

# Sistema de diseminación de código de tiempo por radio



Ing. Francisco Javier Jiménez Tapia  
Centro Nacional de Metrología  
[fjimenez@cenam.mx](mailto:fjimenez@cenam.mx)

NOTA 1. Este trabajo ha sido desarrollado con recursos del gobierno federal de México. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

NOTA 2. En este documento pueden aparecer marcas comerciales únicamente con fines didácticos y a fin de lograr un entendimiento claro de las técnicas y procesos descritos. En ningún caso esta identificación implica recomendación o aval del CENAM o de alguna otra institución del gobierno federal de México, ni tampoco implica que los equipos o materiales identificados sean necesariamente los mejores para el propósito para el que son usados. El CENAM y las demás instituciones no tienen compromisos con ninguna marca comercial en particular.



# CONTENIDO



- 1. Introducción**
- 2. Antecedentes**
- 3. Sistema de comunicación de la hora oficial en México**
  - 1. Características del sistema de comunicación**
  - 2. Sistema de comunicación**
    - 1. Transmisor**
      - 1. Código SMPTE**
      - 2. Línea de transmisión**
      - 3. Antena dipolo horizontal**
      - 4. Balun**
    - 2. Receptor**
      - 1. Partes del receptor**



# CONTENIDO

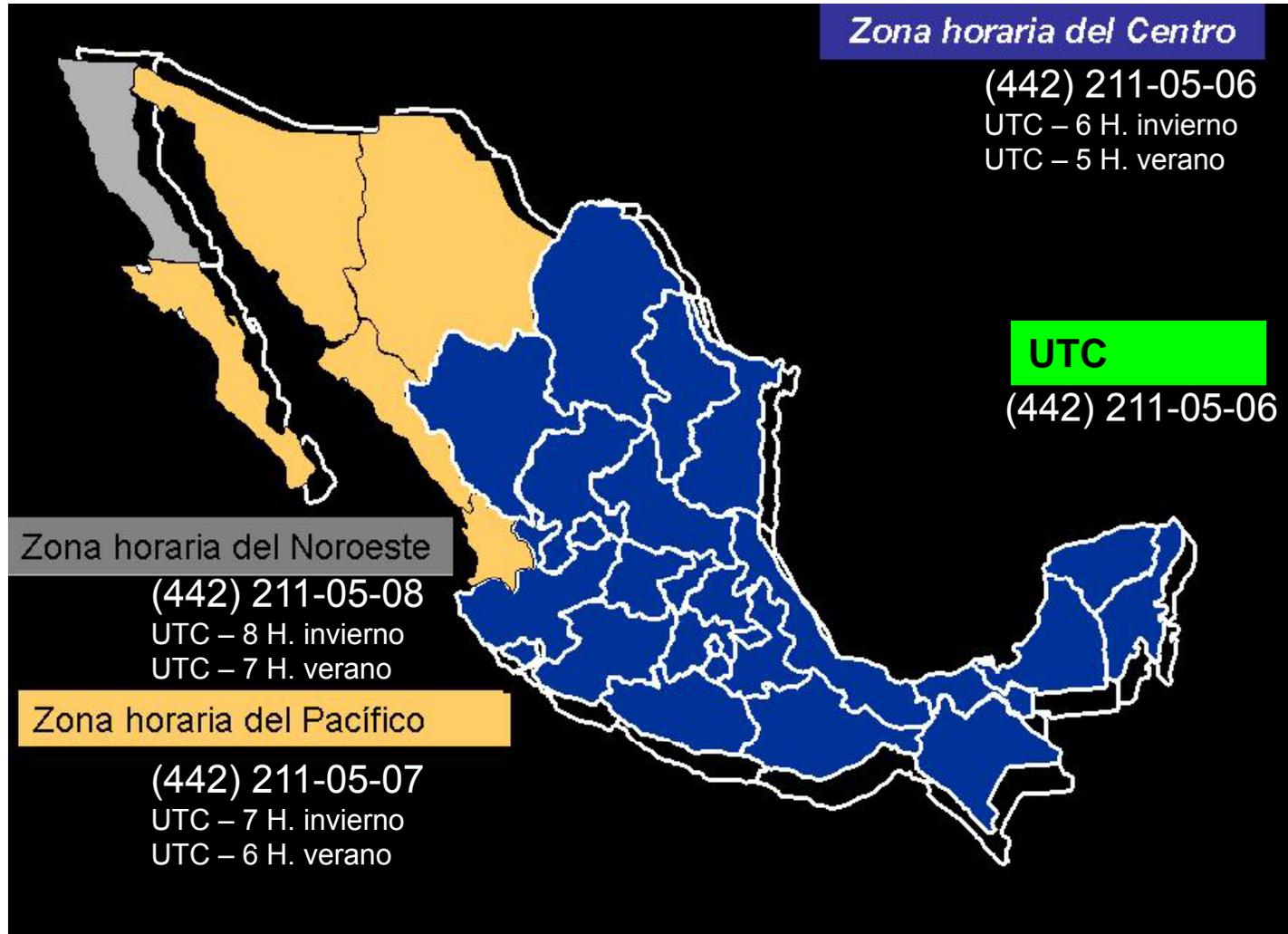


1. **Introducción**
2. **Antecedentes**
3. **Sistema de comunicación de la hora oficial en México**
  1. **Características del sistema de comunicación**
  2. **Sistema de comunicación**
    1. **Transmisor**
      1. **Código SMPTE**
      2. **Línea de transmisión**
      3. **Antena dipolo horizontal**
      4. **Balun**
    2. **Receptor**
      1. **Partes del receptor**





# INTRODUCCIÓN



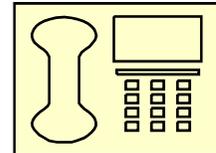
Encuentro Nacional de  
Metrología Eléctrica 2009  
18-20 de noviembre

- Electromagnetismo
- Temperatura y Propiedades Termofísicas
- Tiempo y Frecuencia

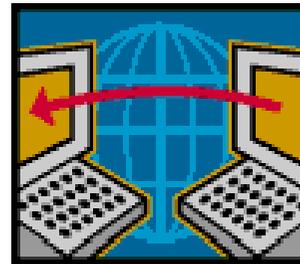




 Vía Telefónica



 Vía Internet



[cronos.cenam.mx](http://cronos.cenam.mx)

 Vía Satélite

GPS



 Vía Radio

Estación radiofónica

XEQK 1350 KHz AM



# CONTENIDO



1. Introducción
2. **Antecedentes**
3. Sistema de comunicación de la hora oficial en México
  1. Características del sistema de comunicación
  2. Sistema de comunicación
    1. Transmisor
      1. Código SMPTE
      2. Línea de transmisión
      3. Antena dipolo horizontal
      4. Balun
    2. Receptor
      1. Partes del receptor



## ANTECEDENTES



### Relojes radiocontrolados

- Relojes con receptores de la hora exacta han existido desde hace algunos años.
- En algunos países como: Estados Unidos, Canadá, Japón, Alemania, Inglaterra y otras partes de Europa.
- Comercialmente se les conoce como relojes radio-controlados.
- Los países que cuentan con dicha tecnología, tienen radiodifusoras exclusivas para la disseminación de la hora.



## ANTECEDENTES

Continuación...



## Relojes radiocontrolados

Continuación...

- Algunos fabricantes se refieren erróneamente a sus relojes radio-controlados como "relojes atómicos".
- Un reloj radio-controlado cuenta con un receptor de radio dentro de su mecanismo el cual es el encargado de recibir una señal proveniente de una radiodifusora, la cual transmite exclusivamente la hora exacta proveniente de relojes atómicos.





# CONTENIDO



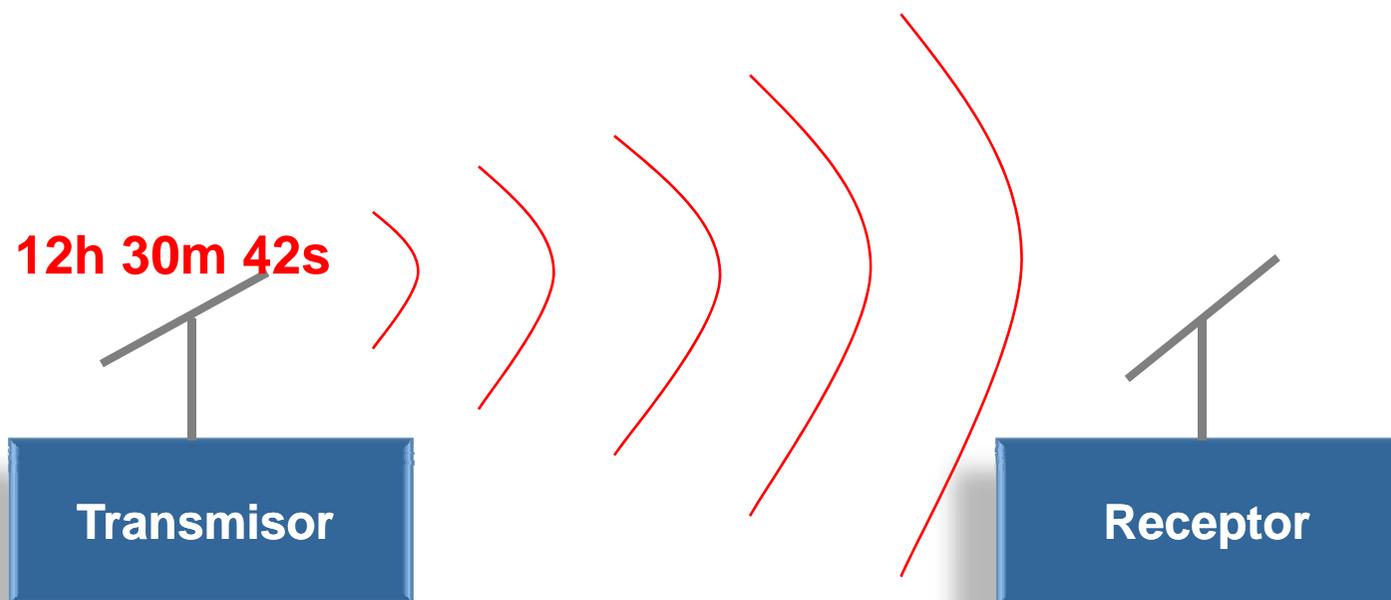
1. Introducción
2. Antecedentes
3. Sistema de comunicación de la hora oficial en México
  1. Características del sistema de comunicación
  2. Sistema de comunicación
    1. Transmisor
      1. Código SMPTE
      2. Línea de transmisión
      3. Antena dipolo horizontal
      4. Balun
    2. Receptor
      1. Partes del receptor



# SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE LA HORA OFICIAL EN MÉXICO



## Objetivo





# CONTENIDO



1. Introducción
2. Antecedentes
3. Sistema de comunicación de la hora oficial en México
  1. Características del sistema de comunicación
  2. Sistema de comunicación
    1. Transmisor
      1. Código SMPTE
      2. Línea de transmisión
      3. Antena dipolo horizontal
      4. Balun
    2. Receptor
      1. Partes del receptor



# CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN



## Tiempo

ALCANCE:

La hora Exacta (4 husos horarios, ver mapa)

Tiempo del Centro

Tiempo del Pacífico

Tiempo del Noroeste

Tiempo Universal Coordinado (CNM)

COBERTURA: Instalaciones del CENAM

FRECUENCIA: 20 MHz

MODULACIÓN: FM

CÓDIGO: SMPTE (*Society of Motion Picture and Television Engineers*)

TIPO: Simplex

## Frecuencia

ALCANCE: 10 MHz Patrón

COBERTURA: Instalaciones del CENAM

FRECUENCIA: 25 MHz

MODULACIÓN: FM



CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN  
Continuación...



## Alcance: husos horarios en México



Encuentro Nacional de  
Metrología Eléctrica 2009  
18-20 de noviembre

- Electromagnetismo
- Temperatura y Propiedades Termofísicas
- Tiempo y Frecuencia

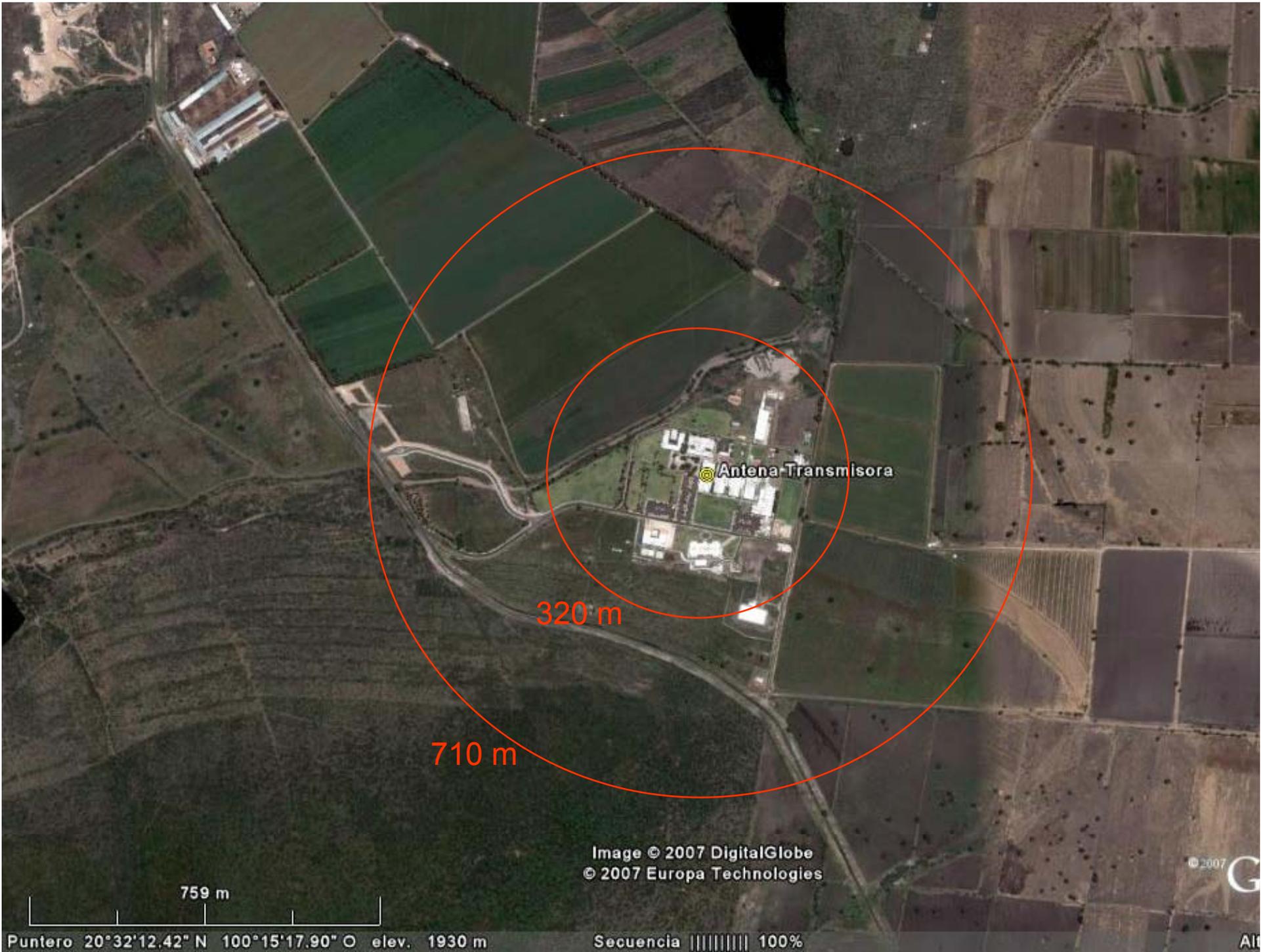


CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, CENAM,  
DERECHOS RESERVADOS 2009



## Cobertura: Instalaciones del CENAM





Antena Transmisora

320 m

710 m

759 m

Puntero 20°32'12.42" N 100°15'17.90" O elev. 1930 m

Image © 2007 DigitalGlobe  
© 2007 Europa Technologies

Secuencia ||||| 100%

© 2007 G

Alt

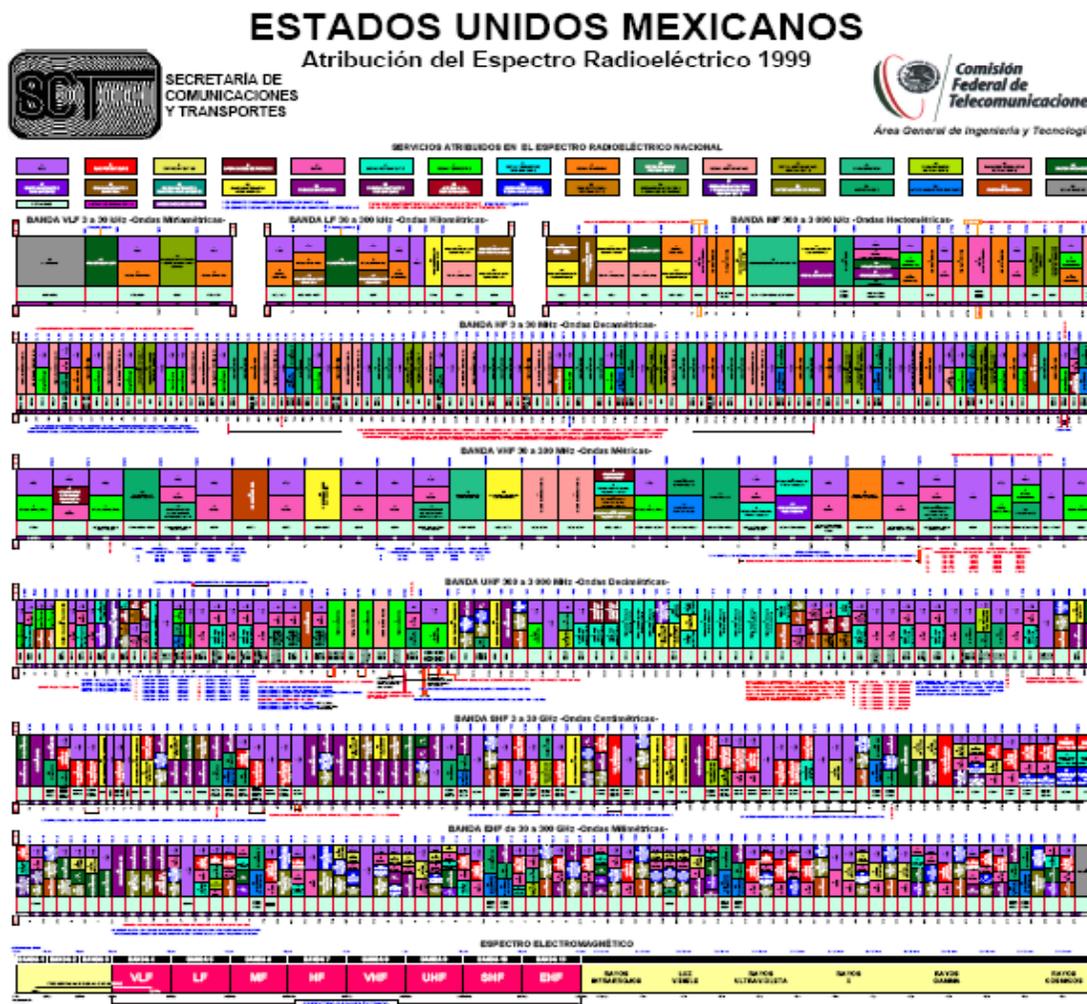


# CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN

Continuación...



## Frecuencia: 20 MHz



**Encuentro Nacional de Metrología Eléctrica 2009**  
18-20 de noviembre

- Electromagnetismo
- Temperatura y Propiedades Termofísicas
- Tiempo y Frecuencia

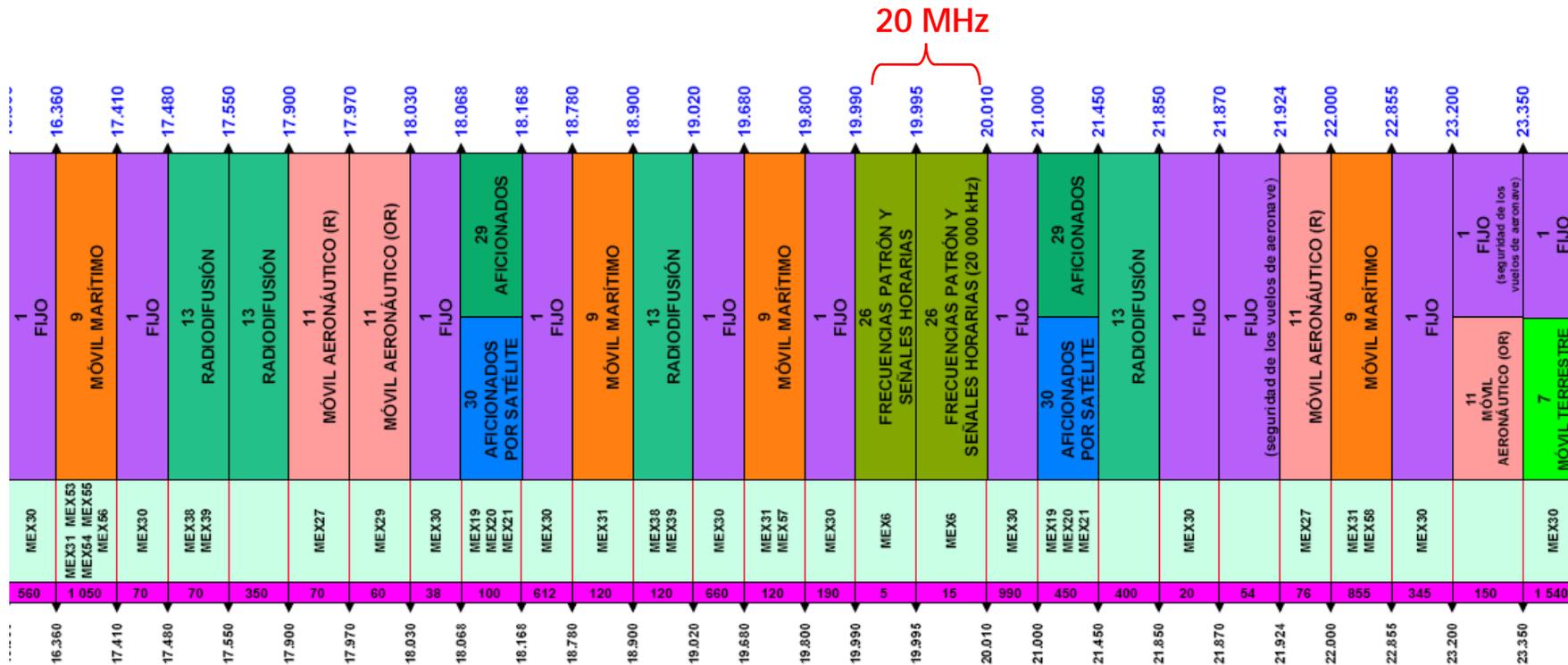




## CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN Continuación...



### Frecuencia: 20 MHz





## Modulación: FM

- ❖ Menos vulnerable que en amplitud modulada.
- ❖ La información no va en la amplitud sino en la frecuencia.
- ❖ Afecta menos el ruido.
- ❖ Ancho de banda puede ser muy grande.
- ❖ Disponibilidad de este tipo de circuitos en el mercado.
- ❖ Costo de circuitos moduladores y demoduladores.
- ❖ Confiabilidad que se le tiene a este tipo de modulación.



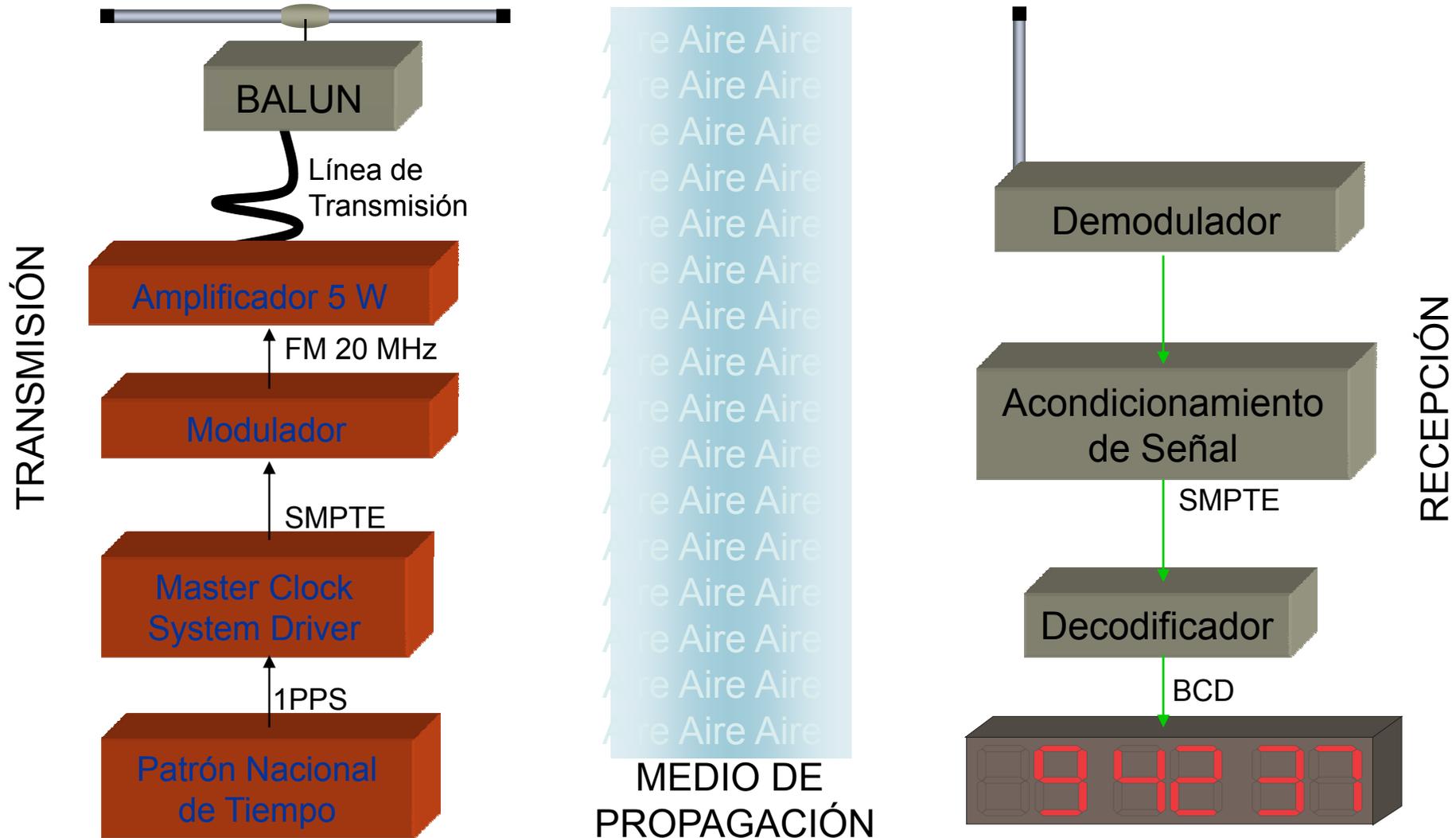
# CONTENIDO



1. Introducción
2. Antecedentes
3. Sistema de comunicación de la hora oficial en México
  1. Características del sistema de comunicación
  - 2. Sistema de comunicación**
    1. Transmisor
      1. Código SMPTE
      2. Línea de transmisión
      3. Antena dipolo horizontal
      4. Balun
    2. Receptor
      1. Partes del receptor



# SISTEMA DE COMUNICACIÓN





# CONTENIDO



1. Introducción
2. Antecedentes
3. Sistema de comunicación de la hora oficial en México
  1. Características del sistema de comunicación
  2. Sistema de comunicación
    1. Transmisor
      1. Código SMPTE
      2. Línea de transmisión
      3. Antena dipolo horizontal
      4. Balun
    2. Receptor
      1. Partes del receptor





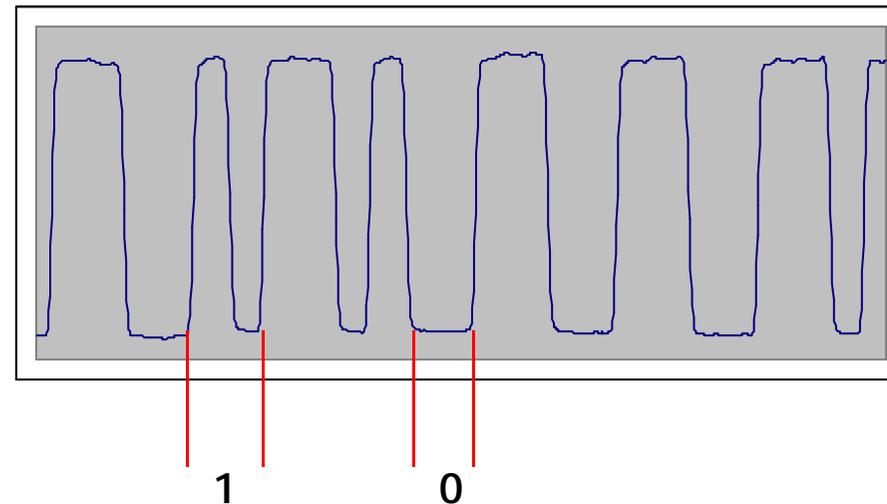
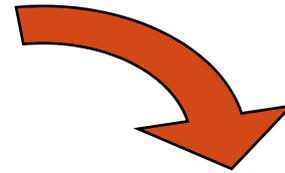
# TRANSMISOR



## Master clock system driver



Master Clock System  
Driver. CSD 5300



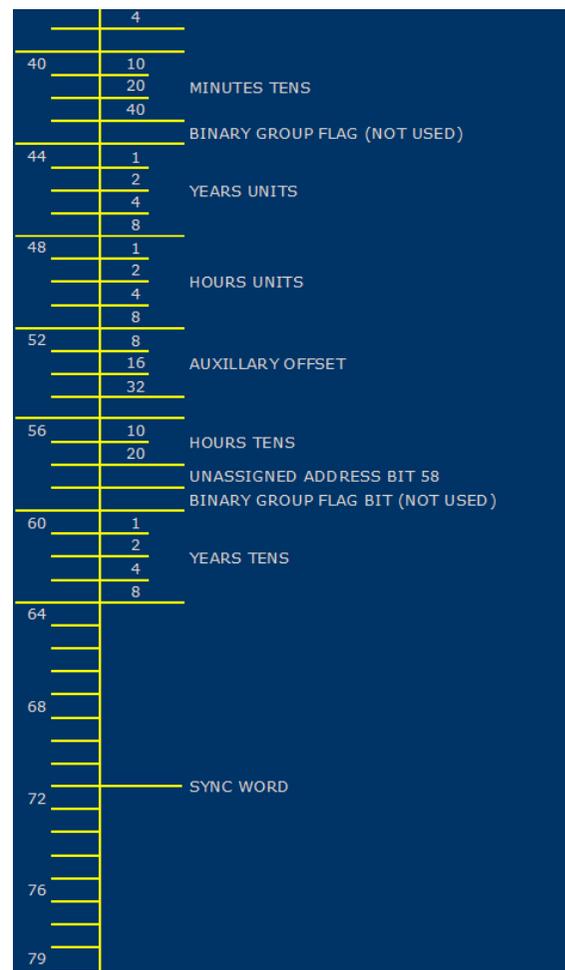
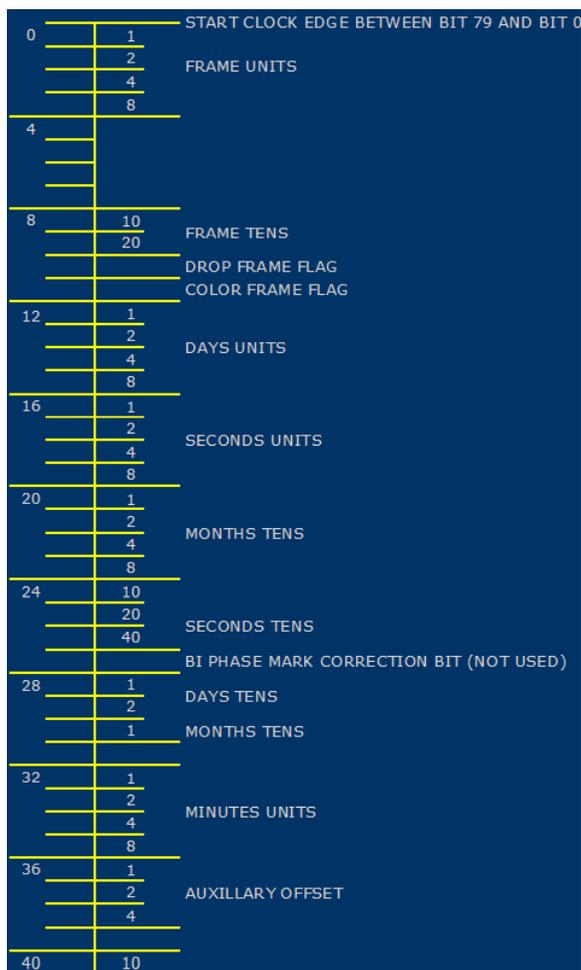
30 cuadros para un segundo



**TRANSMISOR**  
Continuación...



# Código SMPTE (un cuadro)

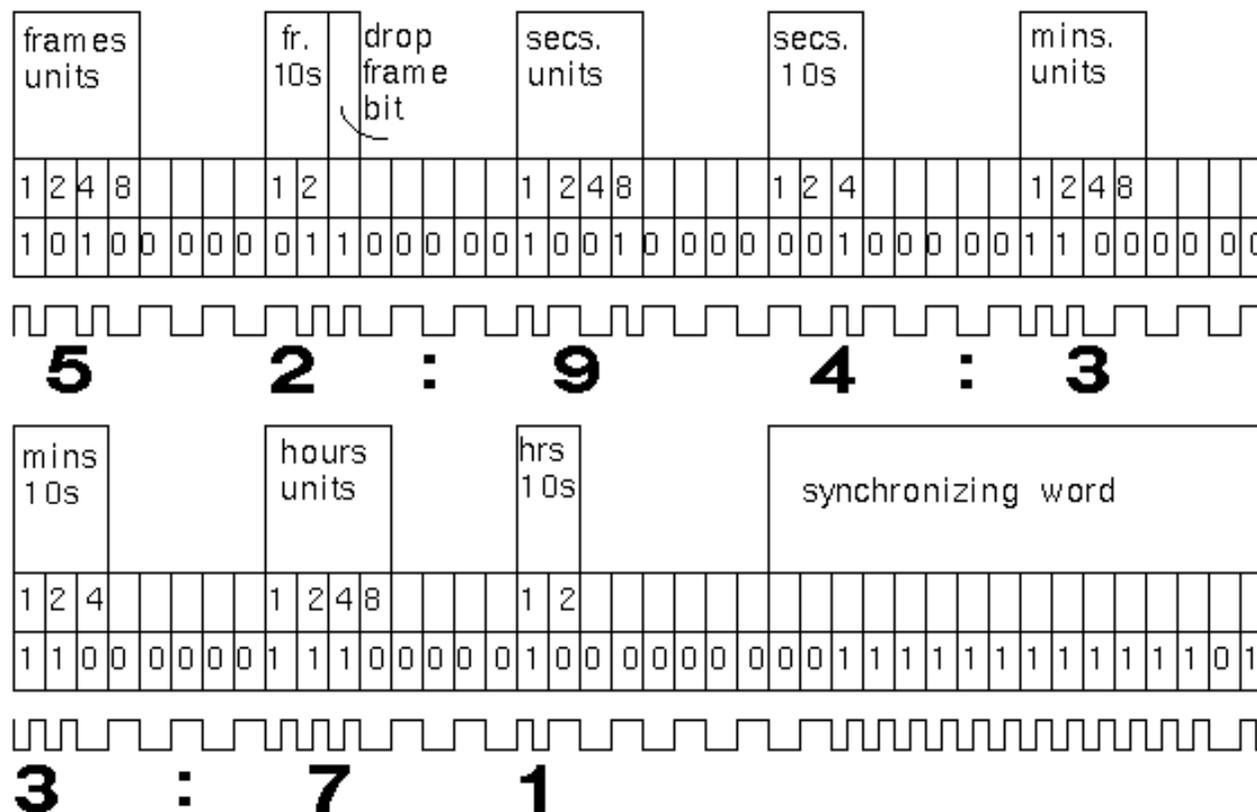




TRANSMISOR  
Continuación...



## Código SMPTE (ejemplo)





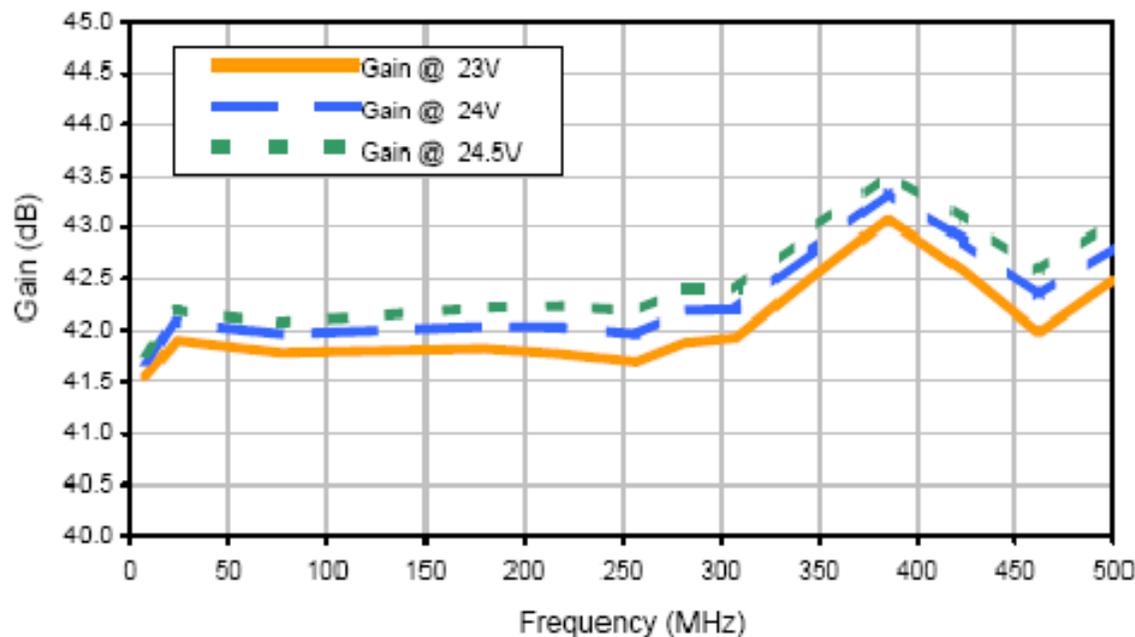
TRANSMISOR  
Continuación...



## Amplificador de RF

### Electrical Specifications

MODEL NO.	FREQ. (MHz)		GAIN (dB)		MAXIMUM POWER OUTPUT (dBm)		DYNAMIC RANGE		VSWR (:1) Typ.		DC POWER	
	$f_L$	$f_U$	Min.	Flatness Max.	(1 dB Compr.) Min.	Input (no damage)	NF (dB) Typ.	IP3 (dBm) Typ.	In	Out	Volt (V) Nom.	Current (A) Max.
ZHL-5W-1	5	500	40	±1.7	+37	0	4.0	+49	2.0	2.5	24	3.3





TRANSMISOR  
Continuación...

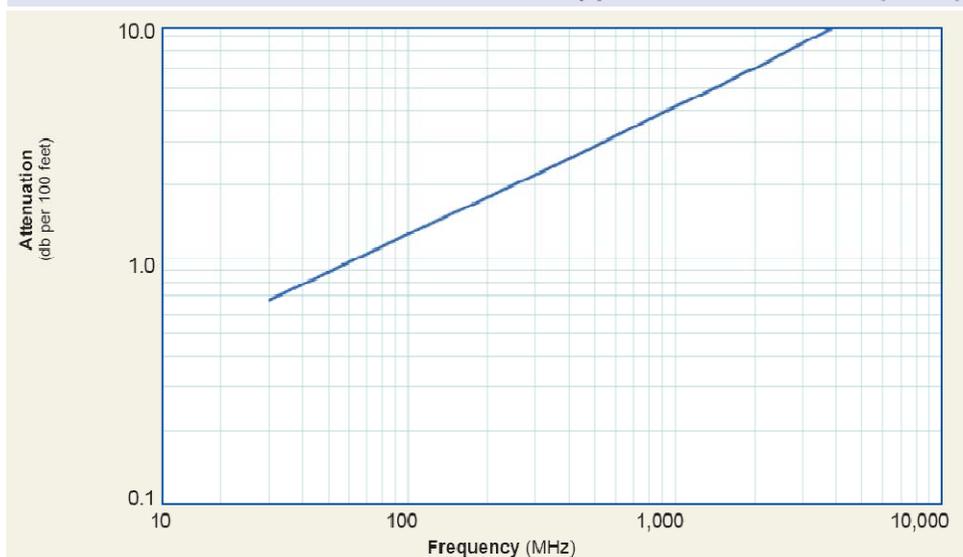


## Línea de transmisión



Cable Coaxial  
LMR400

Construction Specifications			
Description	Material	In.	(mm)
Inner Conductor	Solid BCCAI	0.108	(2.74)
Dielectric	Foam PE	0.285	(7.24)
Outer Conductor	Aluminum Tape	0.291	(7.39)
Overall Braid	Tinned Copper	0.320	(8.13)



Frequency (MHz)	30	50	150	220	450	900	1500	1800	2000	2500	5800
Attenuation dB/100 ft	0.7	0.9	1.5	1.9	2.7	3.9	5.1	5.7	6.0	6.8	10.8
Attenuation dB/100 m	2.2	2.9	5.0	6.1	8.9	12.8	16.8	18.6	19.6	22.2	35.5
Avg. Power kW	3.33	2.57	1.47	1.20	0.83	0.58	0.44	0.40	0.37	0.33	0.21

$$(0.122290) * \sqrt{FMHz} + (0.000260) * FMHz$$



Encuentro Nacional de  
Metrología Eléctrica 2009  
18-20 de noviembre

→ Electromagnetismo  
→ Temperatura y  
Propiedades Termofísicas  
→ Tiempo y Frecuencia

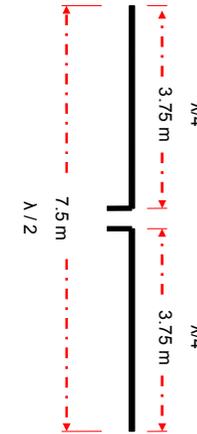
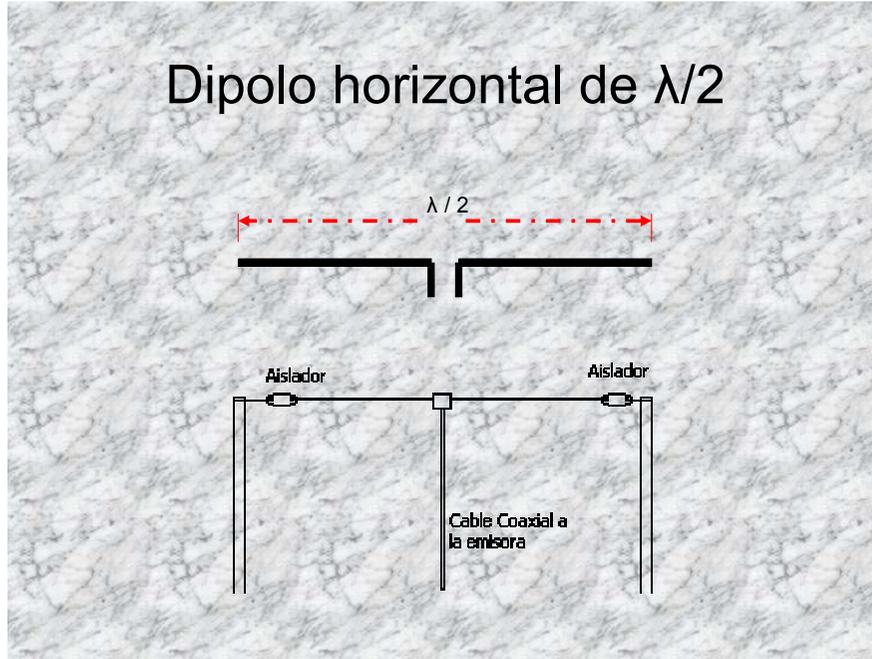




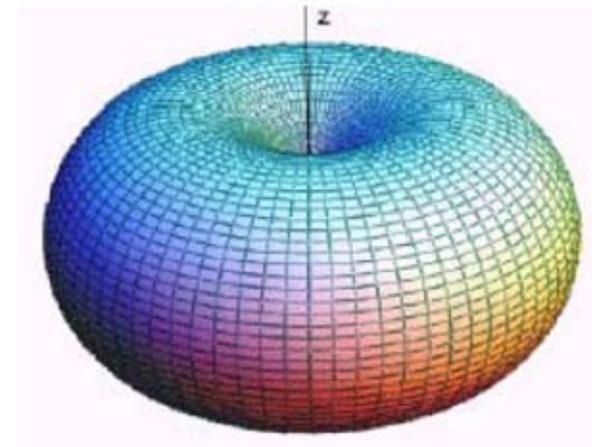
TRANSMISOR  
Continuación...



## Antena dipolo horizontal $\lambda/2$



$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{20 \times 10^6 \text{ Hz}} = 15 \text{ m}$$

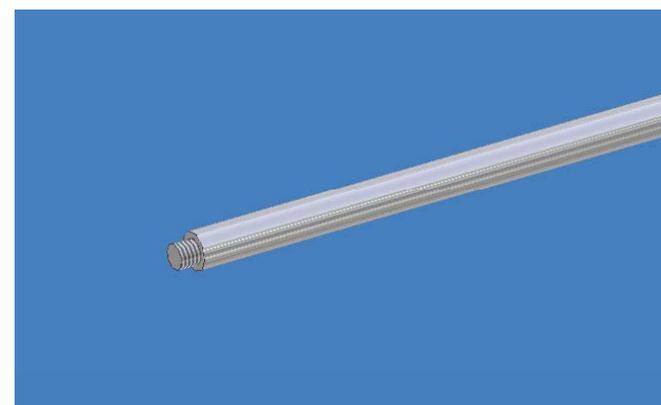
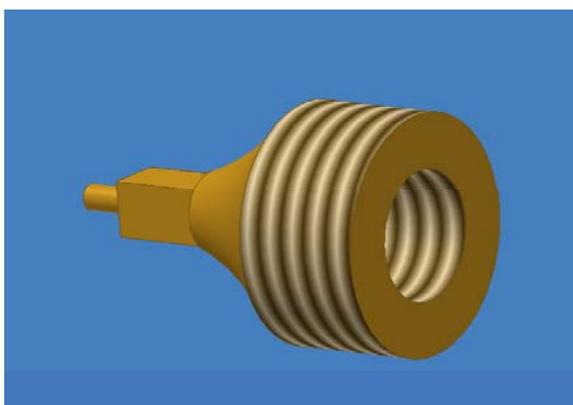
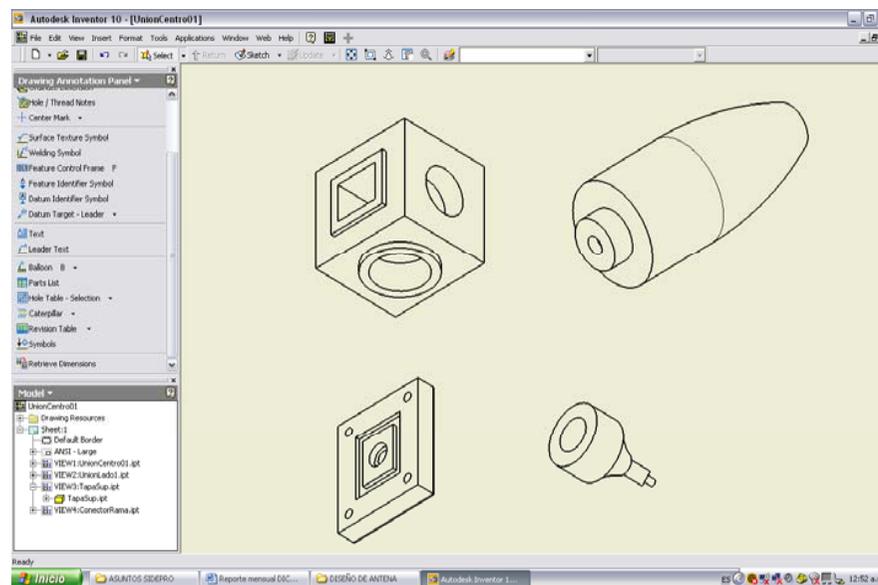




## TRANSMISOR Continuación...



## Diseño de la antena



Encuentro Nacional de  
Metrología Eléctrica 2009  
18-20 de noviembre

- Electromagnetismo
- Temperatura y Propiedades Termofísicas
- Tiempo y Frecuencia

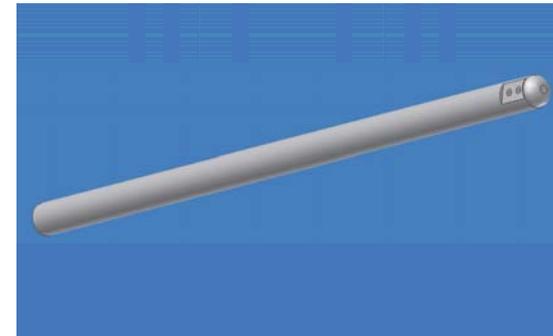
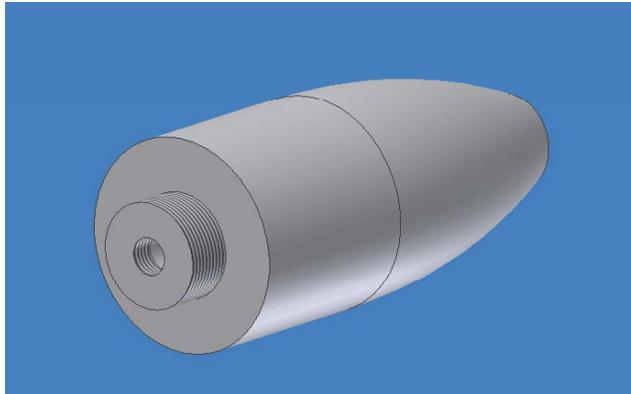
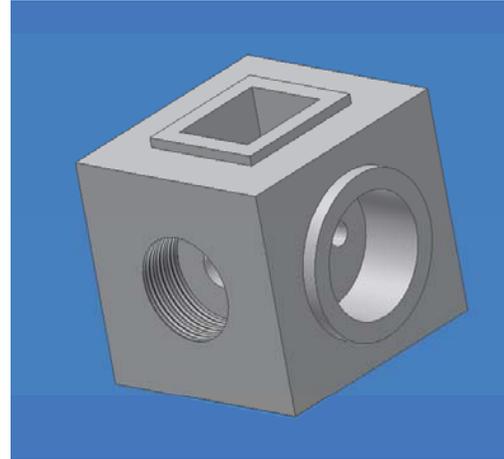




## TRANSMISOR Continuación...



## Diseño de la antena Continuación...

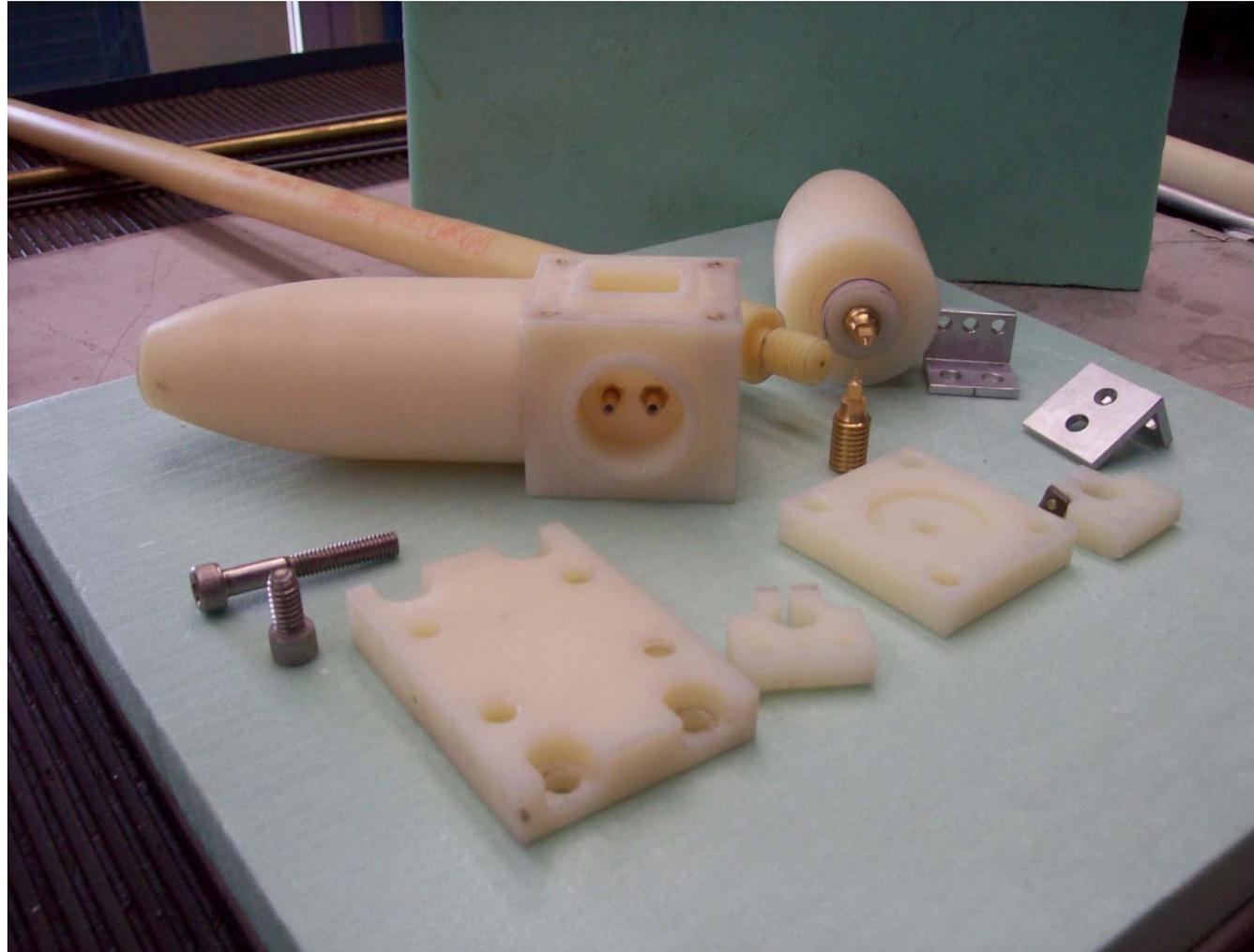




TRANSMISOR  
Continuación...



## Fabricación de la antena

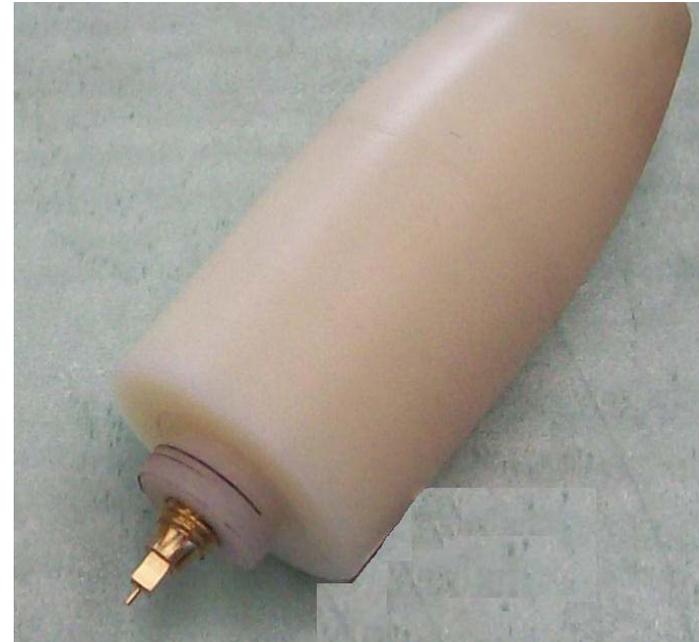
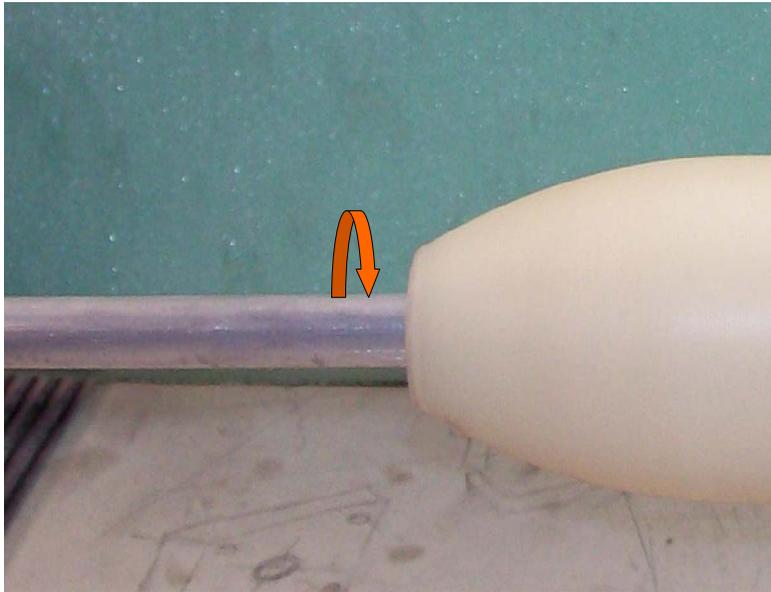


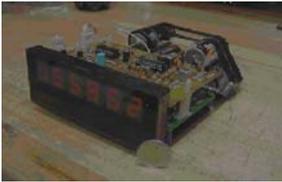


## TRANSMISOR Continuación...



## Fabricación de la antena Continuación...

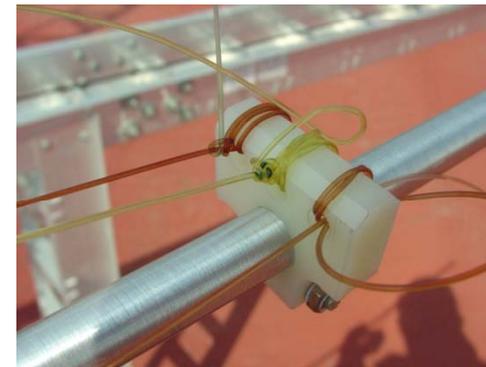
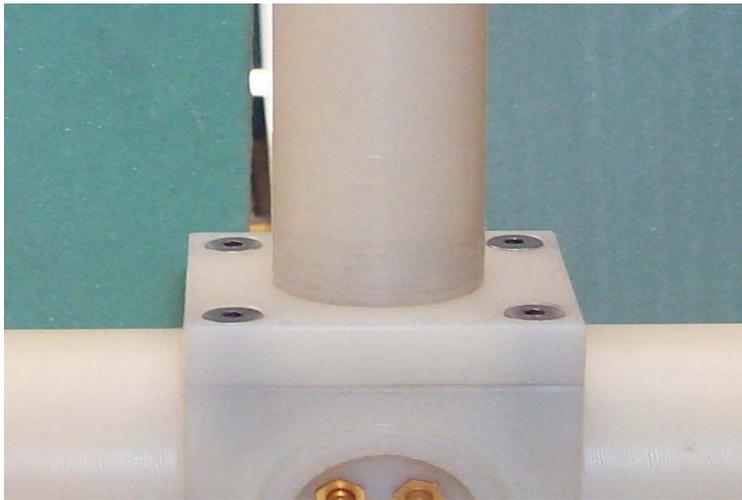




## TRANSMISOR Continuación...



## Fabricación de la antena Continuación...





**TRANSMISOR**  
Continuación...



**Fabricación de la antena**  
Continuación...



**Encuentro Nacional de  
Metrología Eléctrica 2009**  
18-20 de noviembre

- ↪ Electromagnetismo
- ↪ Temperatura y Propiedades Termofísicas
- ↪ Tiempo y Frecuencia





TRANSMISOR  
Continuación...



## Instalación de de la antena



Encuentro Nacional de  
Metrología Eléctrica 2009  
18-20 de noviembre

- ↪ Electromagnetismo
- ↪ Temperatura y Propiedades Termofísicas
- ↪ Tiempo y Frecuencia





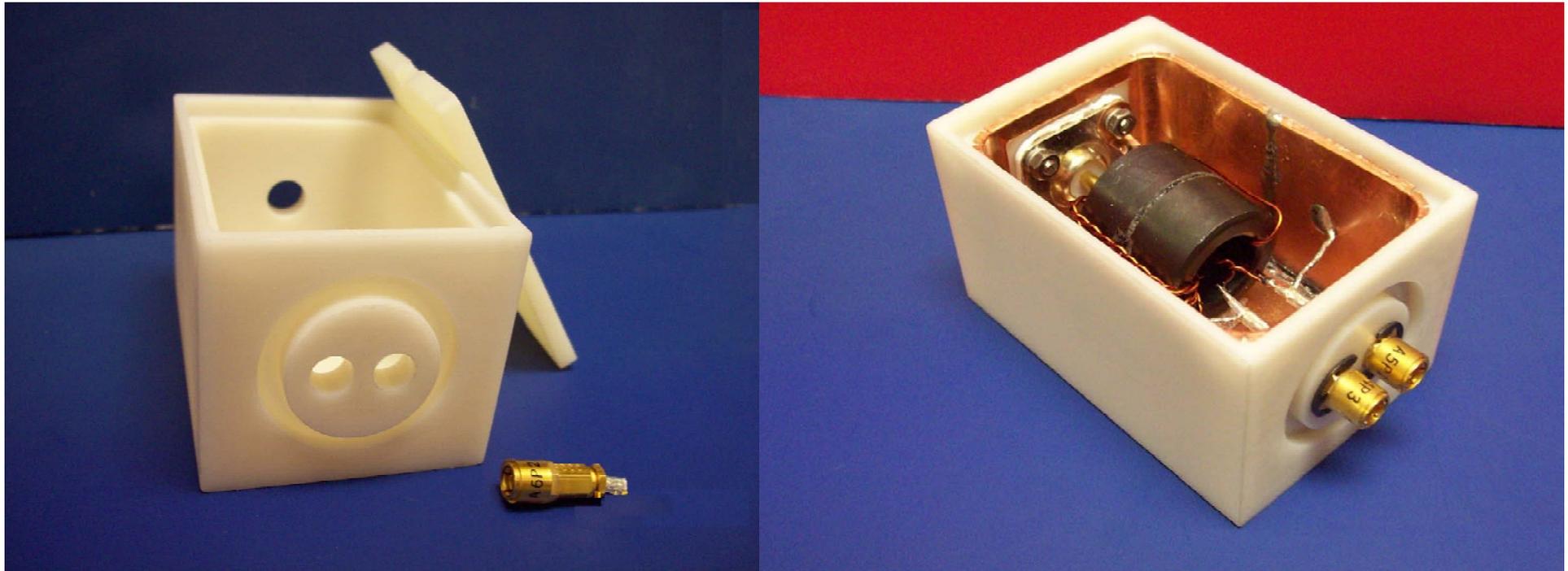
*Antena dipolo horizontal a 20 MHz en torre de transmisión*



TRANSMISOR  
Continuación...



## Diseño y construcción del balun





# CONTENIDO



1. Introducción
2. Antecedentes
3. Sistema de comunicación de la hora oficial en México
  1. Características del sistema de comunicación
  2. Sistema de comunicación
    1. Transmisor
      1. Código SMPTE
      2. Línea de transmisión
      3. Antena dipolo horizontal
      4. Balun
    2. Receptor
      1. Partes del receptor

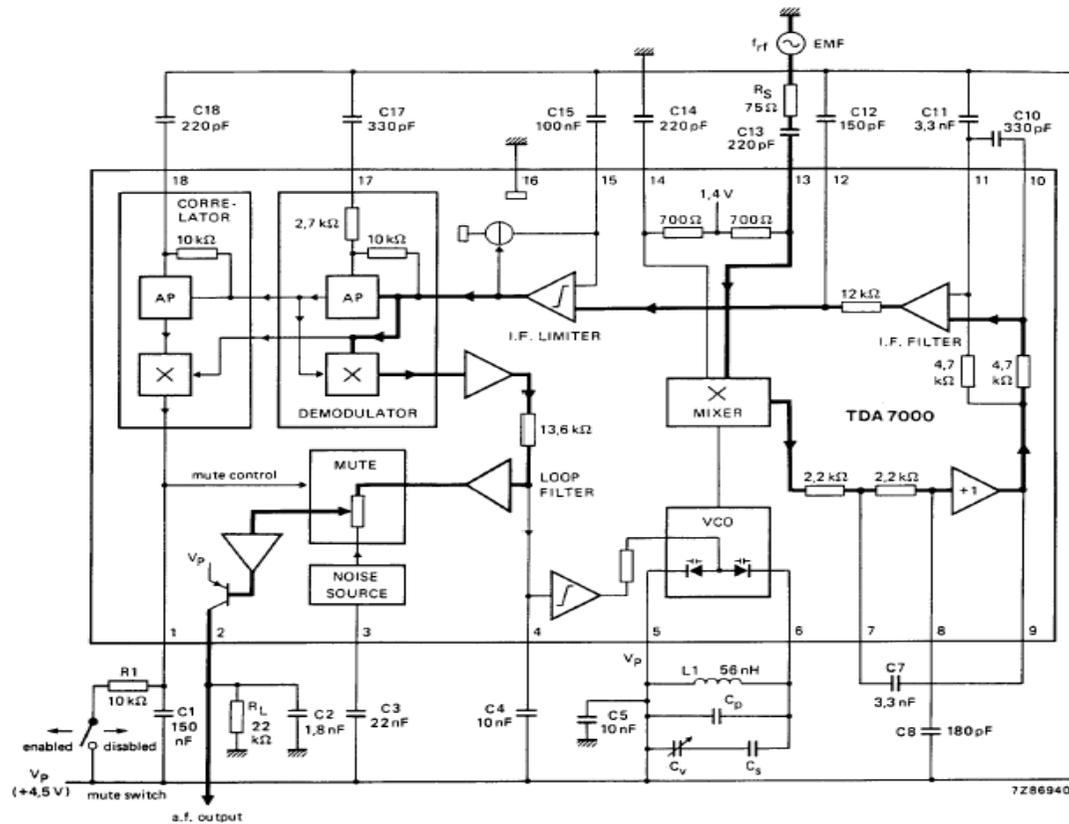


# RECEPTOR



## Circuito receptor

### C.I. TDA7000



$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

donde:

$f_r$  es la frecuencia de resonancia del circuito,

$L$  es el inductor  $L_1$ ,

$C$  es el paralelo de los capacitores  $C_s$  y  $C_v$ ,

y la suma en serie con el capacitor  $C_p$

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_s} + \frac{1}{C_v}} + C_p$$

$$L_1 = 0,85 \mu\text{Hy}, C_p = 22 \text{ Pf}$$

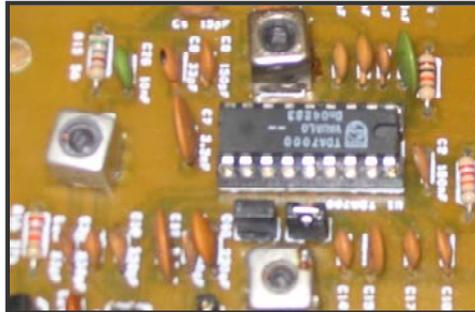
$$C_s + C_v = 22 \text{ pF}$$



## RECEPTOR Continuación...



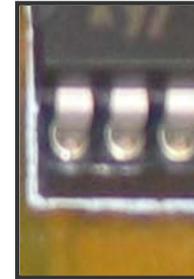
## Partes del receptor



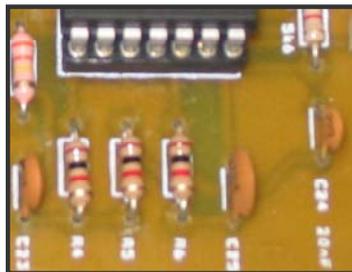
Circuito receptor



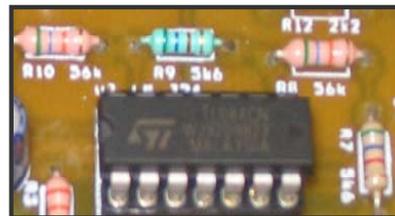
Sujetador a  
cero



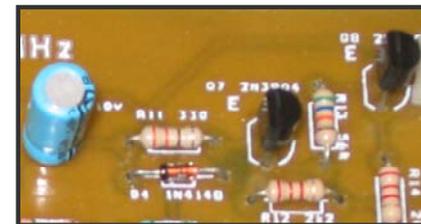
Seguidor  
de voltaje



Filtro  
gaussiano



Amplificadores  
operacionales



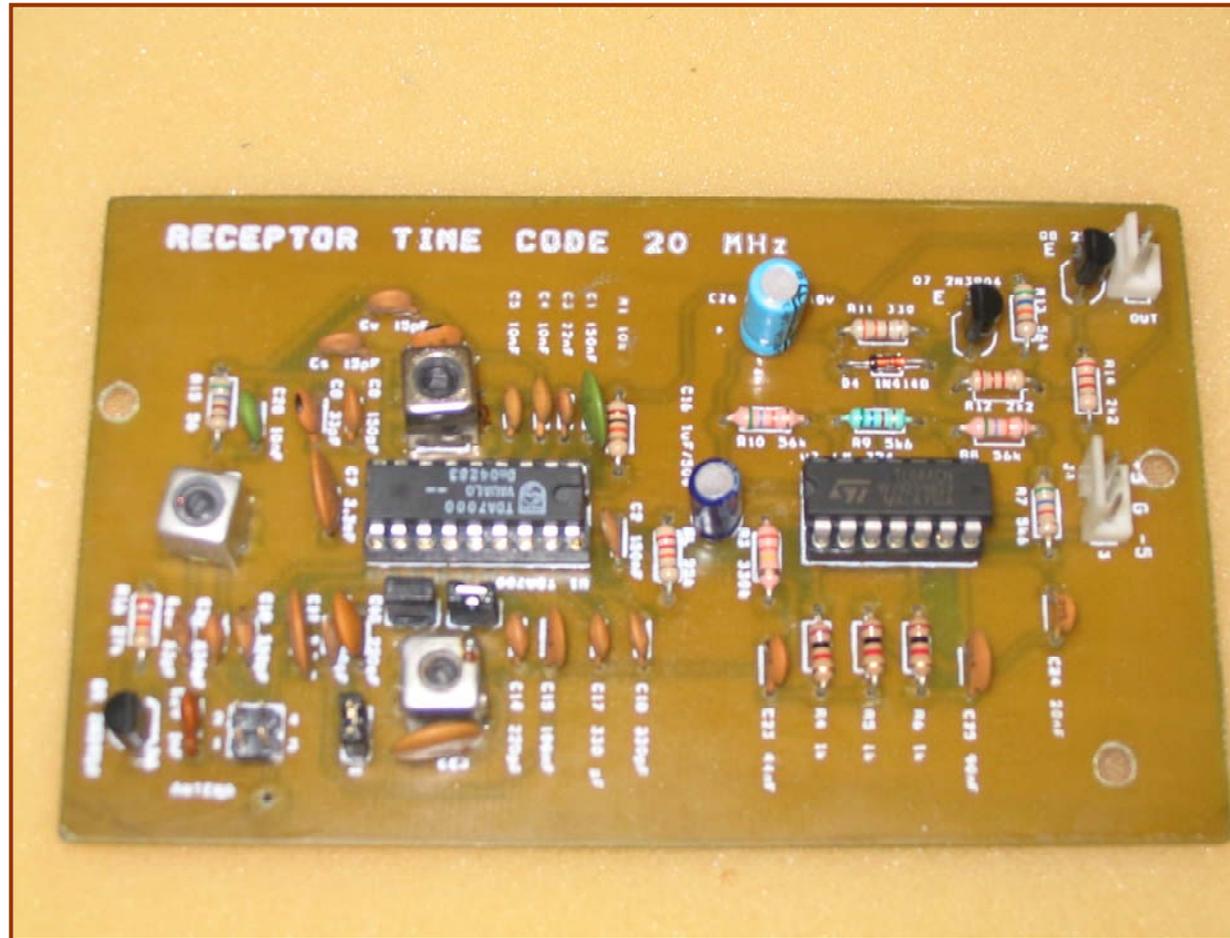
Mejoramiento  
señal MPTE

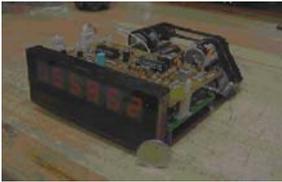


RECEPTOR  
Continuación...



## Receptor de código SMPTE

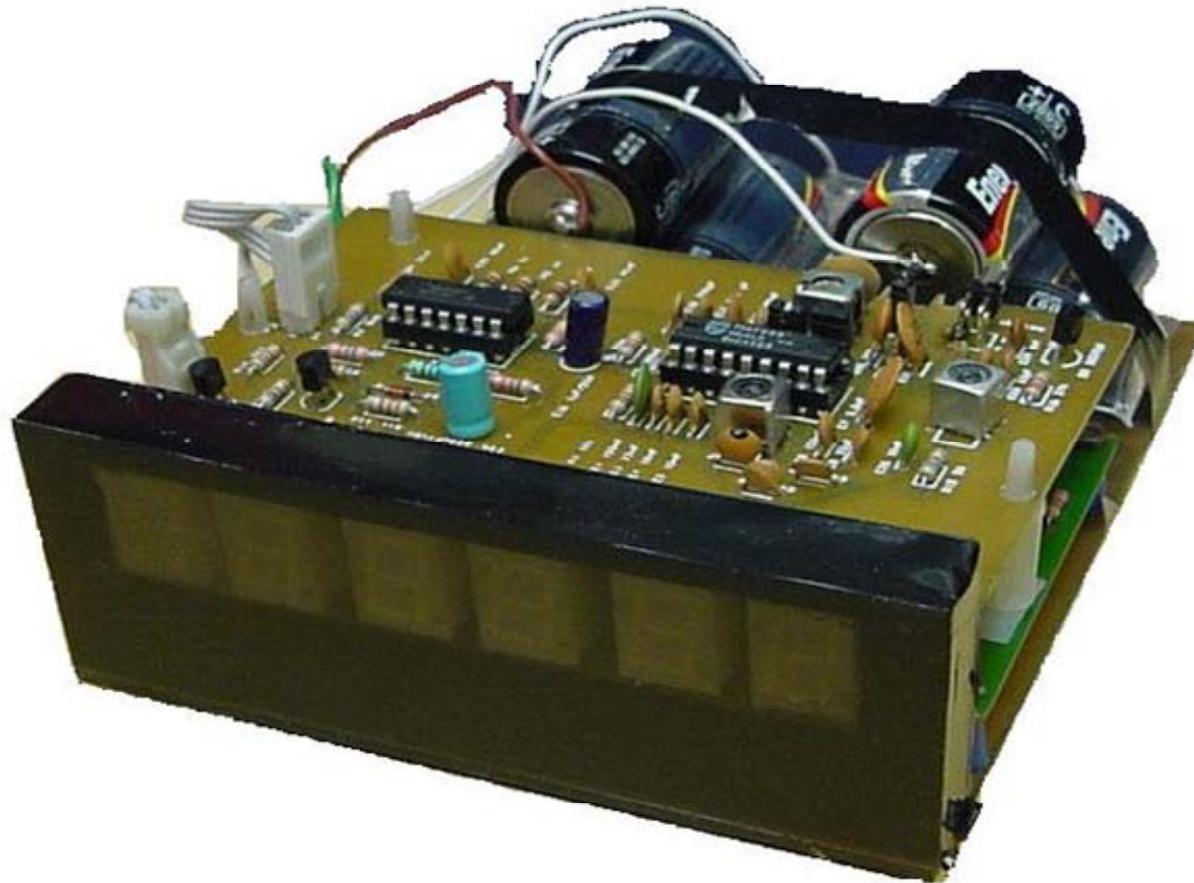




RECEPTOR  
Continuación...



## Receptor de código SMPTE completo



# Sistema de diseminación de código de tiempo por radio

Ing. Francisco Javier Jiménez Tapia  
Centro Nacional de Metrología  
[fjimenez@cenam.mx](mailto:fjimenez@cenam.mx)

