_tap\\_changers\\_to\\_MVLV\\_transformers](https://www.researchgate.net/publication/4307801_Improving_the_voltage_regulation_of_secondary_feeders_by_applying_solid-state_tap_changers_to_MVLV_transformers)

[8] Smart Grids y la evolución de la red eléctrica.

*Desarrollo herramienta heurística de control.*

La herramienta desarrollada en el trabajo está formada por una serie de módulos de MATLAB que realizan operaciones que permiten hacer una reparto de cargas inicial a través de la lectura de los datos que proporciona el fichero RAW y actuar en el caso que sea necesario.



ANEXO I. Figura 1. Diagrama de flujo de una etapa de control.

```

%Funcion principal que controla las tensiones de los nudos
%Estrategia: se realiza una primera etapa de control de tensiones,
teniendo
%en cuenta que nada se empeore (tensiones)
    
```

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

```
I_BAT=[];
%Metodo_____
—
%inicializacion de variables
act_dia_tens={};
    nudo_dia={};
    V_dia_tens={};
    V_dia_vdep_tens={};
    ivdep_dia={};
    trafos_dia_tens={};
    trafos_dia={};
    act_dia_fx={};
V_dia_fx={};
    V_dia_vdep_fx={};
    nudo_dia={};
    P_f=[];
    Q_f=[];
    V_dia={};
trafos={};

%inicializacion de indices del algoritmo genetico
i_V=0;
i_Q=0;

%determinamos que utilizamos flujos de reactiva en los trafos como func a
controlar
caso=1;

%inicializacion de la variable hora=1:24.
hora=1;

%lectura de datos
[SB,nudos,tipo,G_nudo,B_nudo,V,zona,nivel_tens,nudoscarga,Pc,Qc,Qcesp,nud
osgen,Pg,Qg,Qgesp,Qm,QM,m,Vesp,nudoi,nudof,Rrama,Xrama,Btotrama,a,G_ni,B_
ni,G_nf,B_nf,ni_tv,nf_tv,tmax,tmin,paso,estado,Bsh,mod_Bsh,B_ini,n_pasos,
inc_Bsh]=lecturadatos(hora);

%nodos de generaci3n
aux=find(nudosgen~=0);
```

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

```
nudogen=nudosgen(aux);

%a los trafos en paralelo con toma variable que vamos a considerar como
vble de control le asignamos la misma toma

[t,tmax,tmin,trafo_vble,ni_tv,nf_tv,trafo_flujo,Ytrafo,nudo_f,i_ng]=trafo
s1(nudogen,nudos,a,ni_tv,nf_tv,estado,nudo_i,nudof,Rrama,Xrama,nivel_tens,
tipo,tmax,tmin);

trafo_control=trafo_vble;

%determinacion de los generadores originales (sin el Salck)
i_gen=m;%indices de los generadores originales
QM_org=QM;%limites max originales
Qm_org=Qm;%limites min originales

e=10^(-5);

%especificacion de los nudos que poseen baterias de condensadores, asi
como de los limites y valores iniciales.Especificacion de los generadores
vbles de control

[bat,Bsh_act,n_paso_bat,Bsh_M,Bsh_m,Bsh_fijo,Bsh_fijo_act]=asig_vbles_con
trol(Bsh,mod_Bsh,B_ini,n_pasos,inc_Bsh);

%añadimos la susceptancia shunt fija al vector de suscentancia shunt de
los nudos
for k=1:length(Bsh_fijo)
ind=find(nudos==Bsh_fijo(k));
    B_nudo(ind)=B_nudo(ind)+Bsh_fijo_act(k);
end

%matriz de admitancias de nudos

[Y]=matriz(G_nudo,B_nudo,G_ni,B_ni,G_nf,B_nf,Rrama,Xrama,nudo_i,nudof,a,nu
dos,Btotrama,bat,Bsh_act);

%primer reparto de carga

[tension,fase,Pcal,Qcal,incP,incQ,Y,J,H,N,L,M,tipo,Qg]=N_R_limQ(V,Pg,Pc,Q
g,Qc,Qcesp,Y,tipo,Vesp,e,Qm,QM,m);

V_ini=tension;
V_inicial{hora}=V_ini;

a_ini=a;
a_inicial{hora}=a_ini;
```



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

```
Bsh_act_i{hora}=Bsh_act;
Vesp_i{hora}=Vesp;
Qg_i{hora}=Qg;
%actualizacion de las vbles tension y fase tras el reparto de cargas
V=tension;
teta=fase;

%calculo de las pérdidas
G=real(Y);
theta=[teta];
n=length(nudos);

for p=1:1
x=[];
for q=1:n
    x(q)=V(q)*(real(Y(p,q))*cos(teta(p)-teta(q))+imag(Y(p,q))*sin(teta(p)-teta(q)));
end
    y=sum(x);
PSlack(p,1)=V(p)*y;
end
Ploss=PSlack-sum(Pc(2:end))+sum(Pg(2:end));
Ploss_dia_i{1, hora}=Ploss;

%en este caso en especial asignamos manualmente el valor inicial de la bat
de condensadores
for k=1:length(bat)
    i=find(nudos==bat(k));
    VB=V(i);
Qbat(k)=Bsh_act(k)*VB^2;
end

%calculo de los generadores de control
gg=length(nudogen);
i_ng=[];
ii_ng=[];
for k=1:gg
    ii_ng(k)=find(nudos==nudogen(k));%vector de indices de los nudos
generadores de control
end
```

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

```
p=0;
for k=1:length(ii_ng)
if tipo(ii_ng(k))==2||tipo(ii_ng(k))==3
p=p+1;
    i_ng(p)=ii_ng(k);
else
nudogen(k)=0;
end
end
i_nudogen=find(nudogen~=0);
nudogen_aux=nudogen(i_nudogen);
nudogen=nudogen_aux;
nudogen

%proceso para las 24 horas
while hora<25

%despues de la primera hora habra que mantener las actuaciones realizadas
para crear una evolucion de las deciciones tomadas
if hora>1
%borramos las variables antes de leer

SB=0;nudos=0;tipo=0;zona=0;nivel_tens=0;G_nudo=0;B_nudo=0;V=0;zona=0;nudo
scarga=0;tipocarga=0;Pc=0;Qc=0;Pg=0;Qg=0;Qm=0;QM=0;Vesp=0;

numrama=0;nudoi=0;nudof=0;Rrama=0;Xrama=0;Btotrama=0;a=0;G_ni=0;B_ni=0;G_
nf=0;B_nf=0;nudoent=0;nudosal=0;nudoc=0;tmax=0;tmin=0;

Vmax=0;Vmin=0;paso=0;mensaje=0;ni_tv=0;nf_tv=0;i_gen=0;QM_org=0;Qm_org=0;
Bsh=0;mod_Bsh=0;B_ini=0;n_pasos=0;inc_Bsh=0;

%lectura de datos

[SB,nudos,tipo,G_nudo,B_nudo,V,zona,nivel_tens,nudoscarga,Pc,Qc,Qcesp,nud
osgen,Pg,Qg,Qgesp,Qm,QM,m,Vesp,nudoi,nudof,Rrama,Xrama,Btotrama,a,G_ni,B_
ni,G_nf,B_nf,ni_tv,nf_tv,tmax,tmin,paso,estado,Bsh,mod_Bsh,B_ini,n_pasos,
inc_Bsh]=lecturadatos(hora);

%determinacion de los generadores originales (sin el Salck)
    i_gen=m;%inidces de los generadores originales
    QM_org=QM;%limites max originales
    Qm_org=Qm;%limites min originales
```

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

```
%añadimos la susceptancia shunt fija al vector de susceptancia shunt de
los nudos
for k=1:length(Bsh_fijo)
ind=find(nudos==Bsh_fijo(k));
        B_nudo(ind)=B_nudo(ind)+Bsh_fijo_act(k);
end

%matriz de admitancias de nudos

[Y]=matriz(G_nudo,B_nudo,G_ni,B_ni,G_nf,B_nf,Rrama,Xrama,nudoi,nudof,a,nu
dos,Btotrama,bat,Bsh_act);

%primer reparto de carga

[tension,fase,Pcal,Qcal,incP,incQ,Y,J,H,N,L,M,tip0,Qg]=N_R_limQ(V,Pg,Pc,Q
g,Qc,Qcesp,Y,tip0,Vesp,e,Qm,QM,m);
        V_ini=tension;
        V_inicial{hora}=V_ini;
        a_inicial{hora}=a_ini;

Bsh_act_i{hora}=Bsh_act;
Vesp_i{hora}=Vesp;
Qg_i{hora}=Qg;
%actualizacion de las vbles tension y fase tras el reparto de cargas
        V=tension;

teta=fase;
        n=length(nudos);
for p=1:n
        x=[];
for q=1:n
        x(q)=V(q)*(real(Y(p,q))*cos(teta(p)-
teta(q))+imag(Y(p,q))*sin(teta(p)-teta(q)));
end
        y=sum(x);
PSlack(p,1)=V(p)*y;
end
Ploss=PSlack-sum(Pc(2:end))+sum(Pg(2:end));
Ploss_dia_i{1,hora}=Ploss;
```

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

```
%calculo de los generadores de control
gg=length(nudogen);
i_ng=[];
ii_ng=[];
for k=1:gg
    ii_ng(k)=find(nudos==nudogen(k));%vector de indices de los nudos
    generadores de control
end
p=0;
for k=1:length(ii_ng)
    if tipo(ii_ng(k))==2||tipo(ii_ng(k))==3
        p=p+1;
        i_ng(p)=ii_ng(k);
    else
        nudogen(k)=0;
    end
end
i_nudogen=find(nudogen~=0);
nudogen_aux=nudogen(i_nudogen);
nudogen=nudogen_aux;
nudogen

end

%creacion de la matriz de sensibilidad

[S,Hx,Hu]=S_f_Al(H,N,L,M,Y,tension,fase,nudos,tipo,a,nudoi,nudof,bat,trafo_control,Ytrafo,i_ng);

%creacion de los gradientes reducidos

[Grad_u_L]=Grad_u_L_f_Al(tension,fase,nudos,tipo,a,nudoi,nudof,bat,caso,S,trafo_control,trafo_flujo,Ytrafo,i_ng,nudo_f);

%introduccion de los limites de las variables

[Vmax,Vmin,Qmax,Qmin,Psmx,Psmn,tmax,tmin]=def_lim(nudos,zona,nivel_tension,tipo,QM,Qm,m,tmax,tmin);

%calculo de los incrementos maximos de las vbles de control sin que ninguna vble de control se salga de limites

[inc_u_a,inc_u_d,inc_u_a_aux,inc_u_d_aux,i_vdep]=inc_u_f_Al_prueba(tension,fase,Pcal,Qcal,Pc,Qcesp,nudos,tipo,nivel_tension,S,a,bat,Bsh_act,Bsh_M,Bsh
```

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

```
_m, Vmax, Vmin, Qmax, Qmin, Psm, Pmin, tmax, tmin, Rrama, Xrama, nudoi, nudof, caso  
, Grad_u_L, trafo_control, trafo_flujo, Ytrafo, i_ng, nudo_f, ni_tv, nf_tv, hora);
```

```
%inicializacion de las variables contadores de violaciones de limites  
fintens=0;  
finf=0;  
  
n=length(tipo);%numero de nudos  
r=length(Rrama);%numero de ramas  
pq=find(tipo==1);%vector de indices de los nudos PQ  
pv_s=find(tipo~=1);%vector de indices de los nudos PV y el slack  
slack=find(tipo==3);%indices de los nudos slacks  
sl=length(slack);%numero de los nudos slacks  
g=length(pv_s);%numero de nudos PV y el slack  
b=length(pq);%numero de nudos PQ  
trafo=find(a~=0);%vector de indices de las ramas trafos con tomas  
t=length(trafo);%numero de trfaos con tomas  
bt=length(bat);%numero de baterias de condensadores  
tc=length(trafo_control);%numero de trafos de control  
tf=length(trafo_flujo);%numero de trafos de paso transporte-distribucion  
gg=length(i_ng);%numero de generadores de control  
  
%quitamos de las Vdep a los generadores que han pasado a PQ  
p=0;  
V_aux=[];  
for k=1:length(i_vdep)  
aux=[];  
aux=find(m==i_vdep(k));  
if length(aux)==0  
p=p+1;  
V_aux(p)=V(i_vdep(k));  
end  
end  
V_dia{hora}=V_aux;  
p=0;  
aux=[];  
  
[Qfluj, Qfluj_max, Qfluj_min]=Q_fluj_f_Al(tc, trafo_control, Ytrafo, nudos, nudoi, nudof, nudo_f, a, V, teta, hora);
```

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

```
%llamada a la funcion que corrige tensiones
acont=[];

[acont,actuac,a,Bsh_act,Vesp,V,Y,tension,fase,tipo,Pcal,Qcal,incP,incQ,J,
H,N,L,M,S,Grad_u_L,inc_u_a,inc_u_d,inc_u_a_aux,inc_u_d_aux,i_vdep,nudogen
]=control_Tens_AL(acont,nudogen,n,g,bt,tc,gg,i_vdep,Vmax,Vmin,V,a,trafo_c
ontrol,nudo_f,trafo_flujo,i_ng,fintens,S,inc_u_a,inc_u_d,nudos,Qg,Vesp,ni
_tv,nf_tv,nudoi,nudof,G_nudo,B_nudo,G_ni,B_ni,G_nf,B_nf,Rrama,Xrama,Btotr
ama,Pg,Pc,Qc,Qcesp,tipo,e,Qm,QM,m,Ytrafo,nivel_tens,Qmax,Qmin,Psmax,Psmi
n,tmax,tmin,hora,Grad_u_L,Y,tension,fase,Pcal,Qcal,incP,incQ,J,H,N,L,M,inc
_u_a_aux,inc_u_d_aux,pq,zona,bat,Bsh_act,n_paso_bat,Bsh_M,Bsh_m);
a_fin=a;
    Bsh_act_final{hora}=Bsh_act;
Vesp_final{hora}=Vesp;
    V_fin=tension;
    V_final{hora}=V_fin;
    a_final{hora}=a_fin;
    V=tension;
teta=fase;

%calculo de los generadores de control
gg=length(nudogen);
    i_ng=[];
ii_ng=[];
for k=1:gg
    ii_ng(k)=find(nudos==nudogen(k));%vector d eindices de los nudos
    generadores de control
end
    p=0;
for k=1:length(ii_ng)
if tipo(ii_ng(k))==2||tipo(ii_ng(k))==3
p=p+1;
    i_ng(p)=ii_ng(k);
end
end

n=length(tipo);%numero de nudos
r=length(Rrama);%numero de ramas
pq=find(tipo==1);%vector de indices de los nudos PQ
pv_s=find(tipo~=1);%vector de indices de los nudos PV y el slack
slack=find(tipo==3);%indices de los nudos salcks
sl=length(slack);%numero de los nudos slacks
```

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

```
g=length(pv_s);%numero de nudos PV y el slack
b=length(pq);%numero de nudos PQ
trafo=find(a~=0);%vector de indices de las ramas trafos con tomas
t=length(trafo);%numero de trfaos con tomas
bt=length(bat);%numero de baterias de condensadores
tc=length(trafo_control);%numero de trafos de control
tf=length(trafo_flujo);%numero de trafos de paso transporte-distribucion
gg=length(i_ng);%numero de generadores de control

% %almacenamos las actuaciones para corregir las tensiones
%
act_dia_tens{hora}=actuac;
nudo_dia{hora}=nudos;
V_dia_tens{hora}=V;
ivdep_dia{hora}=i_vdep;

%llamada a la funcion que corrige flujos de reactiva

[actuac,a,Bsh_act,Vesp,V,Y,tension,fase,tipo,Pcal,Qcal,incP,incQ,J,H,N,L,
M,S,Grad_u_L,inc_u_a,inc_u_d,inc_u_a_aux,inc_u_d_aux,i_vdep,nudogen]=corr
ec_fx_Al(nudogen,finf,n,bt,tc,gg,Vmax,Vmin,V,a,trafo_control,nudo_f,trafo
_flujo,i_ng,nudos,Qg,Vesp,ni_tv,nf_tv,nudoi,nudof,G_nudo,B_nudo,G_ni,B_ni
,G_nf,B_nf,Rrama,Xrama,Btotrama,Pg,Pc,Qc,Qcesp,tipo,e,Qm,QM,m,Ytrafo,nive
l_tens,Qmax,Qmin,Psmax,Psmín,tmax,tmin,hora,tf,Y,tension,fase,Pcal,Qcal,i
ncP,incQ,J,H,N,L,M,zona,bat,Bsh_act,n_paso_bat,Bsh_M,Bsh_m);

%almacenamos las actuaciones para corregir los flujos
act_dia_fx{hora}=actuac;
V_dia_fx{hora}=V;
nudo_dia{hora}=nudos;
ivdep_dia{hora}=i_vdep;

%almacenamiento de las variables para traspasar las actuaciones de una
%hora a la siguiente
trafo_aux=trafo_control;
i_ng_aux=i_ng;
V_aux=V;
nudos_aux=nudos;
Y_aux=Y;
nudoi_aux=nudoi;
nudof_aux=nudof;
a_aux=a;
```

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

```
Bsh_aux=Bsh_act;
tipo_aux=tipo;

%incremento de la variable hora
hora=hora+1;

%   if hora==2
%       pepe=1
%   end

G=real(Y);
theta=[teta];
n=length(nudos);
for p=1:1
x=[];
for q=1:n
x(q)=V(q)*(real(Y(p,q))*cos(teta(p)-teta(q))+imag(Y(p,q))*sin(teta(p)-
teta(q)));
end
y=sum(x);
PSlack(p,1)=V(p)*y;
end
Ploss=PSlack-sum(Pc(2:end))+sum(Pg(2:end));
Ploss_dia_f{1,hora}=Ploss;

end

for k=1:24
for kk=1:n
%       actuacion1(kk,k)=act_dia_fx{k}(kk,1);
%       nudoactuacion(kk,k)=nudo_dia{k}(kk,1);
%       indicevdep(kk,k)=ivdep_dia{k}(kk,1);
tensiones_final(kk,k)=V_final{k}(kk,1);
tensiones_inicial(kk,k)=V_inicial{k}(kk,1);
%tensiones_final(kk,k)=V_dia_tens{k}(kk,1);

%       Qg_ini(kk,k)=Qg_i{k}(1,1);
```



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

```
%      vef(kk,k)=Vesp_final{k}(kk,1);
%      vei(kk,k)=Vesp_i{k}(kk,1);
end
end
vi=ones(24,24);
for k=1:24
for kk=1:23
tomaf(kk,k)=a_final{k}(kk,1);
tomasi(kk,k)=a_inicial{k}(kk,1);
end
end

for i=1:24

vi(1:24,i)=V_inicial{1,i};
vf(1:24,i)=V_final{1,i};

end
for i=1:24

ai(1:23,i)=a_inicial{1,i};
af(1:23,i)=a_final{1,i};
end
for i=1:24

    vde(1:max(size(ivdep_dia{1,i})),i)=ivdep_dia{1,i};

end
for i=1:24

vespf(1:24,i)=Vesp_final{1,i};

end

if hora==25
    i=0;
    j=0;
```

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

```
aa=0;
    n=0;
for i=1:24
for j=1:max(size(act_dia_tens{1,i}))
aa=size(act_dia_tens{1,i}{1,j});
    n=aa(1);
for xx=1:n
for y=1:2
xxx=xx+3*(j-1);
yy=y+2*(i-1);
numero=act_dia_tens{1,i}{1,j}(xx,y);
    actuacion_hora(xxx,yy)=numero;

end
xxx=xxx+1;
end
yy=yy+1;
end
end
end

figure
subplot(2,1,1)
plot(1:24,tensiones_inicial)
title('Tensiones iniciales')
xlabel('Nudos')
ylabel('Tension')

subplot(2,1,2)
plot(1:24,tensiones_final)
title('Tensiones finales')
xlabel('Nudos')
ylabel('Tension')

figure
subplot(2,1,1)
plot(1:24,tomasi)
title('Tomas iniciales')
xlabel('Nudos')
ylabel('Tomas')
```

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

```
subplot(2,1,2)
plot(1:24,tomasf)
title('Tomas finales')
xlabel('Nudos')
ylabel('Tomas')
```

# ANEXO II

*ANEXO II. Tabla 1. Valores permitidos en transformadores.*

TRANSFORMADORES	$t_{\max}$	$t_{\min}$	$V_{\max}$	$V_{\min}$	PASO
1-2	1.10	0.90	1.10	0.90	0.01
4 - 7	1.05	0.95	1.05	0.95	0.025
8 - 9	1.05	0.95	1.05	0.95	0.025
10 - 11	1.05	0.95	1.05	0.95	0.025
3 - 5	1.05	0.95	1.05	0.95	0.025
6 - 12	1.05	0.95	1.05	0.95	0.025
13 - 14	1.05	0.95	1.05	0.95	0.025
16 - 17	1.05	0.95	1.05	0.95	0.025
18 - 19	1.05	0.95	1.05	0.95	0.025
15 - 20	1.05	0.95	1.05	0.95	0.025
21 - 23	1.05	0.95	1.05	0.95	0.025
22- 24	1.05	0.95	1.05	0.95	0.025

*ANEXO II. Tabla 2. Carga y factor de potencia en cada nudo.*

NUDO	POTENCIA APARENTE		FACTOR DE POTENCIA	
	RESIDENCIAL	COMERCIAL	RESIDENCIAL	COMERCIAL
2	15300	5100	0,98	0,95
5	285	265	0,97	0,85
7	445	---	0,97	---
9	750	---	0,97	---
11	565	---	0,97	---
14	---	90	---	0,85
12	605	---	0,97	---
20	---	675	---	0,85
17	490	80	0,97	0,85
19	340	---	0,97	---
23	---	40	---	0,85
24	215	390	0,97	0,85

*ANEXO II. Tabla 3. Coeficiente que expresa el máximo en relación a la S en cada hora.*

HORA	RESIDENCIAL	COMERCIAL
1	0,2	0,33
2	0,19	0,28
3	0,19	0,33

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

4	0,18	0,37
5	0,24	0,48
6	0,46	0,7
7	0,6	0,88
8	0,63	0,99
9	0,63	0,98
10	0,68	1
11	0,6	0,8
12	0,74	0,83
13	0,66	0,85
14	0,56	0,85
15	0,49	0,86
16	0,46	0,8
17	0,65	0,55
18	0,8	0,5
19	0,91	0,46
20	0,82	0,42
21	0,68	0,38
22	0,55	0,36
23	0,3	0,35
24	0,28	0,34

*ANEXO II. Tabla 4. P y Q en cada nudo y hora. Hora 1-4.*

HORAS	HORA 1		HORA 2		HORA3		HORA 4	
NUDOS	P (p.u.)	Q (p.u.)	P (p.u.)	Q (p.u.)	P (p.u.)	Q (p.u.)	P (p.u.)	Q (p.u.)
2	4.59765	1.13445	4.20546	1.02438	4.44771	1.10400	4.49157	1.13725
5	0.12962	0.05992	0.33952	0.05225	0.35078	0.05923	0.13310	0.06412
7	0.08633	0.02164	0.43165	0.02055	0.43165	0.02055	0.07770	0.01947
9	0.14550	0.03647	0.72750	0.03464	0.72750	0.03464	0.13	0.03282
11	0.10961	0.02747	0.54805	0.02610	0.54805	0.02610	0.09865	0.02472
14	0.02525	0.01565	0.02142	0.01327	0.02525	0.01565	0.02831	0.01754
12	0.11737	0.02942	0.58685	0.02794	0.58685	0.02794	0.10563	0.02647
20	0.18934	0.11734	0.16065	0.09956	0.18934	0.11734	0.21228	0.13156
17	0.11750	0.03773	0.49434	0.03443	0.49774	0.03654	0.11071	0.03703
19	0.06596	0.01653	0.32980	0.01570	0.32980	0.01570	0.05936	0.01488
23	0.01122	0.00695	0.00952	0.00590	0.01122	0.00695	0.01258	0.00780
24	0.15111	0.07825	0.30137	0.06746	0.31795	0.07773	0.16019	0.08542

*ANEXO II. Tabla 5. P y Q en cada nudo y hora. Hora 4-8.*

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

HORAS	HORA 5		HORA 6		HORA7		HORA 8	
NUDOS	P (p.u.)	Q (p.u.)	P (p.u.)	Q (p.u.)	P (p.u.)	Q (p.u.)	P (p.u.)	Q (p.u.)
2	5.92416	0.09099	10.28874	2.51528	13.26000	3.22817	14.24277	3.49469
5	0.17447	0.08364	0.28484	0.12959	0.36409	0.16442	0.39716	0.04365
7	0.10360	0.02596	0.19856	0.04973	0.25899	0.06491	0.27194	0.06815
9	0.17460	0.04376	0.33465	0.08387	0.43650	0.10940	0.45833	0.11487
11	0.13153	0.03297	0.25210	0.06318	0.32883	0.08241	0.34527	0.08653
14	0.03672	0.02276	0.05355	0.03319	0.06732	0.04172	0.07574	0.04694
12	0.14084	0.03530	0.26995	0.06766	0.35211	0.08825	0.36972	0.09266
20	0.27540	0.17068	0.40163	0.24890	0.50490	0.31291	0.56801	0.35202
17	0.14671	0.02023	0.26624	0.08430	0.34502	0.10856	0.36676	0.11677
19	0.07915	0.01984	0.15171	0.03802	0.19788	0.04959	0.20777	0.05207
23	0.01632	0.01011	0.02380	0.01475	0.02992	0.01854	0.03366	0.02086
24	0.20917	0.11116	0.32798	0.16785	0.41685	0.21215	0.45957	0.23632

*ANEXO II. Tabla 6. P y Q en cada nudo y hora. Hora 9-12.*

HORAS	HORA 9		HORA 10		HORA11		HORA12	
NUDOS	P (p.u.)	Q (p.u.)	P (p.u.)	Q (p.u.)	P (p.u.)	Q (p.u.)	P (p.u.)	Q (p.u.)
2	14.19432	3.47876	15.04092	3.66284	12.87240	3.10078	15.11691	3.57480
5	0.39491	0.18045	0.41324	0.18671	0.34607	0.15325	0.39153	0.16714
7	0.27194	0.06815	0.29352	0.07356	0.25899	0.06491	0.31942	0.08005
9	0.45833	0.11487	0.49470	0.12398	0.43655	0.10940	0.53835	0.13492
11	0.34527	0.08653	0.37267	0.09340	0.32883	0.08241	0.40556	0.10164
14	0.07497	0.04646	0.07650	0.04741	0.06120	0.03793	0.06350	0.03935
12	0.36972	0.09266	0.39906	0.10001	0.35211	0.08825	0.43427	0.10884
20	0.56228	0.34847	0.57375	0.35558	0.45900	0.28446	0.47621	0.29513
17	0.36608	0.11635	0.39120	0.12315	0.33958	0.10519	0.40816	0.12313
19	0.20777	0.05207	0.22426	0.05621	0.19788	0.04959	0.24405	0.06117
23	0.03332	0.02065	0.03400	0.02107	0.02702	0.01686	0.02822	0.01749
24	0.45626	0.23426	0.47331	0.24099	0.39033	0.19572	0.42947	0.20920

*ANEXO II. Tabla 7. P y Q en cada nudo y hora. Hora 13-16.*

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

HORAS	HORA 13		HORA 14		HORA15		HORA16	
NUDOS	P (p.u.)	Q (p.u.)	P (p.u.)	Q (p.u.)	P (p.u.)	Q (p.u.)	P (p.u.)	Q (p.u.)
2	14.01429	3.36308	12.51489	3.05861	11.51376	2.86141	10.77324	2.67452
5	0.37392	0.16439	0.34627	0.15746	0.32918	0.15400	0.30738	0.14355
7	0.28489	0.07140	0.24172	0.06058	0.21151	0.05301	0.19856	0.04976
9	0.48015	0.12034	0.40740	0.10210	0.35648	0.08934	0.33465	0.08387
11	0.36171	0.09065	0.30691	0.07692	0.26854	0.06730	0.25210	0.06318
14	0.06503	0.04030	0.06503	0.04030	0.06579	0.04077	0.06120	0.03793
12	0.38732	0.09707	0.32864	0.08236	0.28756	0.07207	0.26995	0.06766
20	0.48769	0.30224	0.48769	0.30224	0.49343	0.30580	0.45900	0.28446
17	0.37150	0.11444	0.32397	0.10253	0.29138	0.09461	0.27304	0.08851
19	0.21767	0.05455	0.18469	0.04628	0.16160	0.04050	0.15171	0.03802
23	0.02890	0.01791	0.02890	0.01791	0.02924	0.01812	0.02720	0.01686
24	0.41942	0.20913	0.39856	0.20390	0.38728	0.20229	0.36113	0.18840

*ANEXO II. Tabla 8. P y Q en cada nudo y hora. Hora 17-20.*

HORAS	HORA 17		HORA 18		HORA19		HORA20	
NUDOS	P (p.u.)	Q (p.u.)	P (p.u.)	Q (p.u.)	P (p.u.)	Q (p.u.)	P (p.u.)	Q (p.u.)
2	12.41085	2.85489	14.41770	3.23197	15.87324	3.50318	14.32998	3.16546
5	0.30358	0.12181	0.33379	0.12523	0.35518	0.12726	0.32129	0.11544
7	0.28057	0.07032	0.34532	0.08654	0.39280	0.09845	0.35395	0.08871
9	0.47288	0.11851	0.58200	0.14586	0.66203	0.16592	0.59655	0.14951
11	0.35623	0.08928	0.43844	0.10988	0.49873	0.12499	0.44940	0.11263
14	0.04208	0.02608	0.38250	0.02371	0.03519	0.02181	0.03213	0.01991
12	0.38145	0.09560	0.46948	0.11766	0.53403	0.13384	0.48122	0.12060
20	0.31556	0.19557	0.28688	0.17779	0.26393	0.16357	0.24098	0.14934
17	0.34635	0.10061	0.41424	0.11637	0.46380	0.12779	0.41831	0.11538
19	0.21437	0.05373	0.26384	0.06612	0.30012	0.07522	0.27044	0.06778
23	0.01870	0.01159	0.01700	0.01054	0.01564	0.00969	0.01428	0.00885
24	0.31788	0.14697	0.33259	0.14454	0.34227	0.14207	0.31024	0.12915

*ANEXO II. Tabla 9. P y Q en cada nudo y hora. Hora 21-24.*

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

HORAS	HORA 21		HORA 22		HORA23		HORA 24	
NUDOS	P (p.u.)	Q (p.u.)	P (p.u.)	Q (p.u.)	P (p.u.)	Q (p.u.)	P (p.u.)	Q (p.u.)
2	12.03702	2.67551	9.99090	2.24785	6.19395	1.47076	5.79717	1.37802
5	0.27358	0.10016	0.23314	0.08836	0.16177	0.69645	0.15174	0.06547
7	0.29352	0.07356	0.23741	0.05950	0.12950	0.03245	0.12086	0.03029
9	0.49470	0.12398	0.40013	0.10028	0.21825	0.05470	0.20370	0.05105
11	0.37267	0.09340	0.30143	0.07554	0.16442	0.04121	0.15345	4.16058
14	0.02907	0.01802	0.02754	0.01707	0.02678	0.01659	0.02525	0.01565
12	0.39906	0.10001	0.32277	0.08089	0.17606	0.04412	0.16432	0.04118
20	0.21803	0.13512	0.20655	0.12801	0.20081	0.12445	0.18934	0.11734
17	0.34904	0.09702	0.28590	0.08069	0.16639	0.05049	0.15552	0.04726
19	0.22426	0.05621	0.18139	0.04546	0.09894	0.02480	0.09234	0.00000
23	0.01292	0.00801	0.01224	0.00759	0.01190	0.00737	0.01122	0.00695
24	0.26778	0.11361	0.23404	0.10271	0.17859	0.08759	0.16779	0.08243



# ANEXO III

ANEXO III. Tabla 1. Valores inyecciones de potencia

HORA	3	4	8	8	8	10	13	6	15	15	16	16	16	18
1	0	0	0	0,675	0,00126 383	0	0,99	0	0	0	0	0,225	0,00053 617	0
2	0	0	0	0	0,00133 404	0	1,01	0	0	0	0	0	0,00056 596	0
3	0	0	0	-0,375	0,01404 255	0	0,99	0	0	0	0	-0,125	0,00595 745	0
4	0	0	0	0	0,01404 255	0	1,12	0	0	0	0	0	0,00595 745	0
5	0	0	0	0	0,01404 255	0	0,9	0	0	0	0	0	0,00595 745	0
6	0	0	0	-0,0375	0,01404 255	0	0,8	0	0	0	0	-0,0125	0,00595 745	0
7	0	0	0	0	0,00105 319	0	0,96	0	0	0	0	0	0,00044 681	0
8	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0,25	0	0	0	0
9	0,00190 476	0,00190 476	0,00285 714	0	0	0,00285 714	0,96	0,00285 714	0,00285 714	0,25	0,00380 952	0	0	0,00095 238
10	0,01190 476	0,01190 476	0,01785 714	0	0	0,01785 714	0,99	0,01785 714	0,01785 714	0,25	0,02380 952	0	0	0,00595 238

### Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

<b>11</b>	0,00952 381	0,00952 381	0,01428 571	0,225	0	0,01428 571	0,8	0,01428 571	0,01428 571	0,27	0,01904 762	0,075	0	0,00476 19
<b>12</b>	0,00523 81	0,00523 81	0,00785 714	0,225	0	0,00785 714	1,45	0,00785 714	0,00785 714	0,27	0,01047 619	0,075	0	0,00261 905
<b>13</b>	0,00942 857	0,00942 857	0,01414 286	0	- 0,00070 213	0,01414 286	1,4	0,01414 286	0,01414 286	0,26	0,01885 714	0	- 0,00029 787	0,00471 429
<b>14</b>	0,00380 952380 952381	0,00380 952380 952381	0,00571 429	-0,3	- 0,00070 213	0,00571 429	1,25	0,00571 429	0,00571 429	0,2	0,00761 905	-0,1	- 0,00029 787	0,00190 476
<b>15</b>	0,00238 095	0,00238 095	0,00357 143	-0,075	0	0,00357 143	1,25	0,00357 143	0,00357 143	0,22	0,00476 19	-0,025	0	0,00119 048
<b>16</b>	0	0	0	0	0,00561 702	0	1,25	0	0	0,22	0	0	0,00238 298	0
<b>17</b>	0	0	0	0	0,00561 702	0	0,98	0	0	0,24	0	0	0,00238 298	0
<b>18</b>	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0,24	0	0	0	0
<b>19</b>	0	0	0	0	- 0,00702 128	0	1,2	0	0	0	0	0	- 0,00297 872	0
<b>20</b>	0	0	0	0	- 0,01193 617	0	0,6	0	0	0	0	0	- 0,00506 383	0
<b>21</b>	0	0	0	0	- 0,00702 128	0	1	0	0	0	0	0	- 0,00297 872	0
<b>22</b>	0	0	0	0	- 0,00561 702	0	1,25	0	0	0	0	0	- 0,00238 298	0

**Control de Tensiones en Redes de Media Tensión**

<b>23</b>	0	0	0	0	0	0	1,4	0	0	0	0	0	0	0
<b>24</b>	0	0	0	0,6	0,01053 191	0	1,25	0	0	0	0	0,2	0,00446 809	0



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

ANEXO IV. Tabla 3. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 3.

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	1	1	1	1	1	1	0,99166	0,98795	0,98682	0,98099	0,99434	0,98282	0,9877	0,99444	0,99694	1	1	0,97924	0,98159	0,98955	1	1	0,99621	1
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99412	0,99662	1	1	1	1
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99848	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99456	1
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 13	13	1	1	1	1	1	1	1	0,99874	0,99829	1	1	1	1	1	1	1	1	0,98156	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-17	16	1	1	1	1	1	1	0,99894	0,99836	0,99783	0,99636	1	0,99495	0,99724	1	1	1	0,99862	1	0,98807	0,99269	1	1	1	1
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 15	19	1	1	1	1	1	1	0,99206	0,98919	0,98841	0,98641	0,99422	0,98873	0,99081	0,99425	0,99668	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ANEXO IV. Tabla 4. Valor final de la toma de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 4.

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	1	1	1	1	1	0,9822	0,96468	0,96019	0,95854	0,95399	0,9677	0,95595	0,96127	0,96884	0,97343	0,97808	0,97218	0,95316	0,95463	0,9633	0,97615	0,98763	0,9765	1
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9984	1	1	1	1	0,99591	1	0,99203	0,99342	0,99575	0,99787	1	1
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	1	0,99864	1	0,99822	0,99798	0,99892	0,99834	0,99855	0,99887	1	1	1	1	1	1	1	1	0,98403	1
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99851	1	1	1	1	1
TOMA 13	13	1	1	1	1	1	1	0,99864	0,99815	0,99803	0,99797	1	1	0,99893	0,99878	0,99739	1	1	0,97845	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-17	16	1	1	1	1	1	1	0,99556	0,99557	0,99524	0,99434	0,99549	0,99269	0,99431	0,99634	1	1	0,99806	1	0,98274	0,98488	0,98909	0,99373	1	1
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 15	19	1	1	1	1	1	0,9905	0,98442	0,98298	0,98262	0,98179	0,98565	0,98307	0,98391	0,98559	0,98678	0,98852	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

ANEXO IV. Tabla 5. Valor final de la toma de los trafos. Sin GD en continuo. Caso 5.

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	0,99077	0,99335	0,99129	0,99013	0,98036	0,95294	0,93653	0,93028	0,92864	0,92435	0,93962	0,92797	0,93309	0,93912	0,94392	0,94869	0,94349	0,92527	0,92654	0,93503	0,94816	0,96	0,95048	0,98328
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99874	1	1	1	1	1
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99794	1	1	1	1	0,99445	1	0,9913	0,99269	0,99417	0,99554	1	1
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	1	0,9982	1	1	0,99864	0,99841	0,99788	0,99817	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9802	1	
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99815	0,99869	1	1	1	1
TOMA 13	13	1	1	1	1	1	1	0,9982	0,99774	0,99763	0,99751	0,99865	0,99875	0,99855	0,99825	0,9959	0,99621	1	0,97753	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-17	16	1	1	1	1	1	0,99614	0,9946	0,99462	0,99435	0,9935	0,99431	0,99178	0,99352	0,9951	1	1	0,98364	0,99856	0,98086	0,98192	0,98426	0,98695	1	1
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 15	19	0,99532	0,99654	0,99555	0,995	0,99188	0,98495	0,98141	0,98058	0,9804	0,98002	0,98214	0,98084	0,9812	0,98206	0,9827	0,98374	0,99783	1	1	1	1	1	1	0,99352
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ANEXO IV. Tabla 6. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD en continuo. Caso

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	0,96955	0,97261	0,97037	0,97052	0,96047	0,93442	0,91769	0,91347	0,91203	0,90838	0,92062	0,91037	0,91476	0,92146	0,92588	0,93038	0,92566	0,90833	0,90938	0,91682	0,92902	0,9404	0,93411	0,96339
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99793	1	1	1	1	1
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99626	0,99804	1	1	1	1
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99796	1	0,99559	0,99797	1	1	1	0,99144	0,99738	0,98654	0,98879	0,99121	0,99321	1	1
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	0,99878	0,99566	1	0,99623	0,99494	0,99612	0,99397	0,99513	0,99778	0,99828	0,99859	1	1	0,99829	1	1	1	0,97635	1
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99786	1	1	1	1	1	1	0,99396	0,99594	0,99745	0,99824	1	1
TOMA 13	13	0,99724	1	0,99731	0,99724	0,99648	0,99738	0,99722	0,99468	0,99432	0,99344	0,99796	0,99674	0,99722	0,99609	0,99314	0,99361	1	0,97464	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-17	16	1	0,99732	1	1	1	0,99373	0,99121	0,99118	0,99075	0,98937	0,99101	0,98736	0,98966	0,99203	0,99673	0,99708	0,97974	0,99578	0,9781	0,97872	0,98014	0,98218	1	0,99598
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99777	1	1	1	1	1
TOMA 15	19	0,98944	0,99048	0,98964	0,98917	0,98648	0,98049	0,97812	0,97763	0,97758	0,97755	0,97862	0,97819	0,97814	0,97847	0,9788	0,97954	0,99578	1	1	1	1	1	1	0,98791
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

# Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

ANEXO IV. Tabla 7. Valor final de las tomas de los trafos. GD en continuo. Caso 1

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	1	1	1	1	1	0,98195	0,95812	0,95155	0,95179	0,94688	0,97131	0,96408	0,96624	0,96675	0,97664	0,98457	0,97843	0,93101	0,94729	0,95294	0,97831	0,9975	0,97101	1
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 13	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-17	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 15	19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ANEXO IV. Tabla 8. Valor final de la toma de los trafos. GD en continuo. Caso 2.

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99791	1	1	1	1	1	1
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 13	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99611	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-17	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 15	19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

ANEXO IV. Tabla 9. Valor final de la toma de los trafos. GD en continuo. Caso 3.

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	1	1	1	1	1	1	0,99766	0,99485	0,9949	0,99278	1	1	1	1	1	1	1	0,98647	0,99134	0,99593	1	1	1	1
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99389	0,99586	1	1	1	1
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 13	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,98711	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-17	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99772	0,9982	1	1	1	1
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 15	19	1	1	1	1	1	1	0,9976	0,99506	0,99516	0,99346	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ANEXO IV. Tabla 10. Valor final de las tomas de los trafos. GD en continuo. Caso 4.

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	1	1	1	1	1	0,99029	0,97256	0,97035	0,96889	0,96655	0,98162	0,9738	0,97657	0,97908	0,98603	0,99157	0,98458	0,96254	0,96512	0,96844	0,98509	0,99866	0,98455	1
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99296	1	0,98574	0,98667	0,99282	1	1	1
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	0,99722	1	0,99689	0,99639	0,99795	1	0,99721	0,99776	1	1	1	1	1	1	1	1	0,98889	1	1
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 13	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,98122	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-17	16	1	1	1	1	1	1	0,99736	1	0,99858	1	0,99637	1	1	1	1	1	0,99721	1	0,99452	0,99451	0,9975	1	1	1
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 15	19	1	1	1	1	1	0,9938	0,98762	0,98621	0,98631	0,98548	0,99091	0,98939	0,98973	0,98964	0,99222	0,99462	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1





## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

ANEXO IV. Tabla 13. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 1.

TOMA 1-2
1
1
1
1
1
0,9517924
0,94741449
0,94617214
0,94581339
0,94459987
0,94821216
0,94512643
0,94653595
0,94848435
0,94970458
0,95083656
0,94971846
0,94690716
0,94541864
0,94767542
0,95080512
0,93759481
0,95557969
1

ANEXO IV. Tabla 14. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 2.

TOMA 1-2
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
0,99664583
0,99178856
1
0,99694214
1
1
1
1
1
0,98310116
0,9954005
1
1
1
1
1

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

ANEXO IV. Tabla 15. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 3.

1
1
1
1
1
1
1
0,98754792
0,98130102
0,97949826
0,97454876
0,99217781
0,97941285
0,98473517
0,99229225
0,9969266
1
1
0,96374499
0,97648
0,98681594
1
1
0,99144159
1

ANEXO IV. Tabla 16. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 4.

TOMA 1-2
1
1
1
1
1
0,98173696
0,96029048
0,95389776
0,95205837
0,94698971
0,96502447
0,95120357
0,95738594
0,96516204
0,96994104
0,97579095
0,97032099
0,93355762
0,94646686
0,95702052
0,97265438
0,98649717
0,96205761
1

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

ANEXO IV. Tabla 17. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 5.

TOMA 1-2
0,9902453
0,99341696
0,99107395
0,99002583
0,98034561
0,95070968
0,93114752
0,92463979
0,92277463
0,91761891
0,93378667
0,92050803
0,92616621
0,93492081
0,94102898
0,94586417
0,93888106
0,90256545
0,91463456
0,92533402
0,94126826
0,955443
0,9304361
0,98356437

ANEXO IV. Tabla 18. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 6.

TOMA 1-2
0,97026472
0,97336173
0,97111101
0,97004298
0,96022053
0,93000791
0,90905213
0,90524058
0,90336236
0,90454891
0,91286204
0,90699641
0,90516857
0,91401286
0,91976751
0,9252031
0,91782196
0,9000729
0,901901
0,9041506
0,92024288
0,9346167
0,90964598
0,96312665



## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

ANEXO IV. Tabla 21. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización con GD continuo. Caso 3.

TOMA 1-2
1
1
1
1
1
1
1
0,99624908
0,99114963
0,99129288
0,98766151
1
1
1
1
1
1
1
0,97536448
0,98831951
0,99266664
1
1
1
1

ANEXO IV. Tabla 22. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización con GD continuo. Caso 4.

TOMA 1-2
1
1
1
1
1
0,9888075
0,96958813
0,96435552
0,9645064
0,9607678
0,97995436
0,97213546
0,97560018
0,9763108
0,98419715
0,99086524
0,98264283
0,94512701
0,95906647
0,9632937
0,98319055
1
0,97475135
1

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

ANEXO IV. Tabla 23. Valor de la toma del trafo 1 final. Sintonización con GD continuo. Caso 5.

TOMA 1-2
1
1
0,99717951
1
0,99068411
0,95933954
0,94054711
0,93519897
0,93535806
0,93153018
0,94937297
0,94097252
0,94480411
0,94743725
0,95554867
0,96196821
0,95174589
0,91333929
0,92838364
0,93197164
0,95256687
0,96934835
0,94446271
1

ANEXO IV. Tabla 24. Valor final de la toma del trafo 1. Sintonización con GD continuo. Caso 6.

TOMA 1-2
0,98403063
0,98397256
0,97671768
0,98300484
0,97110795
0,93942792
0,9201245
0,91590359
0,91606808
0,91218711
0,92929013
0,92076328
0,92466446
0,92667402
0,93547546
0,9418315
0,93170173
0,90058868
0,9071222
0,91173173
0,93209531
0,94900564
0,92424912
0,98151701

### Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

ANEXO IV. Tabla 25. Valor de las tomas finales de los trafos. Sin GD discreto. Caso 1.

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	1	1	1	1	1	0,97	0,94	0,93	0,93	0,92	0,95	0,93	0,94	0,95	0,96	0,96	0,96	0,95	0,93	0,94	0,96	0,98	0,96	1
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 13	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-17	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 15	19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ANEXO IV. Tabla 26. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD discreto. Caso 2.

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99	1	1	1	1	1	1	1	0,98	1	1	1	1	1	1
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 13	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-17	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 15	19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



### Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

ANEXO IV. Tabla 27. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD discreto. Caso 3.

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	1	1	1	1	1	1	0,98	0,99	0,98	0,97	0,99	0,98	0,98	0,99	0,99	1	1	0,98	0,98	0,99	1	1	0,99	1
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 13	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-17	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1	1	1	1	1
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 15	19	1	1	1	1	1	1	1	0,975	0,975	1	1	0,975	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ANEXO IV. Tabla 28. Valor final de las tomas de los trafos. Sin GD discreto. Caso 4.

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	1	1	1	1	1	0,98	0,97	0,95	0,95	0,95	0,96	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	0,95	0,95	0,96	0,98	0,99	0,98	1
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1	1
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 13	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1	1	1	1	1
TOMA 16-17	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1	0,975	0,975	1	1	1	1
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 15	19	1	1	1	1	1	1	0,975	1	0,975	0,975	1	0,975	0,975	1	0,975	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

ANEXO IV. Tabla 29. Valores de las tomas finales de los trafos. Sin GD discreto. Caso 5.

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,95	0,93	0,93	0,93	0,92	0,94	0,92	0,93	0,94	0,95	0,95	0,94	0,92	0,92	0,93	0,95	0,96	0,95	0,98
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 13	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-17	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1	0,975	0,975	0,975	0,975	1	1
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 15	19	1	1	1	1	1	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ANEXO IV. Tabla 30. Valor de las tomas finales de los trafos. Sin GD discreto. Caso 6.

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96	0,93	0,91	0,91	0,91	0,9	0,92	0,91	0,91	0,92	0,92	0,93	0,92	0,9	0,9	0,91	0,92	0,94	0,93	0,96
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	0,975	1	1	1	1
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 13	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-17	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1	1	1	1	1	0,975	1	0,975	0,975	0,975	1	1
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 15	19	0,975	1	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

### Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

ANEXO IV. Tabla 31. Valor final de las tomas de los trafos. GD discreto. Caso 1.

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	1	1	1	1	1	0,98	0,96	0,95	0,95	0,95	0,97	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,93	0,95	0,95	0,98	1	0,97	1
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 13	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-17	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 15	19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ANEXO IV. Tabla 32. Valor tomas finales. GD discreto. Caso 2.

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99	1	1	1	1	1	1
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 13	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-17	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 15	19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

ANEXO IV. Tabla 33. Valor tomas finales. GD discreto. Caso 3.

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	1	1	1	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	1	1	1	1
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 13	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-17	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 15	19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ANEXO IV. Tabla 34. Valor tomas finales. GD discreto. Caso 4.

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	1	1	1	1	1	0,99	0,97	0,96	0,97	0,97	0,98	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,96	0,96	0,96	0,99	1	0,97	1
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1	1	1	1	1	1
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 13	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-17	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 15	19	1	1	1	1	1	1	0,975	1	1	0,975	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

ANEXO IV. Tabla 35. Valor tomas finales. GD discreto. Caso 5.

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	1	1	1	1	0,99	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	0,93	0,93	0,93	0,96	0,97	0,96	1
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1	0,975	1	
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1	
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
TOMA 13	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1	1	1	1	1	
TOMA 16-17	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
TOMA 15	19	1	1	1	1	1	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	1	0,975	1	1	1	1	1	1	1	
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

ANEXO IV. Tabla 36. Valor tomas finales. GD discreto. Caso 6.

	NUDO	HORA																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TOMA 1	1	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,94	0,92	0,92	0,92	0,92	0,93	0,92	0,93	0,93	0,94	0,95	0,93	0,91	0,91	0,92	0,93	0,95	0,94	0,98
TOMA 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
TOMA 8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
TOMA 10	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1	0,975	0,975	0,975	0,975	1	
TOMA 3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1	
TOMA 6	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
TOMA 13	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,975	1	1	1	1	1	
TOMA 16-17	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
TOMA 16-18	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
TOMA18	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
TOMA 15	19	1	1	1	1	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	1	1	1	1	1	1	1	
TOMA 21	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
TOMA 22	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

## Control de Tensiones en Redes de Media Tensión

*ANEXO IV. Tabla 37. Valor toma 1. Sintonización sin GD discreto. Caso 6.*

TOMA 1-2
0,97
0,97
0,97
0,97
0,96
0,93
0,91
0,9
0,91
0,9
0,91
0,9
0,9
0,91
0,92
0,92
0,91
0,9
0,9
0,9
0,92
0,93
0,91
0,96

*ANEXO IV. Tabla 38. Valor toma 1. Sintonización con GD discreto. Caso 6.*

TOMA 1-2
0,98
0,98
0,97
0,98
0,97
0,94
0,92
0,91
0,91
0,91
0,93
0,92
0,92
0,92
0,93
0,94
0,93
0,9
0,9
0,91
0,93
0,95
0,92
0,98

