



Title: Determination of physical parameters that contribute to the erosion of rotor blades in a steam turbine

Authors: RUEDA-MARTINEZ, Fernando, GARRIDO-MELÉNDEZ, Javier, MENDOZA-GONZÁLEZ, Felipe and RODRÍGUEZ-GARCÍA, Ernesto R.

Editorial label ECORFAN: 607-8695
 BECORFAN Control Number: 2022-01
 BECORFAN Classification (2022): 131222-0001

Pages: 21
 RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
 143 – 50 Itzopan Street
 La Florida, Ecatepec Municipality
 Mexico State, 55120 Zipcode
 Phone: +52 1 55 6159 2296
 Skype: ecorfan-mexico.s.c.
 E-mail: contacto@ecorfan.org
 Facebook: ECORFAN-México S. C.
 Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

INTRODUCCIÓN

- Estudio Teórico que permite evaluar la influencia que ejercen diferentes parámetros:
 - físicos,
 - estructurales
 - régimen

-erosión mecánica

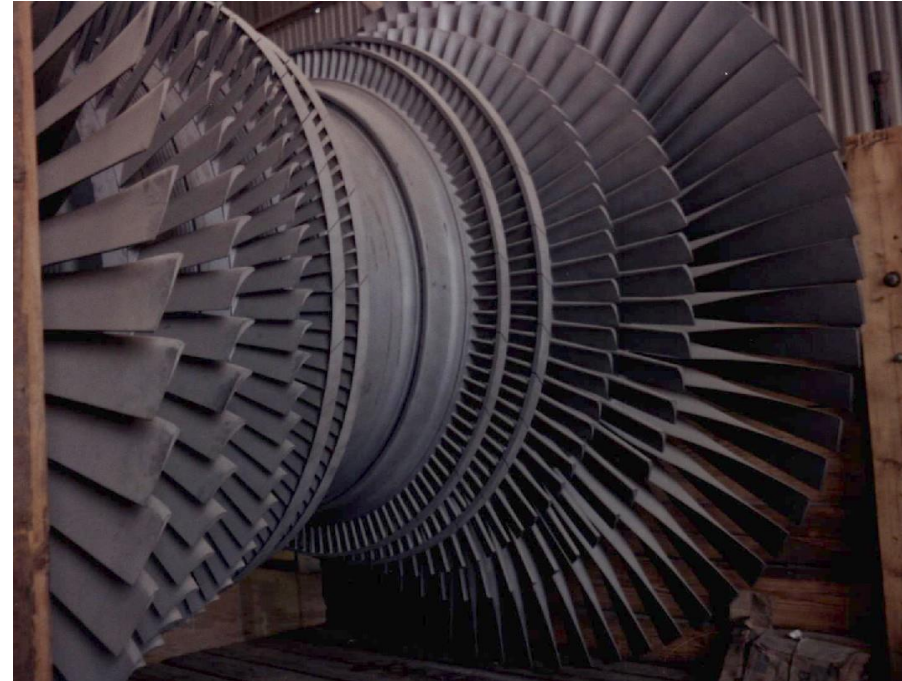
-álabes rotores

-último paso SBP TV300MW.



UNIDAD 4 CENTRAL TERMOELÉCTRICA VALLE DE MÉXICO TURBINA DE VAPOR 300 MW.

SECCIÓN DE BAJA PRESIÓN



ROTOR Y ÁLABES ROTORES DEL CUERPO DE BAJA PRESIÓN.

Expansión de Vapor

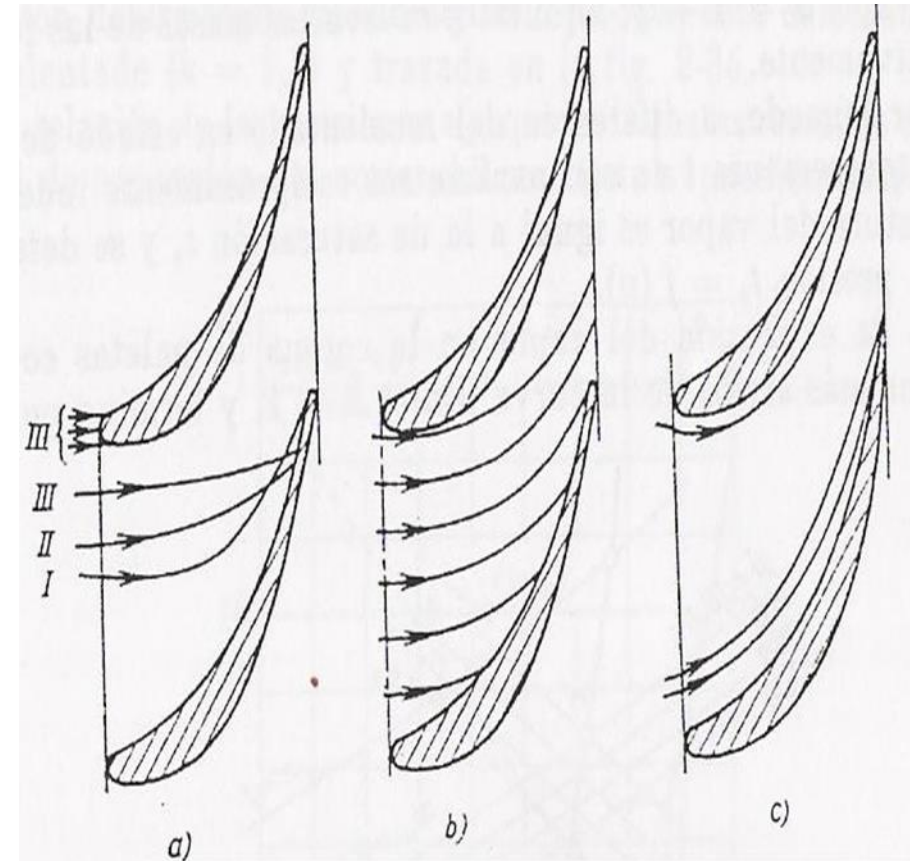
- transición de fases
- no equilibrio de condensación
- ΔT

ΔT_{\max} - estado prox al de equilibrio

- gotas muy pequeñas
- germen viables
- núcleos de condensación

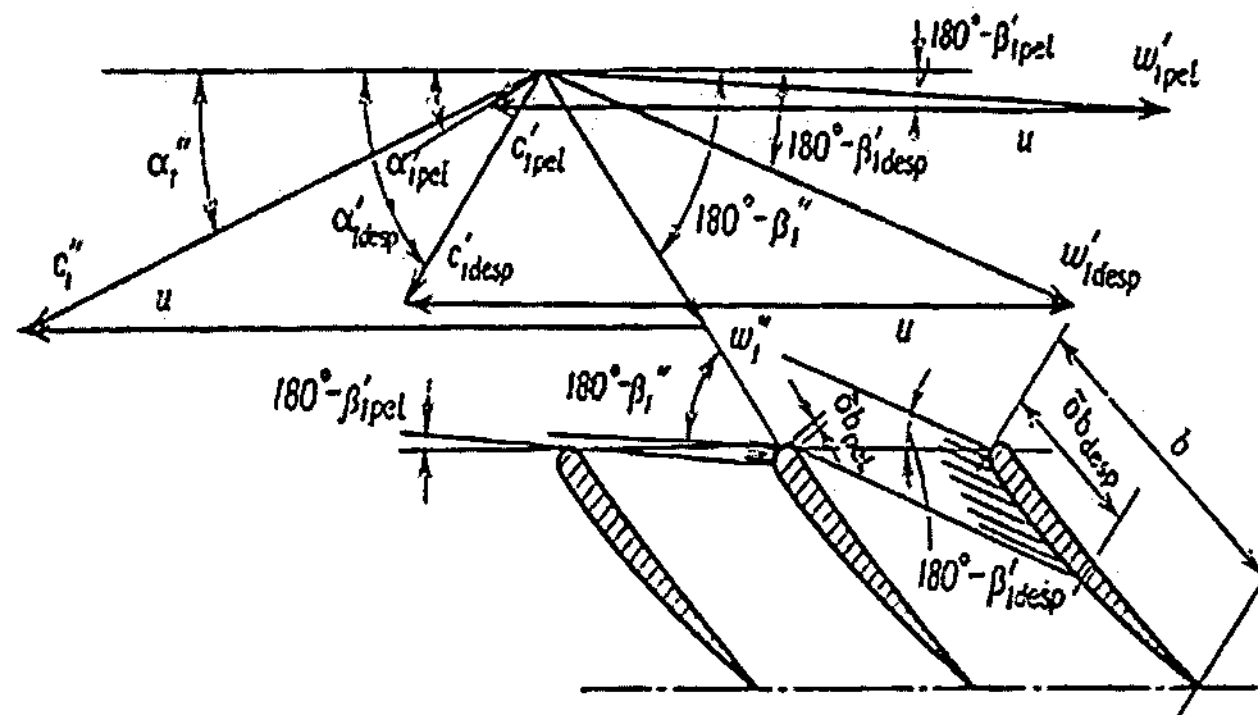
Fase nueva sobre núcleos de condensación

- número considerable
- germen crítico r^*
- diferencia de velocidades de las fases
- características de las gotas



SECCIÓN DE BAJA PRESIÓN

- Aumento de humedad
- Impacto de partículas de líquido sobre los álabes
- Erosión
- Humedad 3-5% → película de agua (w'_{pel}) → periferia álabes rotor
- δ_{b-desp} resultado de la reflexión y desprendimiento de gotas



TRIÁNGULO DE VELOCIDADES DE ENTRADA DE LA FASE VAPOR Y LÍQUIDO EN LA ZONA PERIFÉRICA

Se tienen muchas relaciones semiempíricas para determinar los factores que actúan sobre el desgaste por erosión de los bordes de ataque de álabes rotores, por lo que evaluar la influencia de los distintos parámetros estructurales, físicos y de régimen, puede ayudar más a entender las causas y a tener más información precisa de este problema tecnológico.

METODOLOGÍA

- RADIO DEL GERMEN CRÍTICO

$$r^* = \frac{2\sigma T_s}{L\Delta T\rho'}$$

- HUMEDAD MACRODISPERSA

$$\lambda = 0.07 z_{hum} k_{aer} (0.5 - 0.094 \ln p_2)$$

- COEFICIENTE DE DESLIZAMIENTO

$$v = 15 \cdot 10^{-5} P_{sal} \text{ rot} \frac{u_{per}}{x_{per}} \sqrt{\frac{(\delta_{ax}^{per} + 0.05)}{\text{sen } \alpha'_{desp} \text{ per}} (1 - \rho_{per})}$$

$$v = \frac{c'}{c''}$$

- VELOCIDAD DEL VAPOR

$$c'' = \frac{\varphi \cdot u_{per}}{x_{per}} \sqrt{1 - \rho_{per}}$$

• VELOCIDAD RELATIVA DE LAS GOTAS

$$(w'_{desp\ per})^2 = u_{per}^2 \left[1 + \frac{v^2 \varphi^2 (1 - \rho_{per})}{x_{per}^2} - \frac{2v\varphi \cos \alpha'_{desp\ per}}{x_{per}} \sqrt{1 - \rho_{per}} \right]$$

• PRESIÓN DE IMPACTO

$$\Delta p = a' w \rho_{liq}$$

• RADIO MEDIO DE LA GOTA

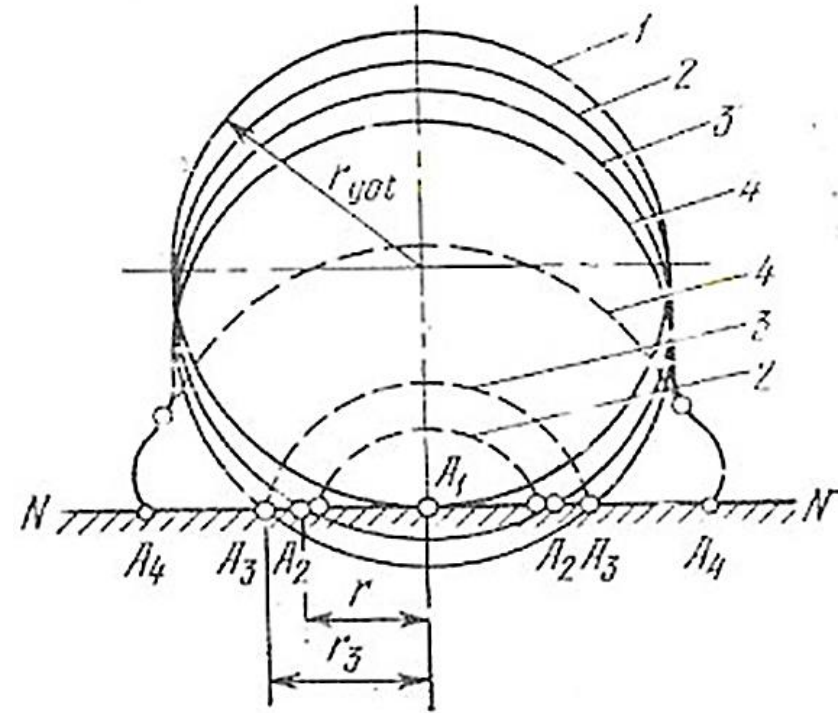
$$r_{got} = \frac{15\sigma_{spf}}{2c^2} = \frac{15\sigma_{spf} x_{per}^2}{2\varphi^2 (1 - \rho_{per}) u_{per}^2}$$

- VELOCIDAD DE LA MANCHA DE CONTACTO

$$C_B = W \frac{r_{got}}{r}$$

- RADIO MÁXIMO DE LA MANCHA DE CONTACTO

$$r_3 = r_{\max} = r_{got} \frac{W}{a}$$



- DURACIÓN DEL INTERVALO DE TIEMPO EN QUE TIENE LUGAR LA DEFORMACIÓN ELÁSTICA DE LA GOTA

$$\tau = \tau_3 - \tau_1 = \frac{W r_{got}}{2(a')^2}$$

- FRECUENCIA DE IMPACTO

$$n_y = 0.1 \frac{O_{est.per} z_{est.} y \lambda \phi^2 (1 - \rho_{per})^{3/2} v}{b_{rot.per} z_{rot} \sigma x_{per}^3 v_{spf}^2} u_{per}^3$$

- RAPIDEZ RELATIVA MEDIA DE DESTRUCCIÓN POR EROSIÓN

$$\dot{m} = k(\Delta p)^2 n_y$$

- MASA PERDIDA

$$m_0 - m_f = m \cdot \rho_{ac}^* \cdot t$$

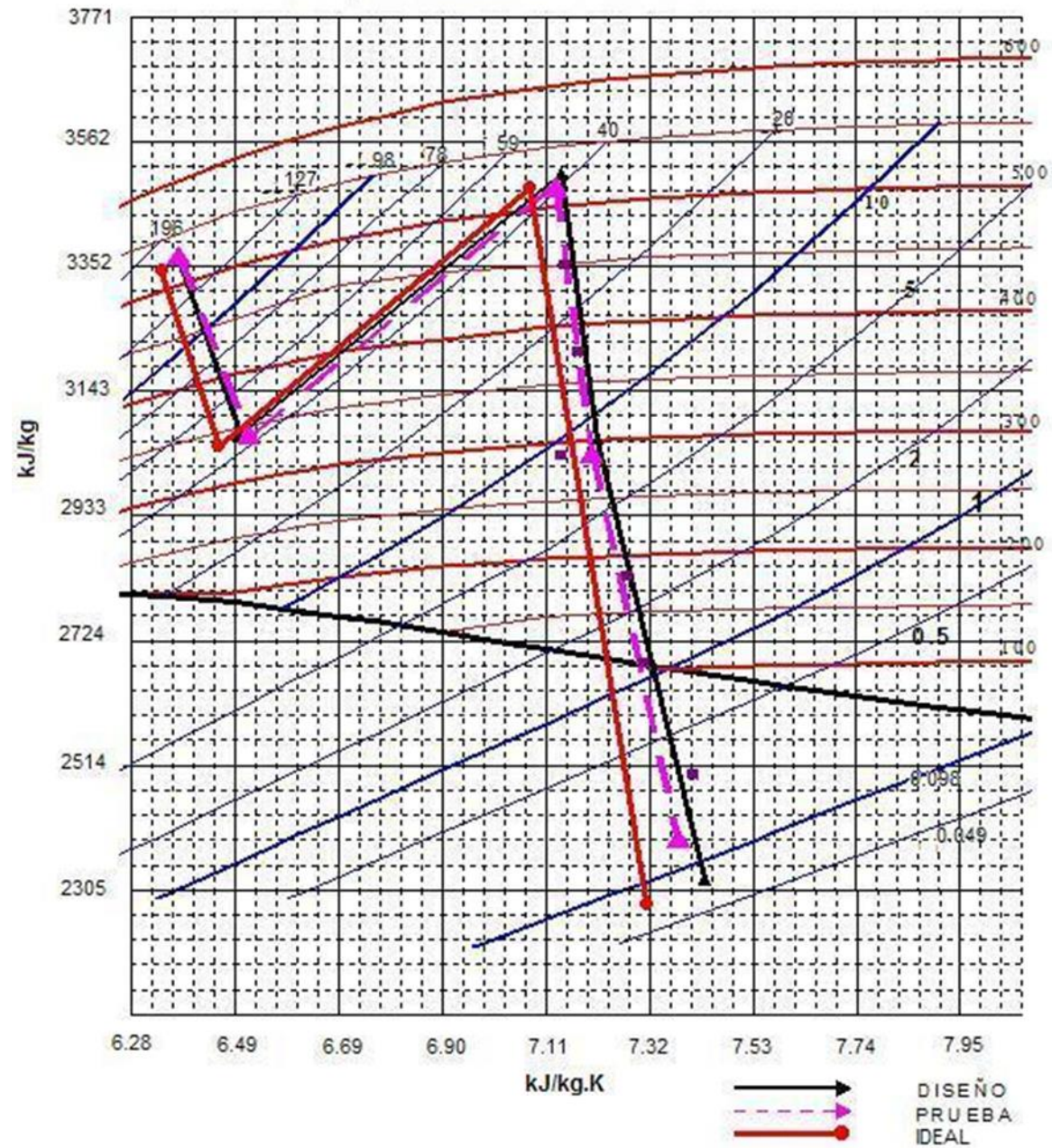
TABLA 1. PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DEL CICLO HÍBRIDO EN LOS CASOS IDEAL, REAL Y DISEÑO

	REAL	DISEÑO	IDEAL
1	T527.3,P167.58,h3369.57, s6.373,v0.0193	T525.69,P166.49,h3367.5,s6.372,v0.0194	T519,P166,h3356, s6.34,v0.02
2	T330,P40.20,h3041.36, s6.496,v0.0631	T339,P42.16,h3054.5, s6.506,v0.0612	T332.4,P49.6,h3022.6, s6.37,v0.05
3	T521,P37.26,h3496.75, s7.188,v0.0958	T525.7,P39.22,h3505.43, s7.175,v0.0915	T521.3,P49.8,h3324.2, s7.04,v0.071
4	T449.61,P25.79,h3349.27, s7.158,v0.1259	T459.19,P27.09,h3368.95, s7.163,v0.1104	T442.5,P28.7,h3324.9, s7.10,v0.1106
5	T375.64,P15.19,h3202.92, s7.183,v0.1925	T382.48,P15.6,h3217.04, s7.193,v0.1895	T355.5,P15.5,h3158.7, s7.10,v0.1821
6	T288.58,P8.73,h3030.31, s7.147,v0.29	T303.38,P8.38,h3062.64, s7.223,v0.3111	T268.1,P7.6,h2990.1, s7.14,v0.3254
7	T178,P3.10,h2819.91, s7.324,v1.506	T185,P2.94,h2835.32, s7.344,v1.597	T182,P3.30,h2822.5, s7.21,v0.6231
8	T105,P1.14,h2864.58, s7.324,v1.506	T103,P1.07,h2681.91, s7.344,v1.597	T116.6,P1.161,h2696 s7.22,v1.094
9	T86.13,P0.49,h2556.58, s7.347,v3.354	T89,P0.59,h2585.91, s7.367,v2.804	T90,P0.633,h2558, s7.24,v2.632
10	T58.36,P0.1443,h2388.93, s7.397,v10.571,x0.914	T40.60,P0.0755,h2313.49, s7.451,v19.128,x0.893	T40.60,P0.07,h2282.2, s7.31,v20.63,x0.881

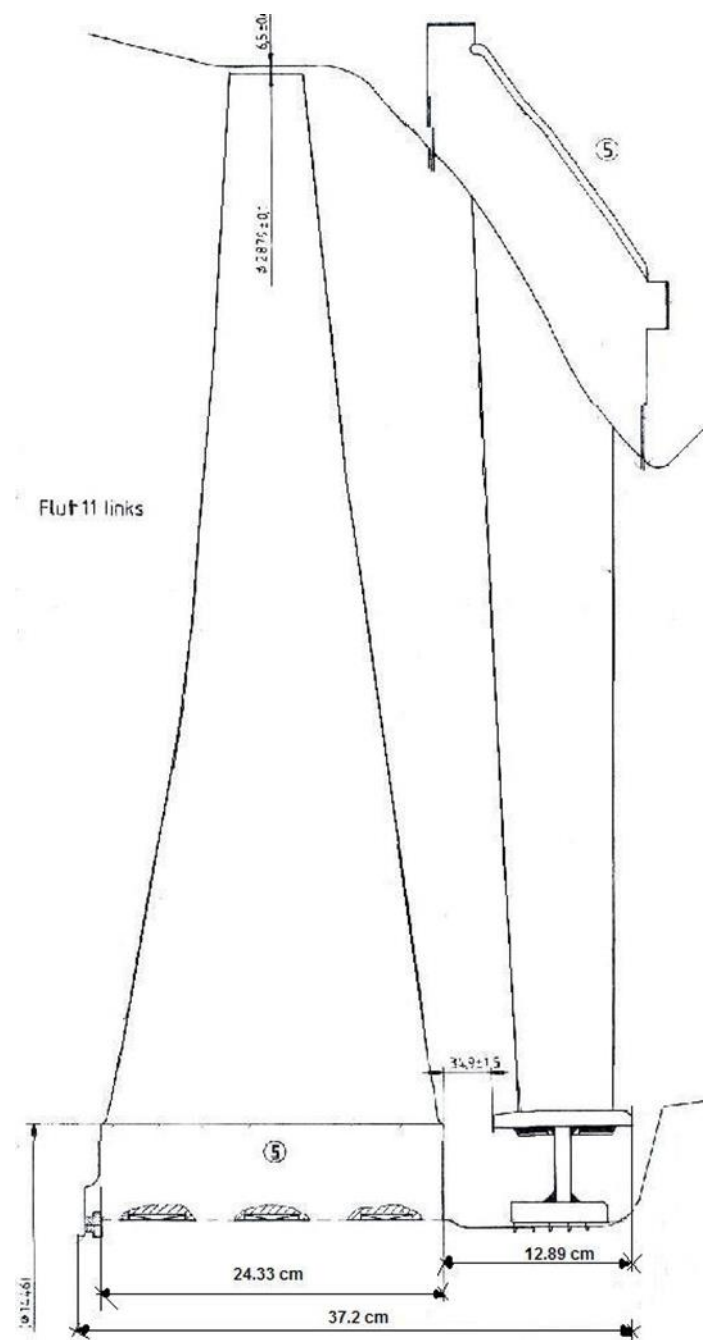
5a ETAPA →

CT VALLE DE MEXICO UNIDAD 4
 pba1 a 300.00 MW con G1= 803.52 T/h

°C



• DIAGRAMA DE MOLLIER. IDEAL-REAL-DISEÑO

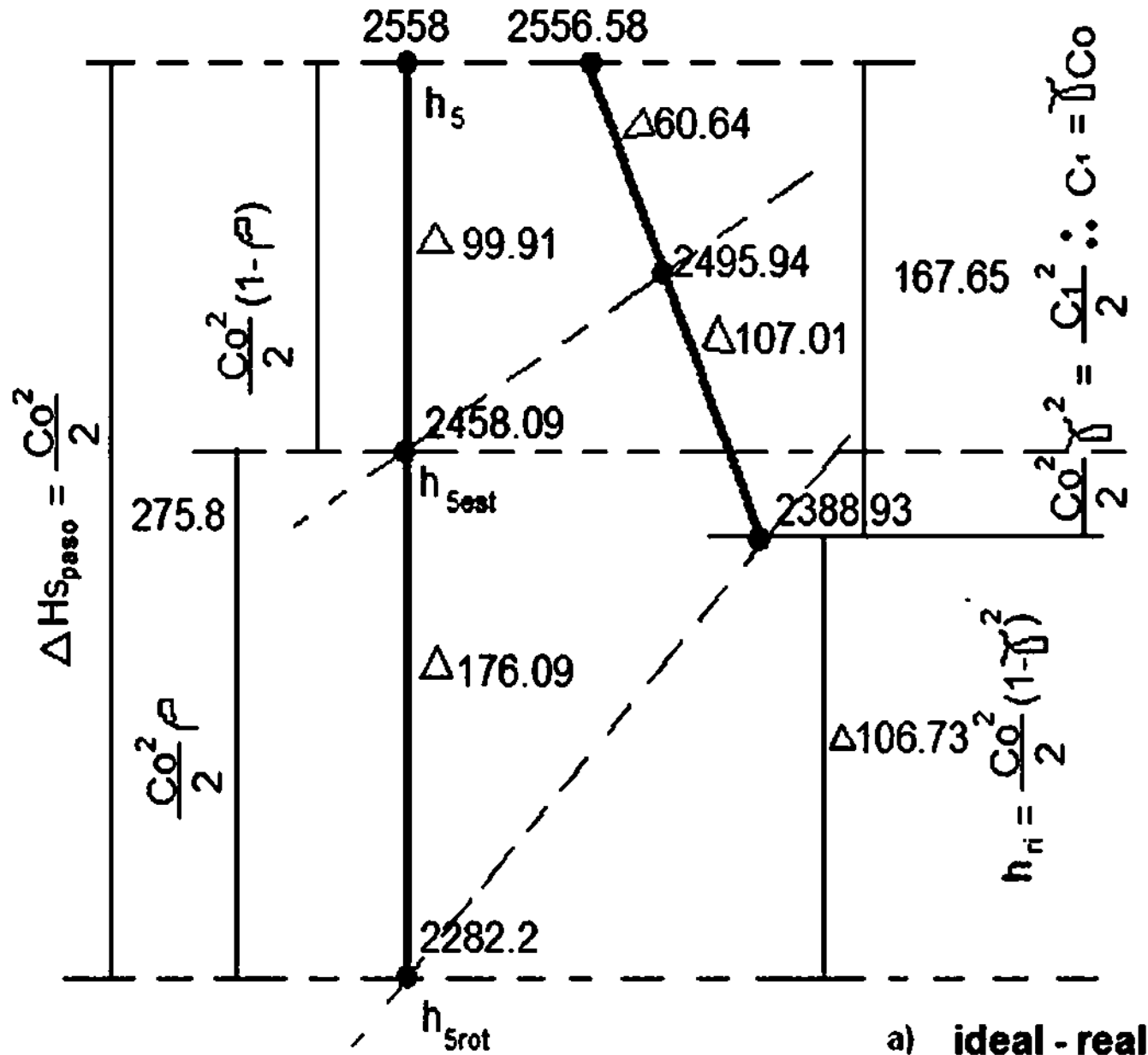


PERFIL: 1182SGAx

PESO REAL: 5.294 KG

PESO ACTUAL: 5.108 KG

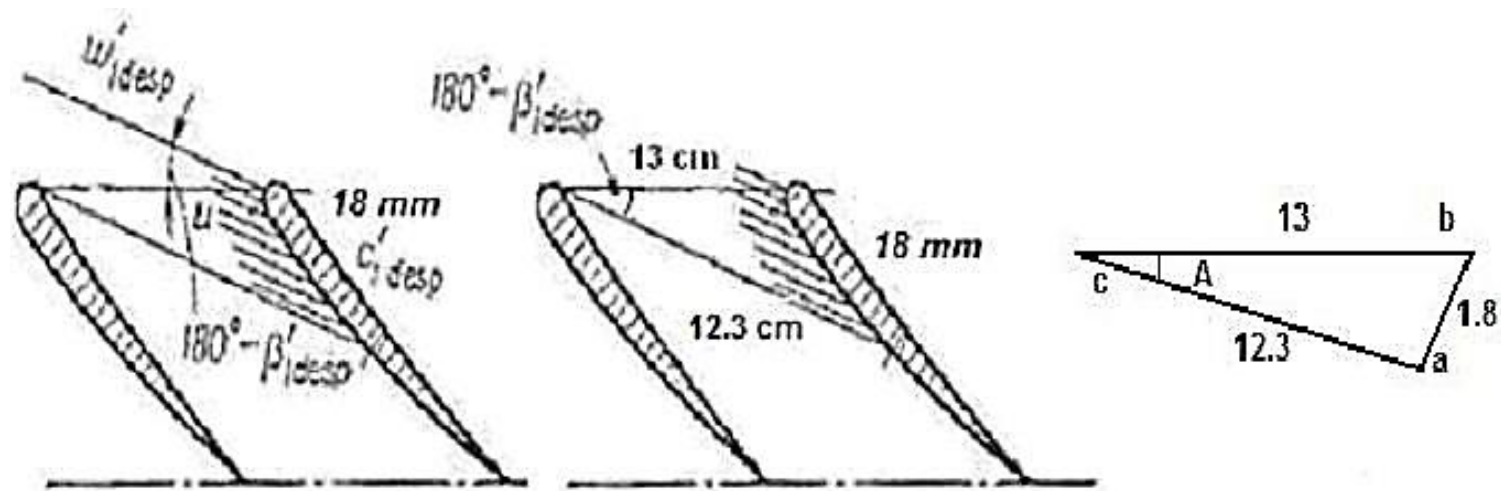
PLANO DE DISEÑO DE LA 5a ETAPA



$$\rho = \frac{\Delta h_{rot}}{\Delta h_{rot} + \Delta h_{est}}$$

$T = 72^\circ \text{C}$
 $p = 0.327 \text{ bar}$
 $h = 2495.94 \text{ kJ/kg}$
 $s = 7.365 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}$
 $v = 3.80 \text{ m}^3/\text{kg}$

a) ideal - real



TRIÁNGULO DE VELOCIDADES EN SEMEJANZA CON TRIÁNGULO DE VELOCIDADES EN LA ZONA AFECTADA



ZONA AFECTADA

RESULTADOS

PARAMETRO	IDEAL-REAL / DISEÑO - REAL		
	$\delta_s = 30mm$	$\delta_s = 23mm$	$\delta_s = 18mm$
	BASE	MERID	PER
$w_{402}(m/s)$	255 / 260	330 / 350	515 / 513
ν	0.52 / 0.57	0.41 / 0.447	0.28 / 0.315
$\Delta p(MPa)$	95.46 / 97.33	123.55 / 131.03	192.8 / 192.06
$r^*(\mu m)$	7.04×10^{-6}		
$r_{tot}(\mu m)$	2.18 / 2.32	4.52 / 4.75	7.53 / 7.52
$c_s(m/s)$	400	600	900
\Rightarrow	\Rightarrow	\Rightarrow	\Rightarrow
$r_s(\mu m)$	1.3 / 1.5	2.48 / 2.77	4.3 / 4.28
$r_{max}(\mu m)$	1.4 / 1.61	3.98 / 4.44	10.36 / 10.31
$\tau(\tau)$	0.18 / 0.21	0.53 / 0.59	1.38 / 1.37
	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-3}$
γ	0.055		
λ	0.1886		
$n_s(got/s)$	11,520 / 12,900	8570 / 9720	5600 / 7080
$\dot{m}(m^3/s)$	1.35 / 0.044	1.68 / 2.15	2.7 / 3.36
	$\times 10^{-4}$	$\times 10^{-4}$	$\times 10^{-4}$
$\Delta m(kg)$	0.038 / 0.044	0.047 / 0.060	0.077 / 0.094

RESULTADOS A PARTIR DEL DIAGRAMA IDEAL-REAL Y DISEÑO-REAL

- LA VELOCIDAD V DISMINUYE A LO LARGO DEL ÁLABE.
- LA PRESIÓN DE IMPACTO AUMENTA POCO MÁS DEL DOBLE DE LA BASE A LA PUNTA → DISMINUCIÓN EN EL NÚMERO DE CHOQUES n_y → AUMENTO EN DIMENSIÓN DE GOTAS HASTA 3.5 VECES.
- LA MASA DEL ÁLABE DISMINUYE 0.186 KG. PARA EL CASO IDEAL-REAL DISMINUYE 0.162 KG. PARA EL CASO DISEÑO-REAL DISMINUYE 0.198 KG.



SECCIÓN DE BAJA PRESIÓN 5A ETAPA

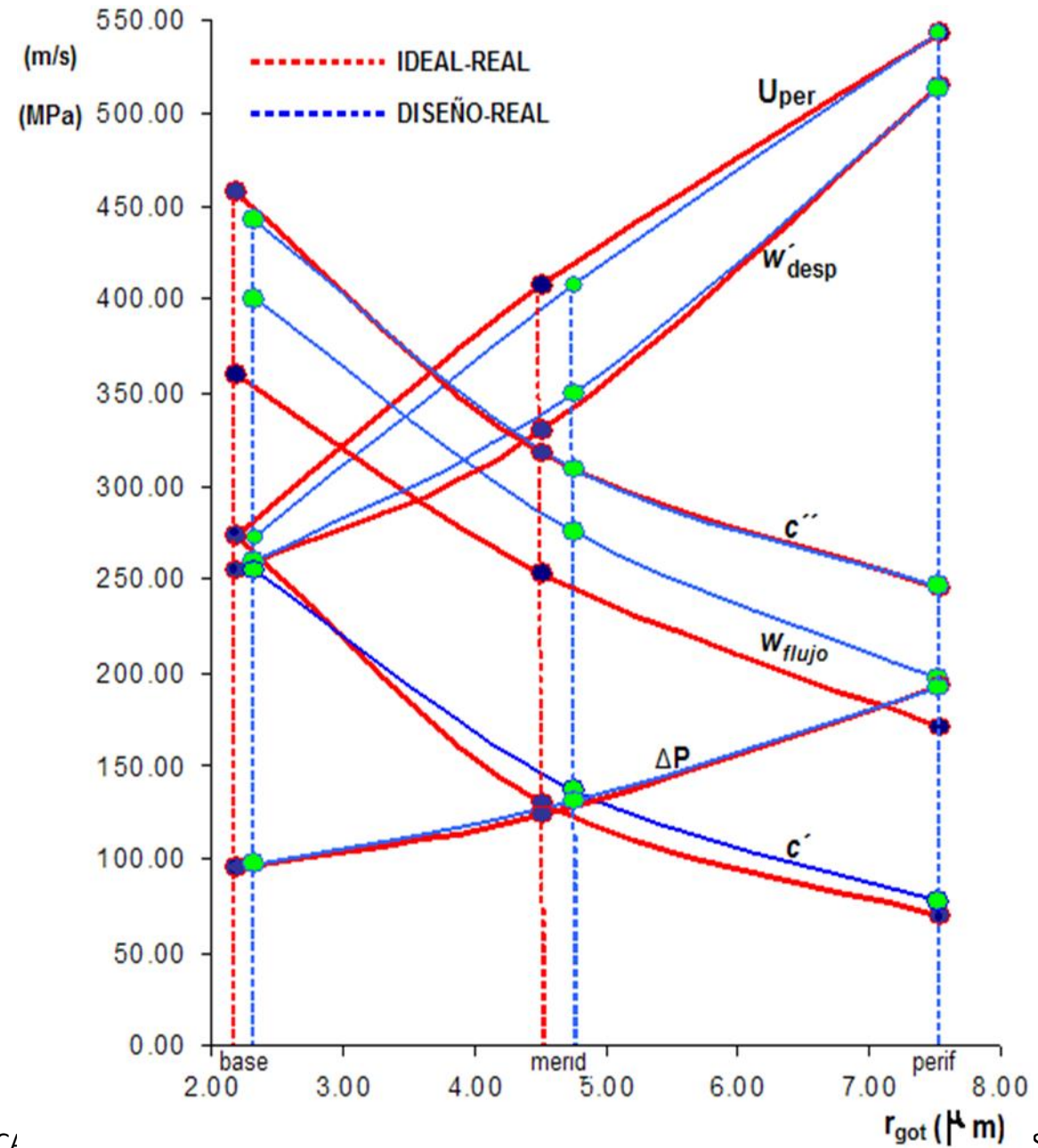
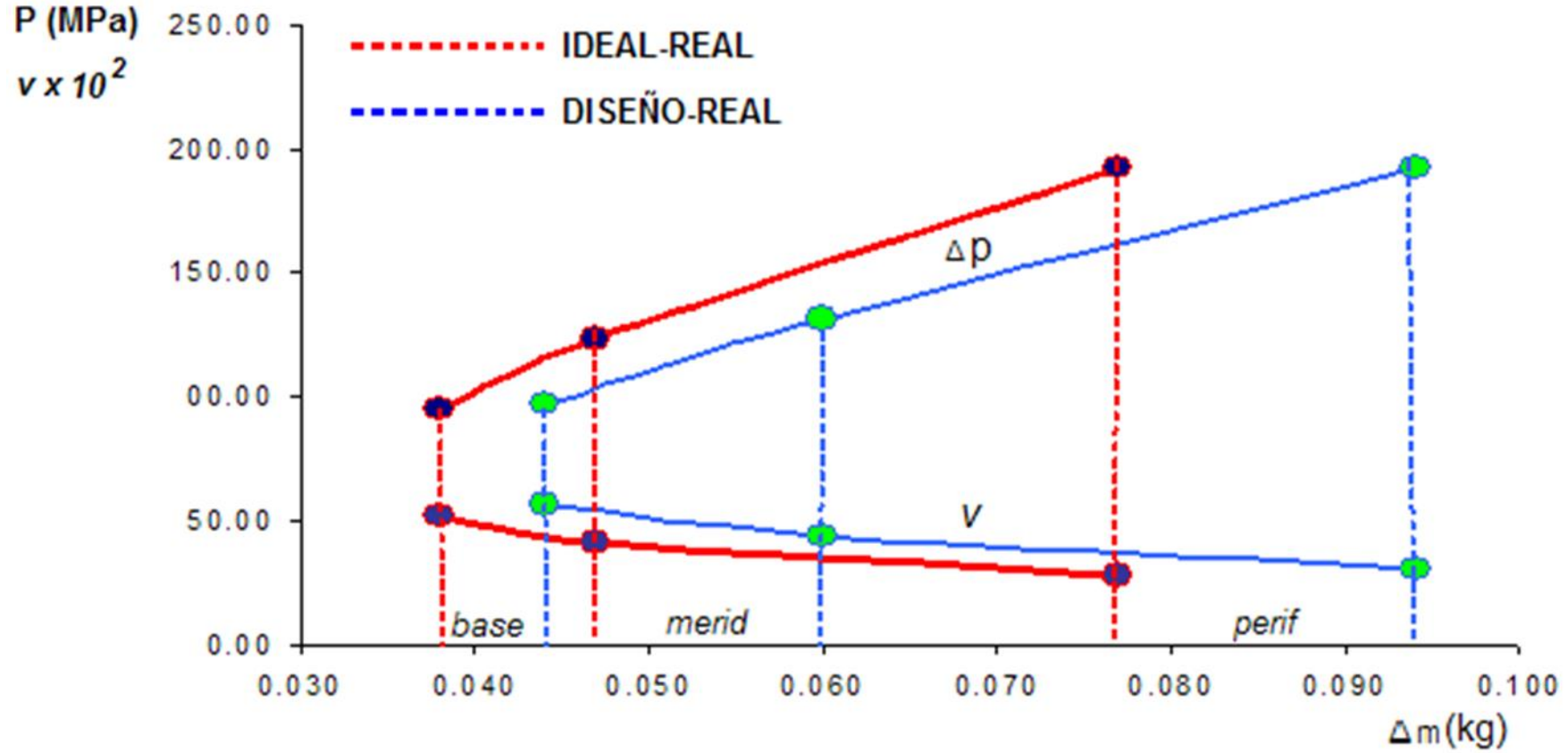


GRÁFICO: ... S QUE

OPERAN EN LOS ÁLABES.



GRÁFICA QUE RELACIONA LA PÉRDIDA DE MASA EN FUNCIÓN DE LA PRESIÓN DE IMPACTO Δp Y EL COEFICIENTE DE DESLIZAMIENTO v .

CONCLUSIONES

Para el caso ideal el desgaste es lógicamente menor que para el caso de diseño. Existe una diferencia de 36 gramos (o 20% aprox.) entre las dos formas de encontrar las pérdidas de masa en el álabe. La correspondencia aproximada de los datos ideales contra los reales presenta un desvío del 13%, mientras que los de diseño contra los reales es sólo del 6%.

REFERENCIAS

CHARACTERISTICS OF THE TURBINE-BLADES ROWS IN THE INITIAL-CONDENSATION REGION. YU. YA. KACHURINER. NPO CENTRAL BOILER (TURBINE INSTITUTE/RUSIA). THERMAL ENGINEERING, VOL. 50, NO. 6, 2003, PP. 470-476.

SEVERAL WAYS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE FLOW PATHS OF THE STEAM TURBINES. A. E. ZARYANKIN, V. A. ZARYANKIN Y B. P. SIMONOV. MOSCOW POWER INSTITUTE (MEI). THERMAL ENGINEERING, VOL. 50, NO. 6, 2003, PP. 442-448.

THE SPECIFICS OF EROSION WEAR OF THE WORKING BLADES IN THE LAST STAGES OF TURBINES WITH A CAPACITY OF 300 MW AND HIGHER. TSKTI (CENTRAL BOILER AND TURBINE INSTITUTE). N. V. AVERKINA, E. P. DOLGOPLOSK, YU. YA. KACHURINER, AND V. G. ORLIK. THERMAL ENGINEERING, VOL. 48, NO. 11, 2001, PP. 915-922.

INVESTIGATIONS AND EXPERIENCE INTRODUCING THE TECHNOLOGY OF PROTECTION AGAINST CORROSION OF THE METAL OF STEAM TURBINE INSTALLATIONS. O. A. PAVAROV, G. V. TOMAROV, AND V. N. SEMENOV. THERMAL ENGINEERING, VOL. 49, NO. 12, 2002, PP. 987-995.

TURBINAS DE VAPOR Y DE GAS DE LAS CENTRALES NUCLEOELÉCTRICAS. B. M. TROYANOVSKI, G. A. FILIPPOV, A. E. BULKIN. EDITORIAL MIR MOSCÚ., 1987.

TURBINAS DE VAPOR. LA TEORÍA DEL PROCESO TÉRMICO Y LAS CONSTRUCCIONES DE TURBINAS. PARTE 1. A.V. SCHEGLIÁIEV. EDITORIAL MIR MOSCÚ. 1985.

DINÁMICA DEL FLUIDO. DEICH M. E., ZARIANKIN A. E. CENTRAL ATÓMICA, EDIT. MIR, 1983.

[8] INVESTIGACIONES Y CÁLCULOS DE TURBINAS DE VAPOR HÚMEDO. FILIPPOV G. A., PÓVAROV O. A., PRYAJIN V. V., 1973.

INSTRUCTIONS OF SERVICE FOR THE 300 MW REHEAT TURBINE.
MEXICO POWER STATION VALLE DE MEXICO UNIT 4. CFE, VOL. I. NOVIEMBRE 1973.

DATOS DE PLACA: TECNOMASIO ITALIANO ASA-C 50.1 NO.T 510 162.
BROWN BOVERI – MILANO – ITALY, 1971.

TECNICAL DATA BBC BROWN BOVERI: GMDO 981 451 TE.

TECNICAL DATA BBC BROWN BOVERI: CONTRACTOR CYCLE ARRANGMENT
PLANO DE PLANTA GMDO 090 703 FIGURE 7.

TECNICAL DATA BBC BROWN BOVERI
PLANO DE PLANTA ND1 – BESCHAUFELUNG 57 GMD2 431339.

PROCEDIMIENTOS VARIOS TOMO 8 CTE VM
REACTION BLADING CONCEPT BBC HTGD K20 501 E 2.

EXPEDIENTE FINAL ROTOR DE TURBINA B.P. REPARACIÓN 01F
ALMSTON POWER MÉXICO, S.A. DE C.V. 2002.

INFORME FINAL DE PRUEBAS DE EVALUACIÓN LAPEM
LABORATORIO DE PRUEBAS DE EQUIPOS Y MATERIALES, SUBDIRECCIÓN TÉCNICA, DEPARTAMENTO DE EVALUACIONES DE PROCESOS, OFICINA DE SISTEMAS TÉRMICOS,
U-4 CTM-VM, CFE, OCTUBRE 2003.

INGENIERÍA DE LA TRAYECTORIA DEL VAPOR EN LA TURBINA PARA PERSONAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO TOMO II
ANSI C50.13-1977 GERENCIA REGIONAL DE PRODUCCIÓN NORTE
CENTRAL TERMOELÉCTRICA VALLE DE MÉXICO, CFE.

REPOTENCIACIÓN DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA VALLE DE MÉXICO. LEANDRO BRITO BARRERA, INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, MÉXICO, D.F. OCTUBRE 2002.



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BECORFAN is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/booklets)