

0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1		
REV.	DESCRIPCION	FECHA	PROJ.	EJEC.	VERIF.	APROB.

PROYECTO MAQUINA SERIADA – GRUPO N°01

Docentes:

- Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico Gaston
- Ayudante: MUZYCA, Hernan
- Ayudante: TRONCOSO, Agustín

Alumnos:

- BLASCO, Juan Ignacio
- VILLAVERDE CONTINO, Camila

PROYECTO FINAL



GENERAL

BOMBA CENTRIFUGA API 610 TIPO OH2

UTN FRA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DOCUMENTO CON PROHIBICIÓN DE REPRODUCIRLO, MODIFICARLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACIÓN ESCRITA.

ESC.: S/E

JOB: PF2020

0
 REVISION

	<p align="center">BOMBA CENTRIFUGA API 610 TIPO OH2</p>	<p align="center">UTN FRA N°:</p>	<p align="center">Rev. 0 Pág. 3 de 13</p>
<p align="center">PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

Indice:

2020-G1-T2-LD-000-001 - Listado de Documentos - Maquina Seriado	3
2020-G1-T2-GE-000-001 - Alcance del Proyecto.....	5
2020-G1-T2-GE-000-002 - Definición de Serie.....	18
Bomba BCV-01.....	39
2020-G1-T2-GE-000-101 - Desarrollo BCV-01 (Q253m3, H64m)	39
2020-G1-T2-GA-000-101 - Conjunto General Bomba BCV-01	106
2020-G1-T2-GA-000-102 - Corte Bomba BCV-01	107
2020-G1-T3-DT-000-101 - Rodete Impulsor Bomba BCV-01	108
2020-G1-T3-DT-000-102 - Carcasa Voluta Bomba BCV-01	109
2020-G1-T3-DT-000-103 - Eje Bomba BCV-01	111
2020-G1-T3-DT-000-104 - Cuerpo de Union Bomba BCV-01.....	112
2020-G1-T3-DT-000-105 - Placa Trasera Bomba BCV-01	113
2020-G1-T3-DT-000-106 - Caja Portarodamientos Bomba BCV-01	114
2020-G1-T3-DT-000-107 - Listado de materiales Bomba BCV-01	115
Bomba BCV-03.....	117
2020-G1-T2-GE-000-301 - Desarrollo BCV-03 (Q50m3, H50m)	117
2020-G1-T2-GA-000-301 - Conjunto General Bomba BCV-03	185
2020-G1-T2-GA-000-302 - Corte Bomba BCV-03	186
2020-G1-T3-DT-000-301 - Rodete Impulsor Bomba BCV-03	187
2020-G1-T3-DT-000-302 - Carcasa Voluta Bomba BCV-03	188
2020-G1-T3-DT-000-303 - Eje Bomba BCV-03	190
2020-G1-T3-DT-000-304 - Cuerpo de Union Bomba BCV-03.....	191
2020-G1-T3-DT-000-305 - Placa Trasera Bomba BCV-03	192
2020-G1-T3-DT-000-306 - Caja Portarodamientos Bomba BCV-03	193
2020-G1-T3-DT-000-307 - Listado de materiales Bomba BCV-03	194

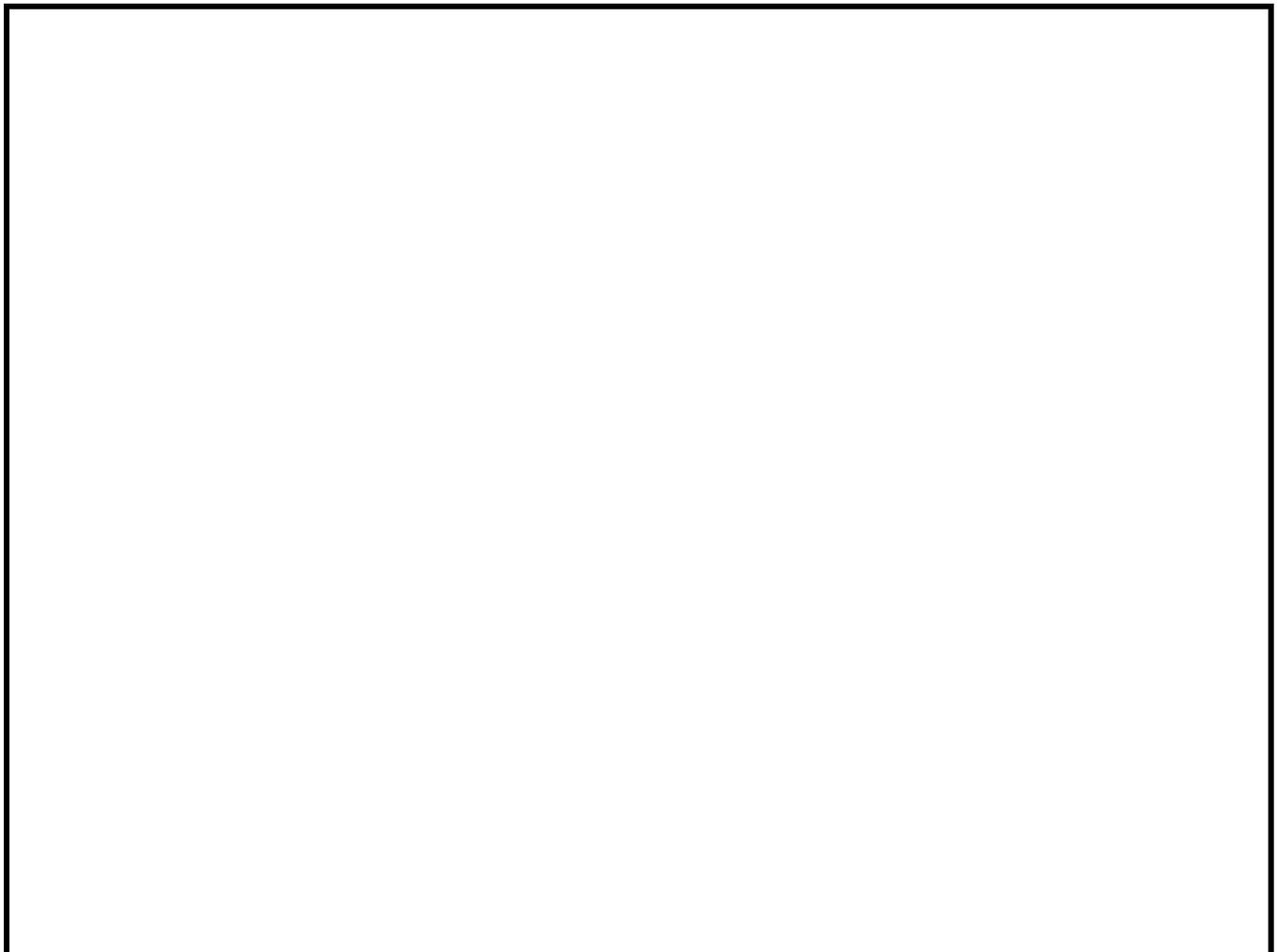
0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1		
A	PARA APROBACION	10/11/23	G1	G1		
REV.	DESCIPCION	FECHA	PROJ.	EJEC.	VERIF.	APROB.

PROYECTO MAQUINA SERIADA – GRUPO N°01

<p align="center">Docentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico Gaston • Ayudante: MUZYCA, Hernan • Ayudante: TRONCOSO, Agustín 	<p align="center">Alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • BLASCO, Juan Ignacio • VILLAVERDE CONTINO, Camila
--	---

	PROYECTO FINAL
	GENERAL
	LISTADO DE DOCUMENTOS MAQUINA SERIADA - BOMBAS OH2 API 610 LISTADO

UTN FRA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DOCUMENTO CON PROHIBICIÓN DE REPRODUCIRLO, MODIFICARLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACIÓN ESCRITA.	2020-G1-T2-LD-000-001		 REVISION
	ESC: S/E	JOB: PF2020	



REV.	DESCRIPCION	FECHA	PROJ.	EJEC.	VERIF.	APROB
0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1		
A	PARA APROBACION	08/06/20	G1	G1		

PROYECTO MAQUINA SERIADA – GRUPO N°01

Docentes:

- Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico Gaston
- Ayudante: MUZYCA, Hernan
- Ayudante: TRONCOSO, Agustín

Alumnos:

- BLASCO, Juan Ignacio
- VILLAVERDE CONTINO, Camila

	PROYECTO FINAL
	GENERAL
	ALCANCE DEL PROYECTO BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610

UTN FRA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DOCUMENTO CON PROHIBICIÓN DE REPRODUCIRLO, MODIFICARLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACIÓN ESCRITA.

2020-G1-T2-GE-000-001

ESC.: S/E

JOB: PF2020

0
REVISION

	<p style="text-align: center;">ALCANCE DEL PROYECTO BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-001</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pág. 2 de 13</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Indice:

Trabajo Practico N°2	3
Máquina de Serie Base Empírica	3
Objetivo.....	3
Consignas	3
Introducción a Bombas Centrifugas	4
Características de Bombas Centrifugas OH2	4
Normas y Teorías Aplicables:	6
Otras Normas Aplicables (Para los bastidores):.....	6
Planes de Sello.....	7
Metodología de Calculo	7
Metodología de Verificación.....	9
Cargas en Conexiones de Entrada y Salida.....	9
Bastidores.....	10
Marcas Lideres.	10
Bibliografía	13

	<p style="text-align: center;">ALCANCE DEL PROYECTO BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-001</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pág. 3 de 13</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Trabajo Practico N°2

Máquina de Serie Base Empírica

Objetivo

El objetivo de este documento es la presentación del proyecto de una Máquina de Serie de base Empírica a desarrollar por el Grupo N° 01 en la materia “Proyecto Final” de la carrera de Ingeniería Mecánica correspondientes a la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda a desarrollar durante el ciclo lectivo 2020.

Consignas

Proyecto de una Máquina de Serie de Base Empírica (Grupal e individual)

Como ejemplo la cátedra desarrolló apuntes para el proyecto de una serie de reductores de velocidad a engranajes de 3 etapas (Todas las configuraciones y diseños). No obstante, la cátedra permite a los equipos elegir y proyectar otro tipo de serie de máquinas que conlleve la complejidad y volumen de trabajo similar a la del proyecto modelo (Ej.: bombas de todo tipo, ventiladores, sopladores, válvulas de todo tipo y series de presión, compresores, máquinas herramienta, quemadores, etc.) con lo cual se beneficiarían la investigación, los estudiantes, la industria regional y se jerarquizaría la Facultad. Describiremos con más detalle las características del T.P. durante el primer encuentro.

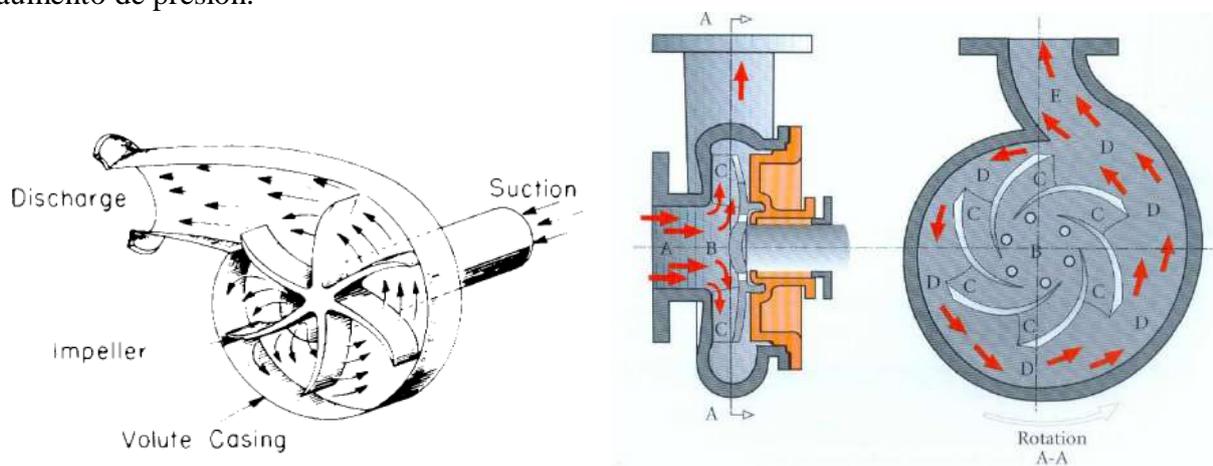
Deben iniciar el T.P. encarando la investigación de mercado, el estudio de las series de 3 o 4 marcas líderes en el mercado, y la definición particular de vuestra serie. Hacer una breve introducción descriptiva sobre las características de dichas bombas, planes de sello, bastidores, normas aplicables, metodologías de cálculo, cargas en conexiones de entrada y salida y métodos de verificación. Explicar someramente metodología de cálculo aerodinámico a desarrollar. Contamos con los libros FOCKE Y CHURCH.

Introducción a Bombas Centrifugas

Una Bomba Centrifuga es una máquina que entrega energía mecánica a un fluido que consideramos incompresible.

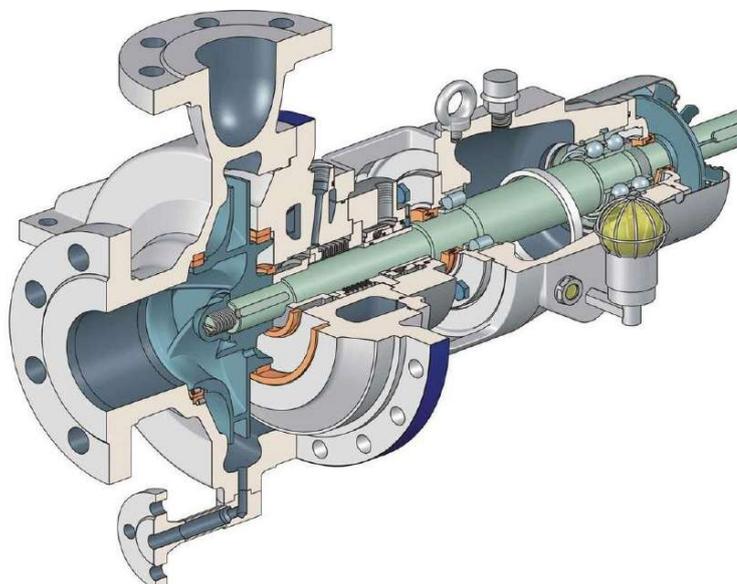
Transforma la energía mecánica del impulsor (rodete) en energía cinética.

El fluido es impulsado hacia la voluta y hasta el difusor, en donde reduce su velocidad generando un aumento de presión.



Características de Bombas Centrifugas OH2

Son las más utilizadas en la industria petroquímica, debido a su robustez y confiabilidad. Se dice de la misma que es la bomba insignia de la industria petrolera y de procesamiento de hidrocarburos ya que posee versatilidad, fidelidad y seguridad inigualables.



PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Rangos Operativos Generales:

- Caudal hasta 2000 m³/h (8800 gpm)
- Altura hasta 350 m (1100 ft)
- Presión hasta 80 bar (1160 psi)
- Temperaturas de -160°C hasta 450°C

De acuerdo a la clasificación que le asigna API 610 es la siguiente como se ve a continuación:

- Carcasa montada en línea de centros.
- Mono Etapa
- Diseño en Voladizo
- Caja de rodamientos simples para absorber todas las fuerzas impuestas sobre el eje, manteniendo el rotor en su posición durante la operación.
- Montadas en una base
- Conectadas con un acople al elemento conductor.

4.2.2.2 Pump type OH2

Centreline-mounted, single-stage overhung pumps shall be designated pump type OH2. They have a single bearing housing to absorb all forces imposed upon the pump shaft and maintain rotor position during operation. The pumps are mounted on a baseplate and are flexibly coupled to their drivers.

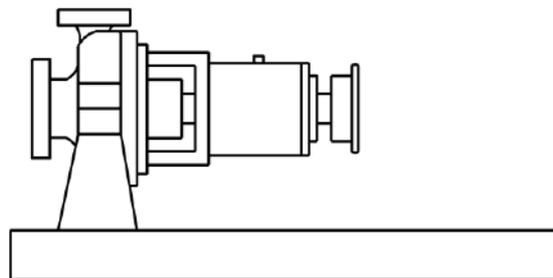
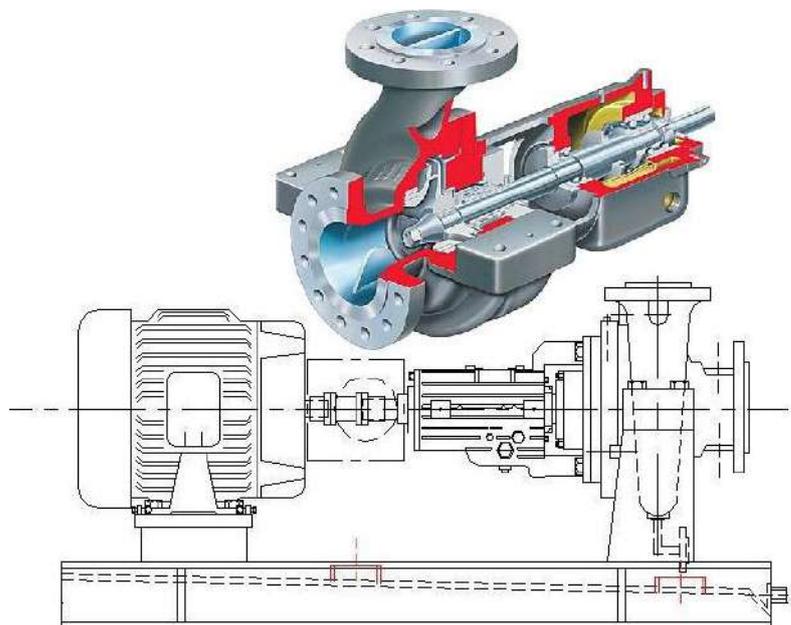


Figure 2 — Pump type OH2



PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Table 1 — Pump classification type identification

Pump type ^a			Orientation		Type code			
Centrifugal pumps	Overhung	Flexibly coupled	Horizontal	Foot-mounted	OH1			
				Centreline-supported	OH2			
		Rigidly coupled	Vertical in-line	Vertical in-line with bearing bracket	—	OH3		
				Vertical in-line	—	OH4		
				Vertical in-line	—	OH5		
		Close-coupled	High-speed integrally geared	High-speed integrally geared	—	OH6		
				—	—	—		
	Between-bearings	1- and 2-stage	Axially split	Axially split	—	BB1		
				Radially split	—	BB2		
				Axially split	—	BB3		
		Multistage	Radially split	Single casing	Single casing	—	BB4	
					Double casing	—	BB5	
				Single casing	Discharge through column	Diffuser	—	VS1
						Volute	—	VS2
Vertically suspended	Single casing	Separate discharge	Axial flow	—	VS3			
			Line shaft	—	VS4			
			Cantilever	—	VS5			
	Double casing	Diffuser	Diffuser	—	VS6			
			Volute	—	VS7			

^a Illustrations of the various types of pump are provided in 4.2.2.

Normas y Teorías Aplicables:

- API 610 - Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries
- API 682 4th Ed. - Shaft Sealing Systems for Centrifugal and Rotary Pumps
- Ecuación de Euler para Bombas Centrifugas.
- ASME B16.5 – Pipe Flanges and Flanged Fittings

Otras Normas Aplicables (Para los bastidores):

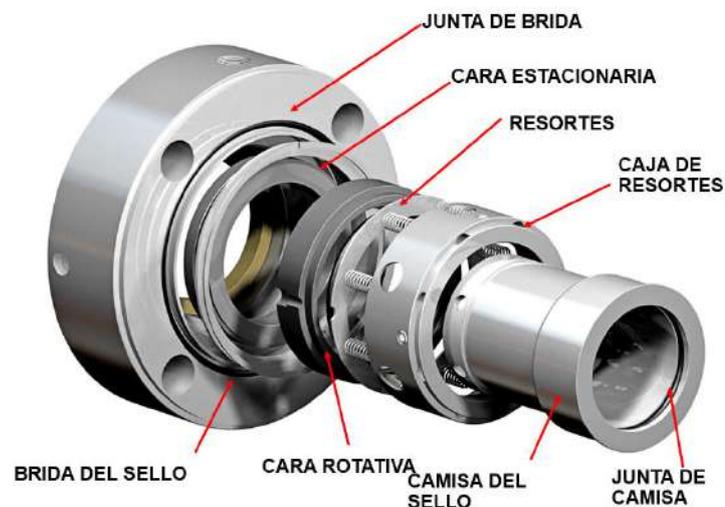
- AISC 329-09 - Detailing for Steel Construction.
- AISI S100 - North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members.
- AWS D1.1 - Structural Welding Code – Steel.
- SSPC - Steel Structures Painting Manual.
- ASTM - American Society for Testing and Materials

	<p style="text-align: center;">ALCANCE DEL PROYECTO BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-001</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pág. 7 de 13</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Planes de Sello

Los planes de sello seleccionados estarán de acuerdo a “API 682 4th Ed. - Shaft Sealing Systems for Centrifugal and Rotary Pumps”

Se analizarán los sellos que se dispones actualmente en el mercado, y se diseñarán las carcasas para lograr la flexibilidad de albergar la mayor cantidad de planes de sello de acuerdo a API 682.



Las marcas líderes en las cuales nos basaremos, para determinar los planes de sello que será capaz de alojar el diseño de la bomba son:

- Flowserve
- Burgmann
- John Crane
- KSB
- Innovaseals

Metodología de Calculo

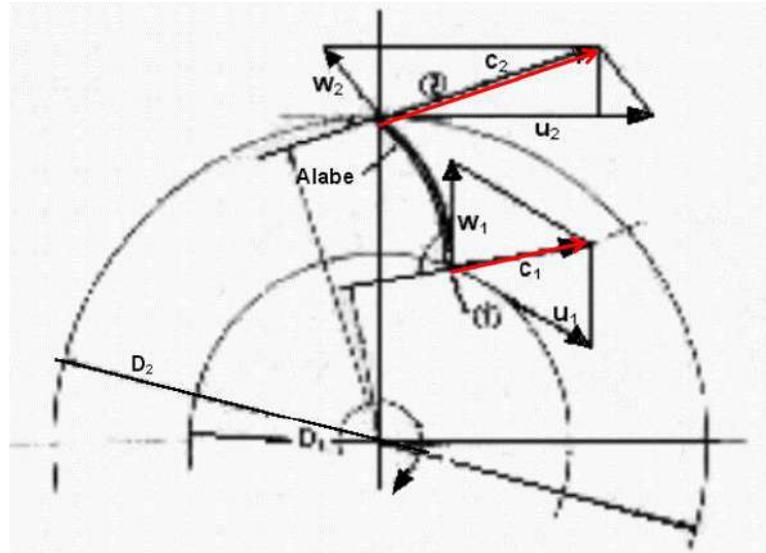
El cálculo hidráulico de las bombas, estará principalmente basado en la Ecuación de Euler adaptada para bombas centrifugas y la Ecuación de Bernoulli:

Ecuación de Euler:

$$h_{util} = \eta_h (C_2 U_2 - C_1 U_1)$$

- **h_{útil}**: Energía transferida al fluido por unidad de masa
- **h_h**: Eficiencia hidráulica
- **C**: velocidad absoluta del fluido
- **U**: velocidad lineal del rotor
- **w**: velocidad relativa del rotor respecto al fluido

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

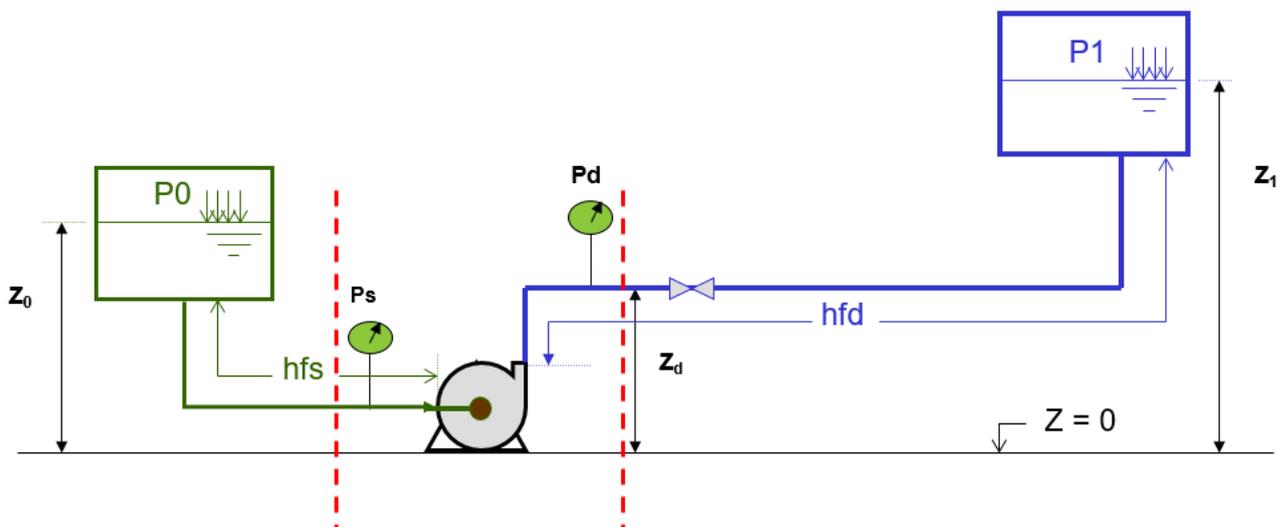


Ecuación de Bernoulli:

$$\frac{P_s}{\gamma} + Z_s + \frac{C_s^2}{2g} + H_B = \frac{P_d}{\gamma} + Z_d + \frac{C_d^2}{2g}$$

Altura de presión → $\frac{P_s}{\gamma}$
 Elevación → Z_s
 Altura de velocidad → $\frac{C_s^2}{2g}$

$$H_B = \frac{(P_d - P_s)}{\gamma} + (Z_d - Z_s) + \frac{(C_d^2 - C_s^2)}{2g}$$



En base a las ecuaciones anteriores, se desarrollarán los cálculos basádonos en bibliografía como:

- Bombas Rotativas – Rodolfo J. Focke
- Bombas y Maquinas Soplantes Centrifugas – A.H. Church
- Bombas - Selección, uso y mantenimiento – Kenneth
- Mecánica de los Fluidos – Yunus A. Cengel
- Mecánica de los Fluidos – Victor L. Streeter
- Mecánica de los Fluidos – Irving H. Shames

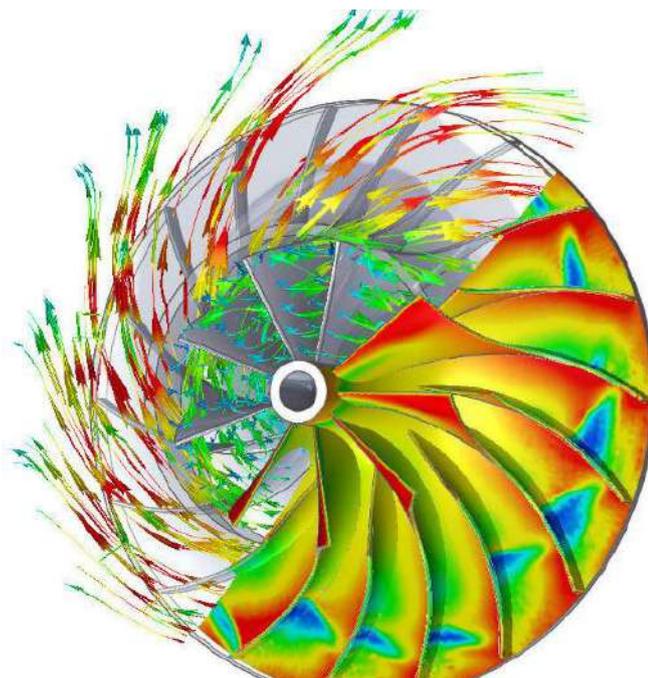
	<p style="text-align: center;">ALCANCE DEL PROYECTO BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-001</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pág. 9 de 13</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

En cuanto al cálculo mecánico del rodete, carcasas y bastidores, se desarrollarán los cálculos basándonos en bibliografía como:

- Bombas Rotativas – Rodolfo J. Focke
- Bombas y Maquinas Soplates Centrifugas – A.H. Church
- Resistencia de materiales - Timoshenko - Tomo I y II
- Manual De Resistencia De Materiales – Pisarenko
- Estabilidad - E. Fliess -Tomo I y II

Metodología de Verificación

Luego de realizados los cálculos y el desarrollo de los modelos 3D, los espesores que sean determinados como críticos, serán verificados mediante software de elementos finitos como por ejemplo los módulos adicionales que poseen el SolidWorks; SolidEdge o similares. Simulando las cargas máximas que puedan actuar sobre los mismos.



Cargas en Conexiones de Entrada y Salida

Las cargas admisibles en las conexiones de entrada y salida, estarán determinadas como mínimo de acuerdo a “API 610 - Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries” párrafo “6.5 External nozzle forces and momento”.

Dichas cargas, serán verificados mediante software de elementos finitos como por ejemplo los módulos adicionales que poseen el SolidWorks; SolidEdge o similares.

En el caso de que las conexiones sean capaces de soportar cargas mayores a las mínimas admisibles de acuerdo a API 610, las mismas serán identificadas y catalogadas como una mejora en el diseño de las bombas presentadas.

	<p style="text-align: center;">ALCANCE DEL PROYECTO BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-001</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pág. 10 de 13</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Bastidores

Las bombas estarán montadas sobre bastidores, cuyos requerimientos deberán estar de acuerdo como mínimo a “API 610 - Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries” párrafo “7.3 Baseplates”

Dichos bastidores, serán dimensionados y verificados mediante software de cálculo de estructuras metálicas tales como:

- RAM Advance
- Staad PRO
- ó Similar.

Respaldao todos los cálculos y verificaciones en bibliografía de resistencia de materiales.

Marcas Líderes.

Las marcas líderes en el mercado que utilizaremos para determinar la serie a desarrollar, serán las siguientes:

- Flowserve
- Ruhrpumpen
- KSB
- Grundfos
- Sulzer
- Goulds Pumps
- Omel

A continuación, describiremos los modelos que ofrece cada una de estas Marcas para este tipo de bombas:



Modelo HPX

- Caudal hasta 2000 m³/h (8800 gpm)
- Altura hasta 350 m (1100 ft)
- Presión hasta 80 bar (1160 psi)
- Temperaturas de -160°C hasta 450°C (-250°F a 850°F)

	<p style="text-align: center;">ALCANCE DEL PROYECTO BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-001</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pág. 11 de 13</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			



Modelo SCE

- Caudal hasta 3200 m³/h (14000 gpm)
- Altura hasta 480 m (1575 ft)
- Presión hasta 90 bar (1300 psi)
- Temperaturas de -80°C hasta 450°C (-110°F a 850°F)



Modelo RPH

- Caudal hasta 4150 m³/h (18000 gpm)
- Altura hasta 270 m (885 ft)
- Presión hasta 110 bar (1600 psi)
- Temperaturas de -70°C hasta 400°C (-94°F a 750°F)



Modelo NB/NK

- Caudal hasta 1200 m³/h (5200 gpm)
- Altura hasta 150 m (490 ft)
- Presión hasta 90 bar (1300 psi)
- Temperaturas de -80°C hasta 140°C (-110°F a 280°F)



Modelo OHH

- Caudal hasta 2250 m³/h (9900 gpm)
- Altura hasta 370 m (1200 ft)
- Presión hasta 75 bar (1050 psi)
- Temperaturas de -75°C hasta 425°C (-100°F a 800°F)

	ALCANCE DEL PROYECTO BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610	UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-001	Rev. 0 Pág. 12 de 13
	PROYECTO FINAL – GRUPO N°01		



Modelo 3700

- Caudal hasta 1930 m³/h (8500 gpm)
- Altura hasta 360 m (1200 ft)
- Presión hasta 60 bar (870 psi)
- Temperaturas hasta 425°C (800°F)



Modelo HDR

- Caudal hasta 1600 m³/h (7400 gpm)
- Altura hasta 400 m (1300 ft)
- Presión hasta 80 bar (1100 psi)
- Temperaturas de -100°C hasta 400°C (-150°F a 750°F)

TABLA COMPARATIVA							
Marca	Flowserve	Ruhrpumpen	KSB	Grundfos	Sulzer	Goulds	Omel
Modelo	HPX	SCE	RPH	NB/NK	OHH	3700	HDR
Caudal m ³ /h	2000	3200	4150	1200	2250	1930	1600
Caudal gpm	8800	14000	18000	5200	9900	8500	7400
Altura Hasta m	350	480	270	150	370	360	400
Altura Hasta ft	1100	1575	885	490	1200	1200	1300
Presion Hasta bar	80	90	110	90	75	60	80
Presion Hasta psi	1160	1300	1600	1300	1050	870	1100
Temperatura °C	-160 / 450	-80 / 450	-70 / 400	-80 / 140	-75 / 425	420	-100 / 400
Temperatura °F	-250 / 850	-110 / 850	-94 / 750	-110 / 280	-100 / 800	800	-150 / 750

	<p style="text-align: center;">ALCANCE DEL PROYECTO BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-001</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pág. 13 de 13</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Bibliografía

API 610 11th Ed.- Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries

API 682 4th Ed. - Shaft Sealing Systems for Centrifugal and Rotary Pumps

Bombas Rotativas – Rodolfo J. Focke

Apunte “Bombas Centrifugas – Ecuación de Euler de las Turbomaquinas” – Catedra Mecanica de los Fluidos – UTN FRA.

Catalogo FLOWSERVE - PS-10-5 HPX – Hydrocarbon Processing Pump

Catalogo GOULDS 3700

Catalogo GRUNDFOS - NB/NK – Bombas Normalizadas de Aspiración Axial

Catalogo KSB RPH – Bomba de proceso OH” de tipo heavy duty según ISO 13709 / API 610

Catalogo OMEL - HDR – Bombas Centrifugas de Processo para servicio pesado HDR API 610

Catalogo RUHRPUMPEN - SCE – Bomba API 610 de proceso, de una etapa, montada en eje central OH2

Catalogo SULZER - OHH and OHHL ISO 13709 (API 610) Type OH2 Single Stage End Suction Process Pumps

0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1		
A	PARA APROBACION	08/06/20	G1	G1		
REV.	DESCRIPCION	FECHA	PROJ.	EJEC.	VERIF.	APROB

PROYECTO MAQUINA SERIADA – GRUPO N°01

Docentes:

- Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico Gaston
- Ayudante: MUZYCA, Hernan
- Ayudante: TRONCOSO, Agustín

Alumnos:

- BLASCO, Juan Ignacio
- VILLAVERDE CONTINO, Camila

PROYECTO FINAL



GENERAL

DEFINICION DE SERIE

BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610

UTN FRA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DOCUMENTO CON PROHIBICIÓN DE REPRODUCIRLO, MODIFICARLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACIÓN ESCRITA.

2020-G1-T2-GE-000-002

ESC.: S/E

JOB: PF2020

0
REVISION

	<p style="text-align: center;">DEFINICION DE SERIE BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-002</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pag. 2 de 20</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Indice:

Trabajo Practico N°2	3
Máquina de Serie Base Empírica	3
Objetivo.....	3
Método de Determinación de la Serie	3
Cantidad de Empresas Analizadas:.....	3
Cantidad de Proyectos Analizados:	4
Clientes:	5
Tipos de Proyecto:.....	5
Caudal y Altura Promedio:	6
Caudal y Altura Máximo:	6
Caudal y Altura Mínimo:	6
Rangos Por Caudal:	7
Rangos Por Altura:	7
Gráficos Consolidados.....	8
Análisis de Mercado	9
Conclusiones	19
Bibliografía	20

	<p style="text-align: center;">DEFINICION DE SERIE</p> <p style="text-align: center;">BOMBAS CENTRIFUGAS OH2</p> <p style="text-align: center;">DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº:</p> <p style="text-align: center;">2020-G1-T2-GE-000-002</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0</p> <p style="text-align: center;">Pag. 3 de 20</p>
<p>PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

Trabajo Practico N°2

Máquina de Serie Base Empírica

Objetivo

El objetivo de este documento es determinar la serie de Bombas Centrifugas OH2 de acuerdo a “API 610 - Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries” descritas en el documento “2020-G1-T2-000-001 – Alcance de Proyecto” a desarrollar por el Grupo N° 01 en la materia “Proyecto Final” de la carrera de Ingeniería Mecánica correspondientes a la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda a desarrollar durante el ciclo lectivo 2020.

Método de Determinación de la Serie

Las marcas líderes poseen un gran rango de series para diferentes caudales y alturas. Dependiendo de la envergadura de cada una de estas marcas y el segmento del mercado al cual se especializan, estos rangos pueden ser mayores o menores en cada una de ellas.

Las marcas líderes en las cuales nos basaremos, para ciertas determinaciones son las siguientes:

- Flowserve
- Ruhrpumpen
- KSB
- Grundfos
- Sulzer
- Goulds Pumps
- Omel

Habitualmente el estudio de mercado se focalizaría en las ventas de cada una de ellas y los productos en cuestión. Debido a que esta información es confidencial para las empresas y por tal motivo muy difícil de tener acceso a ella, hemos decidido encarar este estudio de mercado desde el punto de vista del consumo en lugar de encararlo desde el punto de vista de ventas.

Gracias a nuestras actividades laborales, pudimos tener acceso a información de diferentes Proyectos EPC; Proyectos de Ingeniería y Licitaciones de proyectos. Pudiendo relevar de los mismos alrededor de 800 bombas para diferentes servicios.

Esta información ha sido consolidada en un listado de equipos, el cual consta de los siguientes datos y ha sido analizado mediante el software MS Power BI:

- Proyecto
- Tag del Equipo
- Descripción
- Presión de Diseño
- Altura Requerida

	<p style="text-align: center;">DEFINICION DE SERIE BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-002</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pag. 3 de 20</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

La información corresponde a consumidores finales de primera línea a nivel mundial tales como:

- TECHINT
- TECPETROL
- YPF
- AXION
- ENAP SIPETROL
- PAE - Pan American Energy
- SAIPEM
- TGP - Transportadora de Gas de Perú
- CPP - Construcciones y Prestaciones Petroleras
- CFE – Comisión Federal de Electricidad (México)
- PAMPA Energía
- ENEVA
- ERAMET
- MEGA
- ANTAMINA
- OLDELVAL - Oleoducto del Valle
- VALE

Luego de procesada la información, hemos desarrollado las siguientes estadísticas:

Cantidad de Empresas Analizadas:



	<p style="text-align: center;">DEFINICION DE SERIE BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-002</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pag. 4 de 20</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			



Cantidad de Proyectos Analizados:

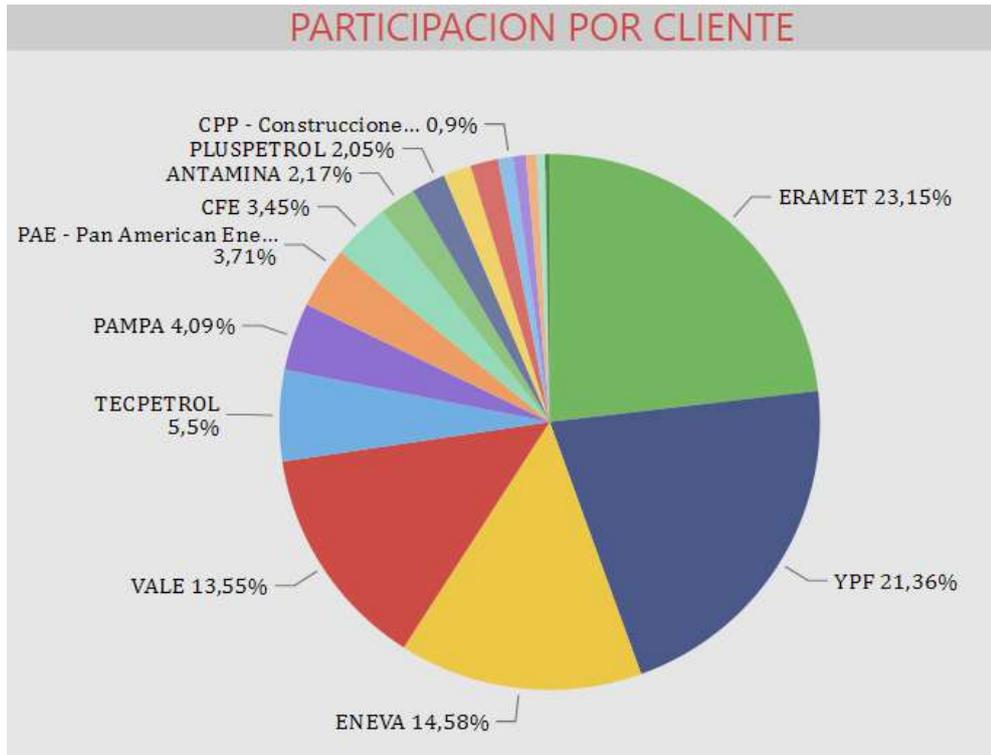
La información consolidada corresponde a 37 proyectos / licitaciones.



	<p style="text-align: center;">DEFINICION DE SERIE BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-002</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pag. 5 de 20</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

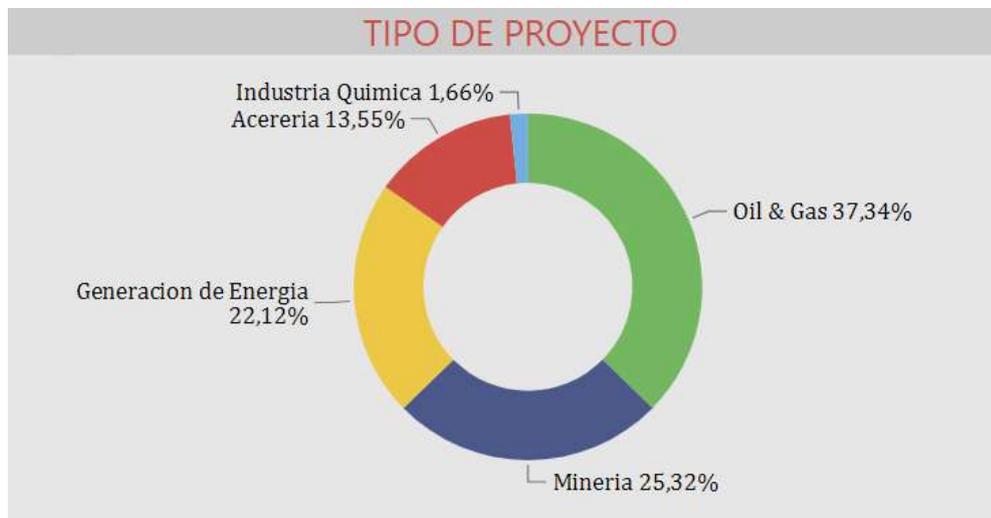
Cientes:

A continuación, observamos la participación total de cada cliente en la base de datos utilizada.



Tipos de Proyecto:

Hemos clasificado los diferentes tipos de proyectos en las siguientes grandes industrias. A continuación, se identifica la participación de cada uno de estos grupos en la información utilizada.



	<p style="text-align: center;">DEFINICION DE SERIE BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-002</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pag. 6 de 20</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Caudal y Altura Promedio:

A continuación, se identifica el Caudal y Altura promedio en base a la información utilizada.

PROMEDIOS	
253,80	63,56
Promedio de Caudal m3/h	Promedio de Altura mts

Caudal y Altura Máximo:

A continuación, se identifica el Caudal y Altura Máximos en base a la información utilizada.

MAXIMOS	
2.480,00	310,00
Máx. de Caudal m3/h	Máx. de Altura mts

Caudal y Altura Mínimo:

A continuación, se identifica el Caudal y Altura Mínimos en base a la información utilizada.

MINIMOS	
1,54	2,20
Mín. de Caudal m3/h	Mín. de Altura mts

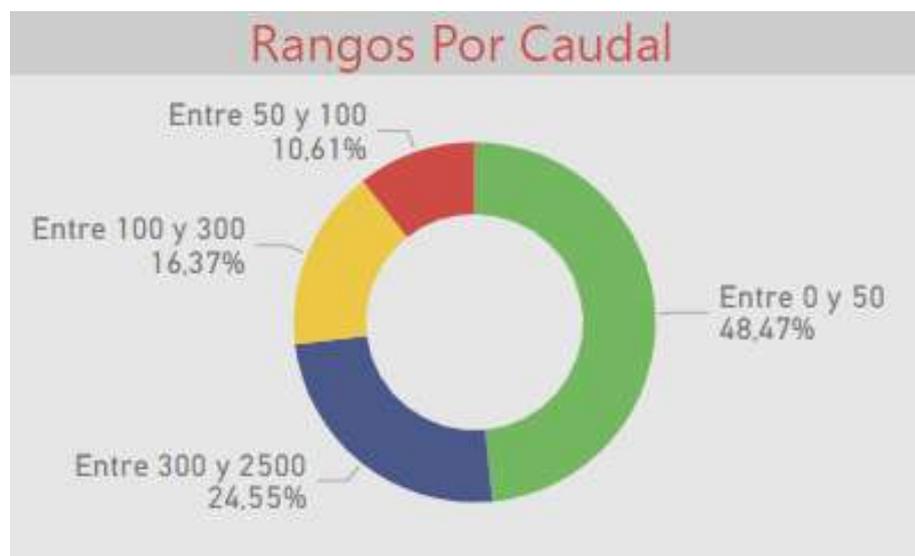
	<p style="text-align: center;">DEFINICION DE SERIE BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-002</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pag. 7 de 20</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Rangos Por Caudal:

Hemos clasificado para su mejor análisis los diferentes equipos en los siguientes rangos de caudales.

- Entre 0 y 50 m3/h
- Entre 50 y 100 m3/h
- Entre 100 y 300 m3/h
- Entre 300 y 2500 m3/h

A continuación, se identifica la participación de cada uno de estos grupos en la información utilizada.



Rangos Por Altura:

Hemos clasificado para su mejor análisis los diferentes equipos en los siguientes rangos de alturas.

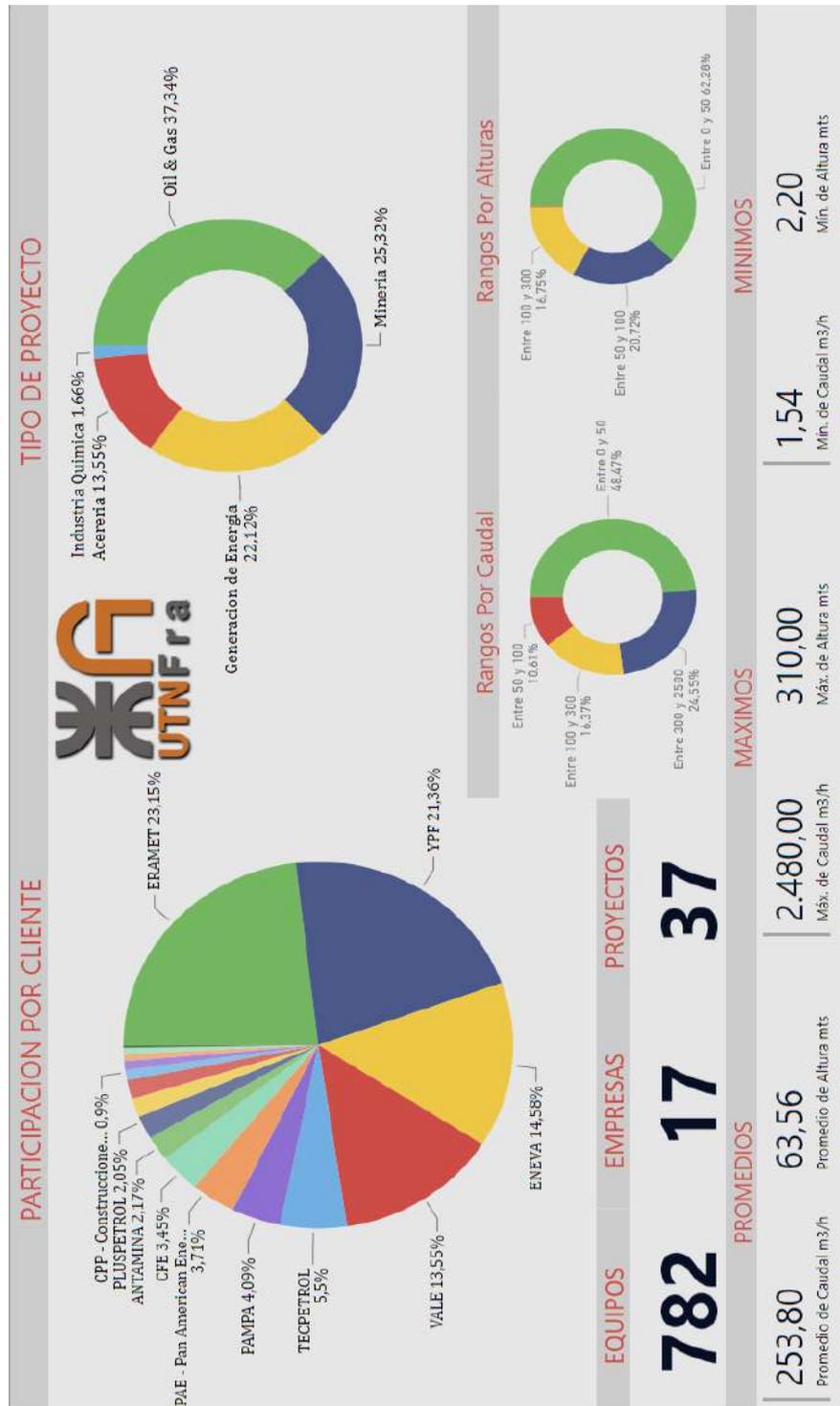
- Entre 0 y 50 mts
- Entre 50 y 100 mts
- Entre 100 y 300 mts
- Entre 300 y 2500 mts

A continuación, se identifica la participación de cada uno de estos grupos en la información utilizada.



Gráficos Consolidados

A continuación, se observa el gráfico consolidado con todos los parámetros antes expuestos, dicho gráfico es una captura de pantalla de la presentación generada en Power BI. Cuya presentación es interactiva y será expuesta a la catedra.

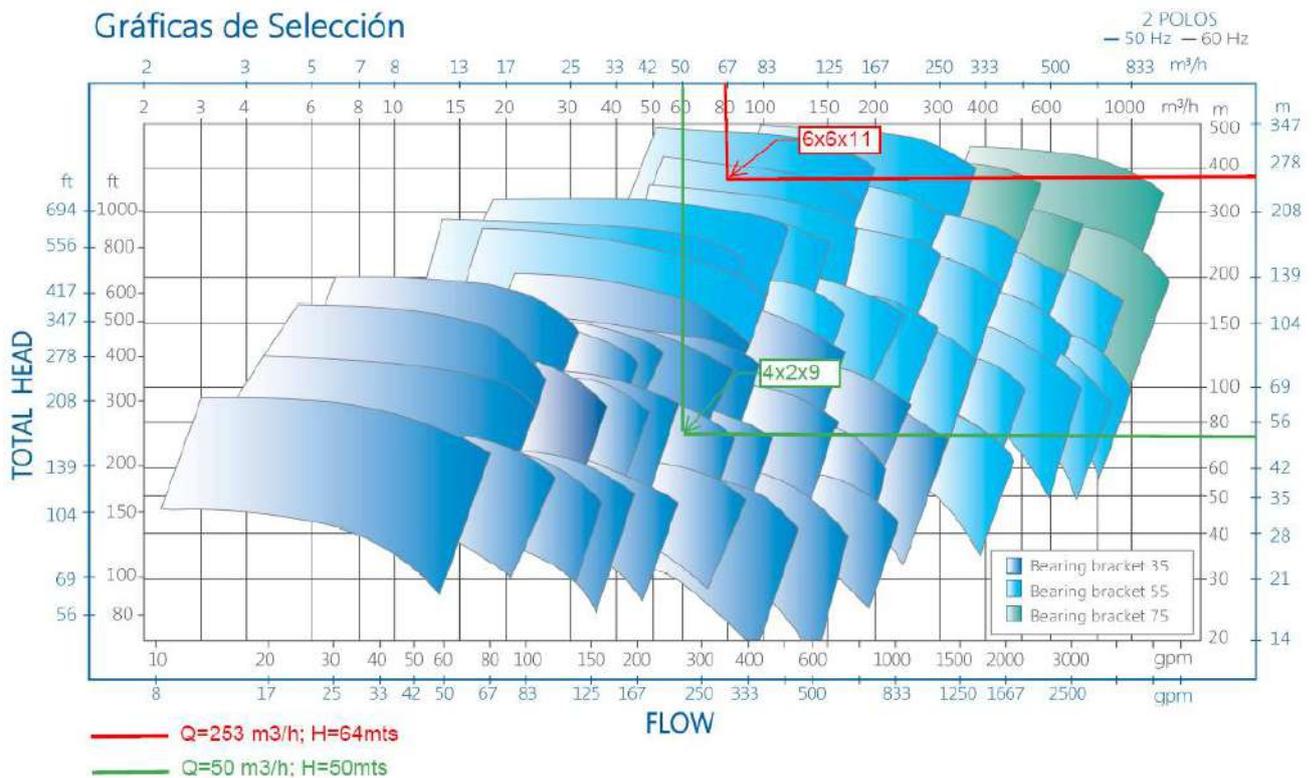


Análisis de Mercado

En base a los datos obtenidos anteriormente analizaremos las principales marcas del mercado, utilizando sus catálogos y softwares de selección. Centrándonos en los siguientes datos:

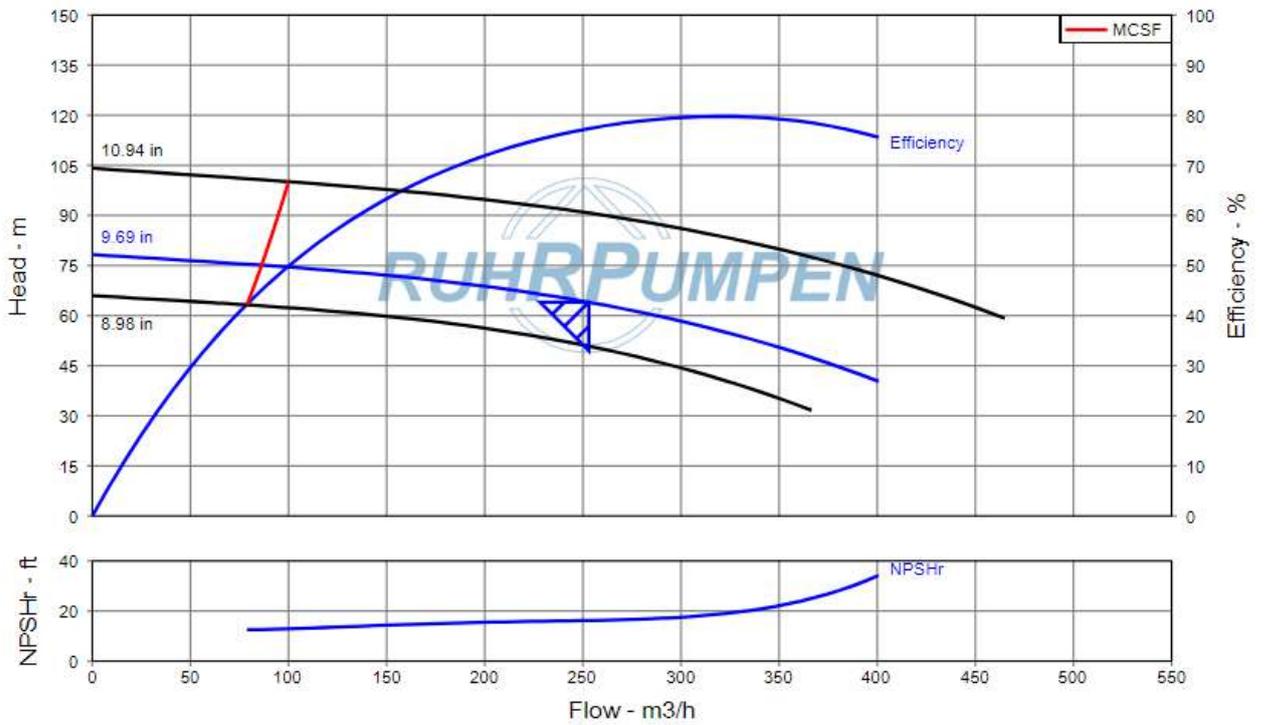
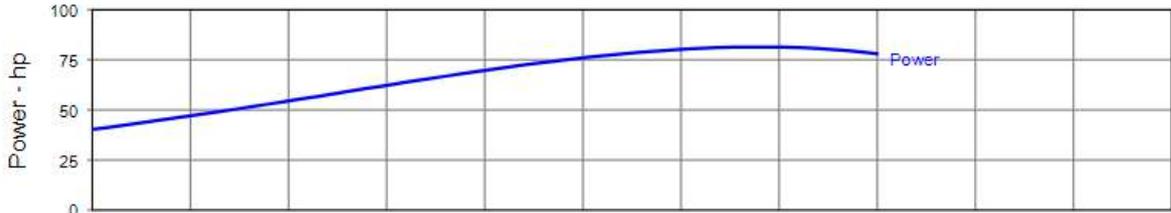
1. Caudal y Altura Promedio. $Q=253 \text{ m}^3/\text{h}$; $H=64 \text{ mts}$
2. Zona de mayor afluencia en el consumo:
 - a. Caudal hasta $50 \text{ m}^3/\text{h}$
 - b. Altura hasta 50 mts
3. Debido a que por debajo de los valores indicados en el punto 2 la eficiencia de las bombas disminuye considerablemente. Adoptaremos para la selección los siguientes parámetros:
 - a. Caudal y Altura. $Q=50 \text{ m}^3/\text{h}$; $H=50 \text{ mts}$
4. Para todos los análisis se utilizarán como referencia, accionadores de 50Hz y 3000 rpm.

RUHRPUMPEN



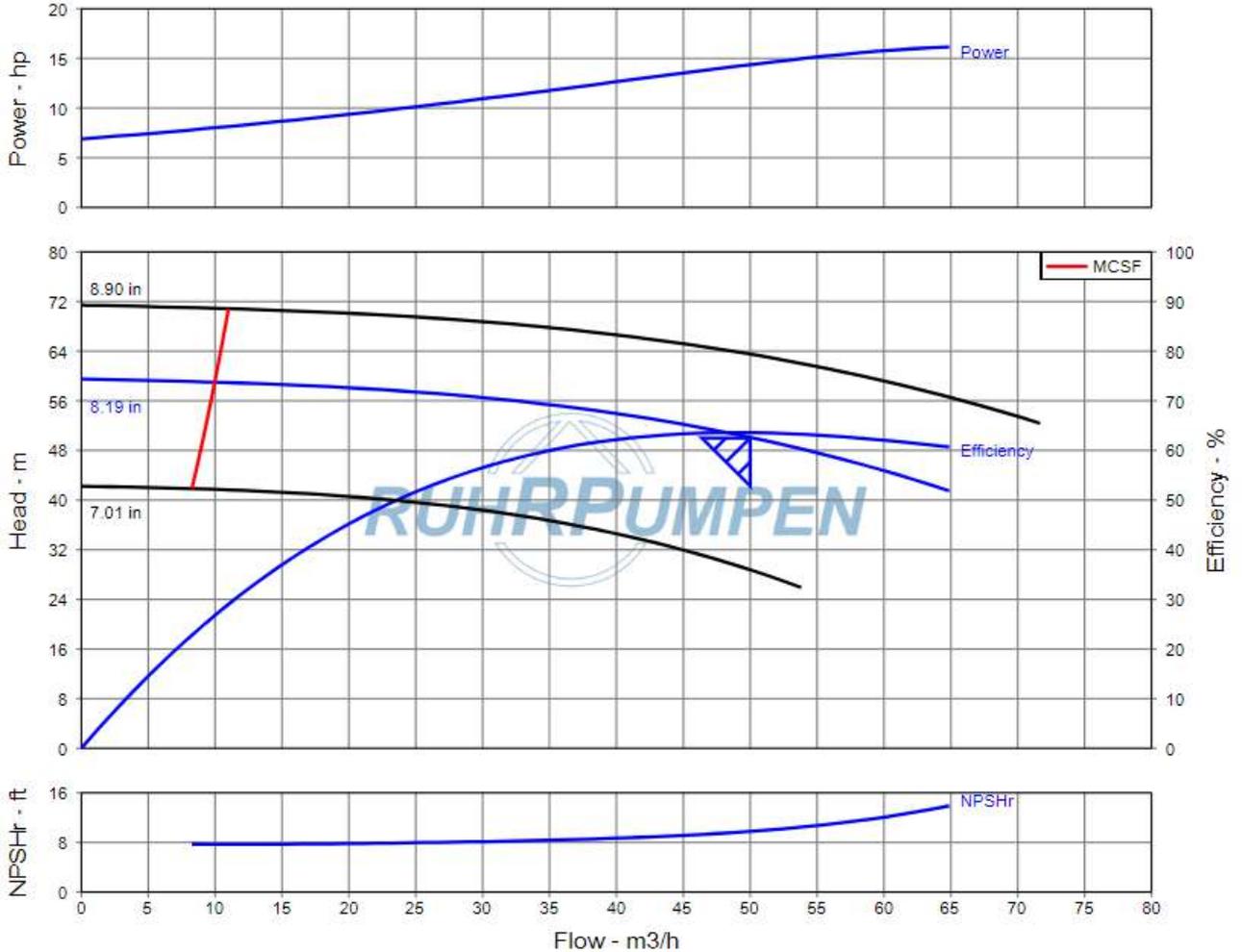
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Size	Stages	Speed, rated (rpm)	Bowl Efficiency (%)	Pump Efficiency (%)	PEI	ER	Power, rated (hp)	NPSHr (ft)	Max. Power (hp)	% BEP (%)	Price Index
SCE 6x6x11 (A) (OH2)	1	2900	-	77.34	-	-	76.35	16.20	81.41	78.98	\$ 8.96



PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

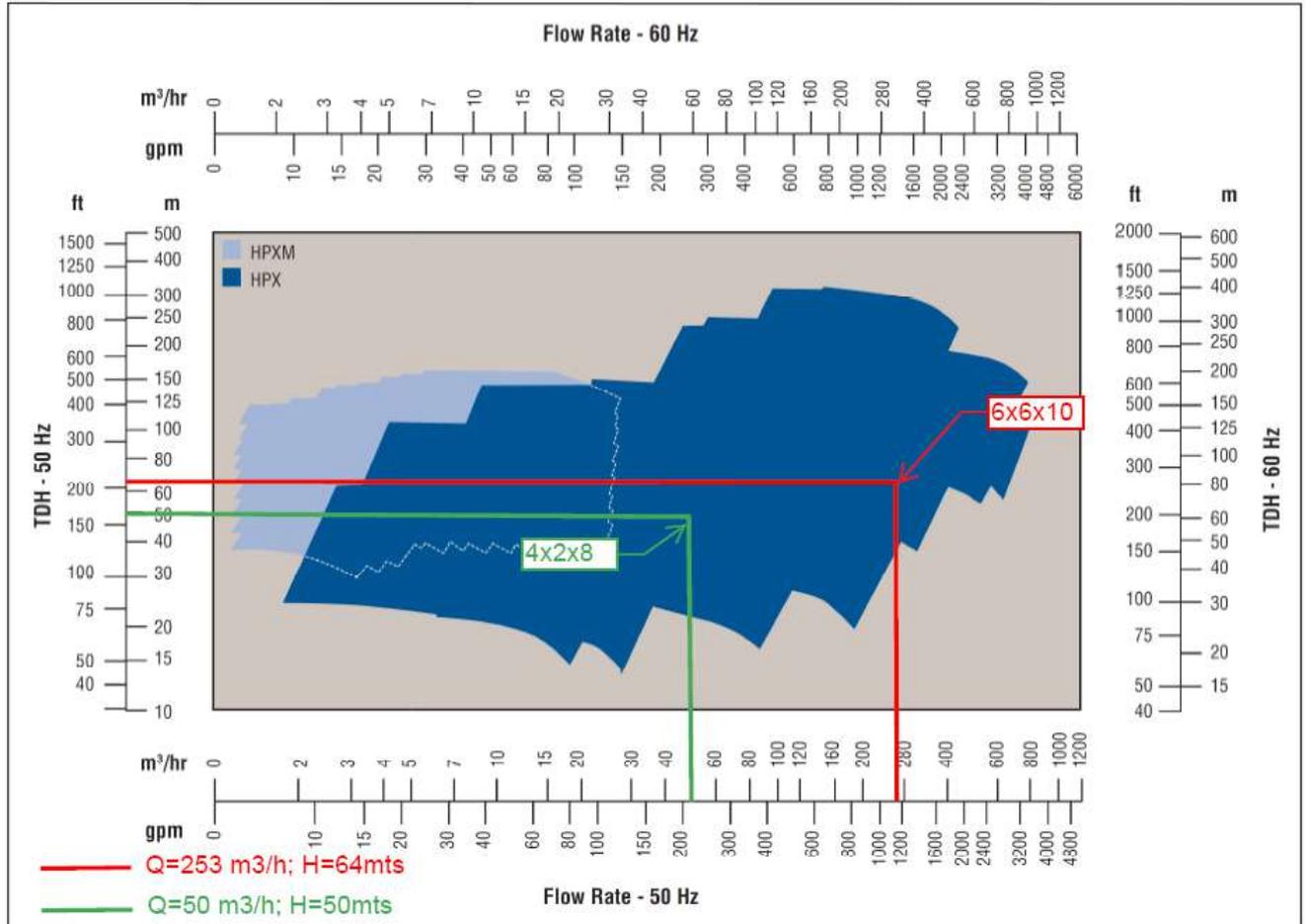
Size	Stages	Speed, rated (rpm)	Bowl Efficiency (%)	Pump Efficiency (%)	PEI	ER	Power, rated (hp)	NPSHr (ft)	Max. Power (hp)	% BEP (%)	Price Index
SCE 4x2x9 (A) (OH2)	1	2960	-	63.57	-	-	14.37	9.78	16.16	102.06	\$ 8.55



PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

FLowsERVE

HPX and HPXM Hydraulic Range Chart



PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Pump Information	
Quantity of pumps:	1
Type:	HPX Centerline Mtd.
Size:	6HPX10A
Stages:	1
Curve:	6HPX10A-1-1
Hydraulic reference no.:	20
Selection status:	✔ Acceptable

Duty Conditions			
Flow:	253.0 m³/h	Service:	Other
Head:	64.00 m	Liquid type:	Other
Specific gravity:	1.000	Liquid description:	
Viscosity:	1.00 cP	NPSHa:	10.4 m
Max pumping temp:	16 °C	Rated suction pressure:	0.0 kPa g
Min pumping temp:	0 °C	Vapor pressure:	0.00 kPa a
Ambient air temperature:	40 °C	Altitude:	0.00 m
		Frequency:	50 Hz
		Flammable:	No
		Toxic:	No
		H2S:	No
		Requested material:	S-6
		Selected material:	S-6
		Static head:	0.00 m

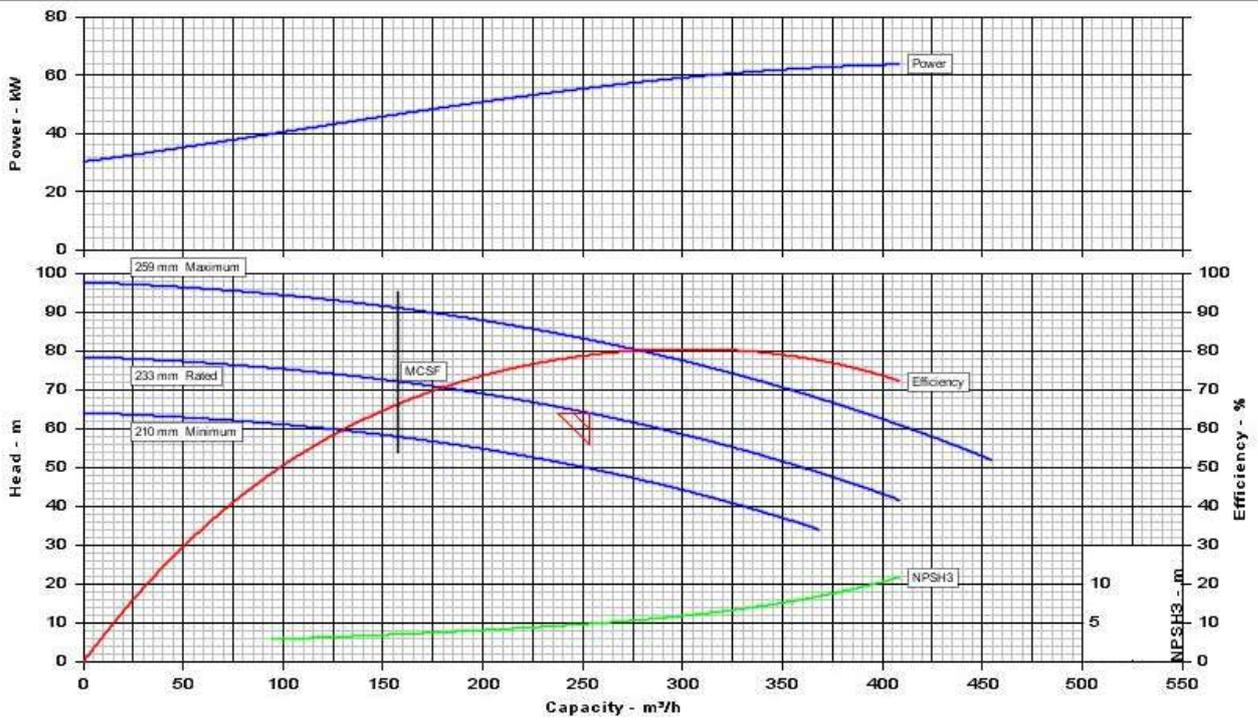
Performance Details			
Hydraulic power:	44.0 kW	Impeller diameters:	
Pump speed:	2975 rpm	Rated:	233 mm
Pump overall efficiency:	79.0 %	Maximum:	259 mm
NPSH3:	4.9 m	Minimum:	210 mm
Rated brake power:	55.8 kW	MCSF:	157.1 m³/h
Maximum brake power:	63.9 kW	Pump WR ³ at 2975 rpm:	N/A kg m ³
Ns:	12,489 (Metric units)	Rated/max diameter:	90.0 %
Ns:	2,221 (Metric units)	Maximum head:	78.59 m
		Head rise to shut off:	22.8 %
		Head rated / Head max:	77.2 %
		Head max / Head rated:	129.5 %
		Flow at BEP:	302.4 m³/h
		Flow as % of BEP:	83.7 %

6HPX10A

View Preferences

Pump Information

Pump Type: 6HPX10A Stages: 1



Data points

Capacity:	-	Min Diameter Head:	-	Rated Diameter Head:	-	Maximum Diameter Head:	-
Efficiency %:	-	NPSH:	-	Power:	-		



DEFINICION DE SERIE
BOMBAS CENTRIFUGAS OH2
DE ACUERDO A API 610

UTN FRA Nº:
2020-G1-T2-GE-000-002

Rev. 0
 Pag.
 14
 de
 20

PROYECTO FINAL – GRUPO Nº01

Pump Information	
Quantity of pumps:	1
Type:	HPX Centerline Mtd.
Size:	4HPX8A
Stages:	1
Curve:	4HPX8A-1-2
Hydraulic reference no.:	8
Selection status:	✔ Acceptable

Duty Conditions			
Flow:	50.0 m ³ /h	Service:	Other
Head:	50.00 m	Liquid type:	Other
Specific gravity:	1.000	Liquid description:	
Viscosity:	1.00 cP	NPSHa:	Ample m
Max pumping temp:	16 °C	Rated suction pressure:	0.0 kPa.g
Min pumping temp:	0 °C	Vapor pressure:	0.00 kPa.a
Ambient air temperature:	40 °C	Altitude:	0.00 m
Frequency:	50 Hz	Flammable:	No
		Toxic:	No
		H2S:	No
		Requested material:	S-6
		Selected material:	S-6
		Static head:	0.00 m

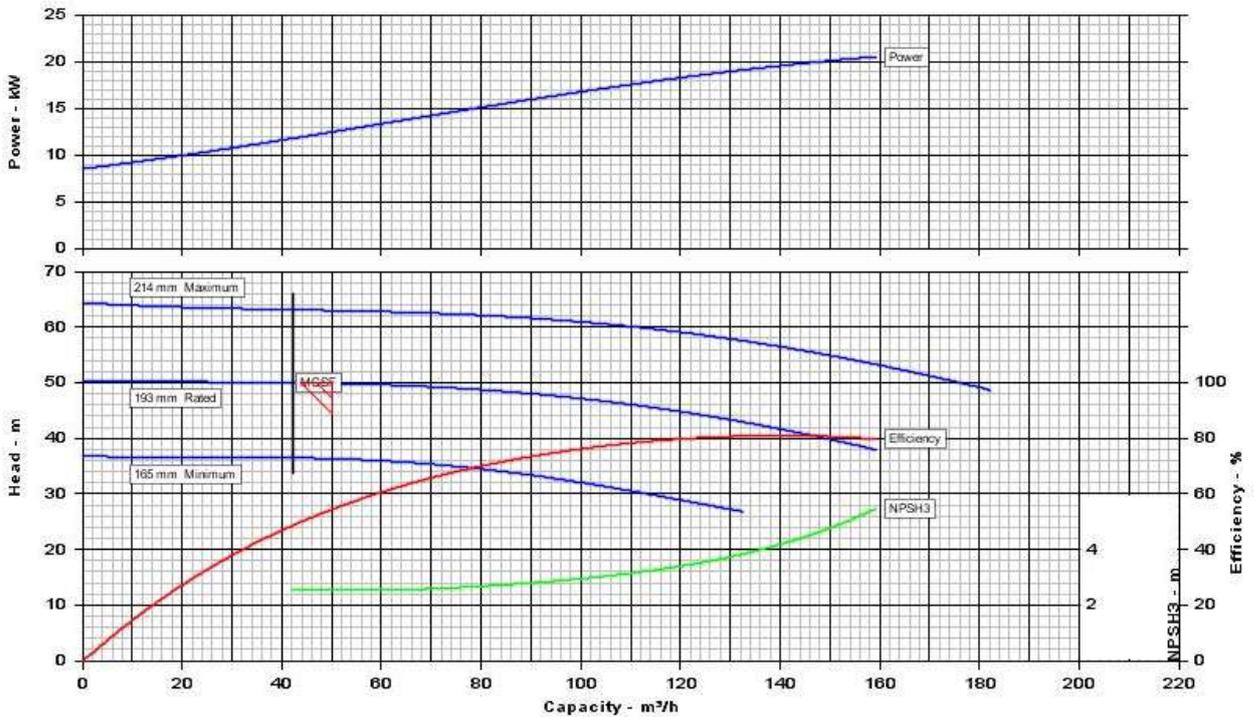
Performance Details			
Hydraulic power:	6.80 kW	Impeller diameters:	
Pump speed:	2950 rpm	Rated:	193 mm
Pump overall efficiency:	54.5 %	Maximum:	214 mm
NPSH3:	2.6 m	Minimum:	165 mm
Rated brake power:	12.5 kW	MCSF:	42.0 m ³ /h
Maximum brake power:	20.6 kW	Pump WR ³ at 2950 rpm:	N/A kg m ²
Ns:	10.409 (Metric units)	Rated/max diameter:	90.2 %
Ns:	1.062 (Metric units)	Maximum head:	50.43 m
		Head rise to shut off:	0.9 %
		Head rated / Head max:	79.2 %
		Head max / Head rated:	126.2 %
		Flow at BEP:	139.9 m ³ /h
		Flow as % of BEP:	35.7 %

4HPX8A

View Preferences

Pump Information

Pump Type: 4HPX8A Stages: 1

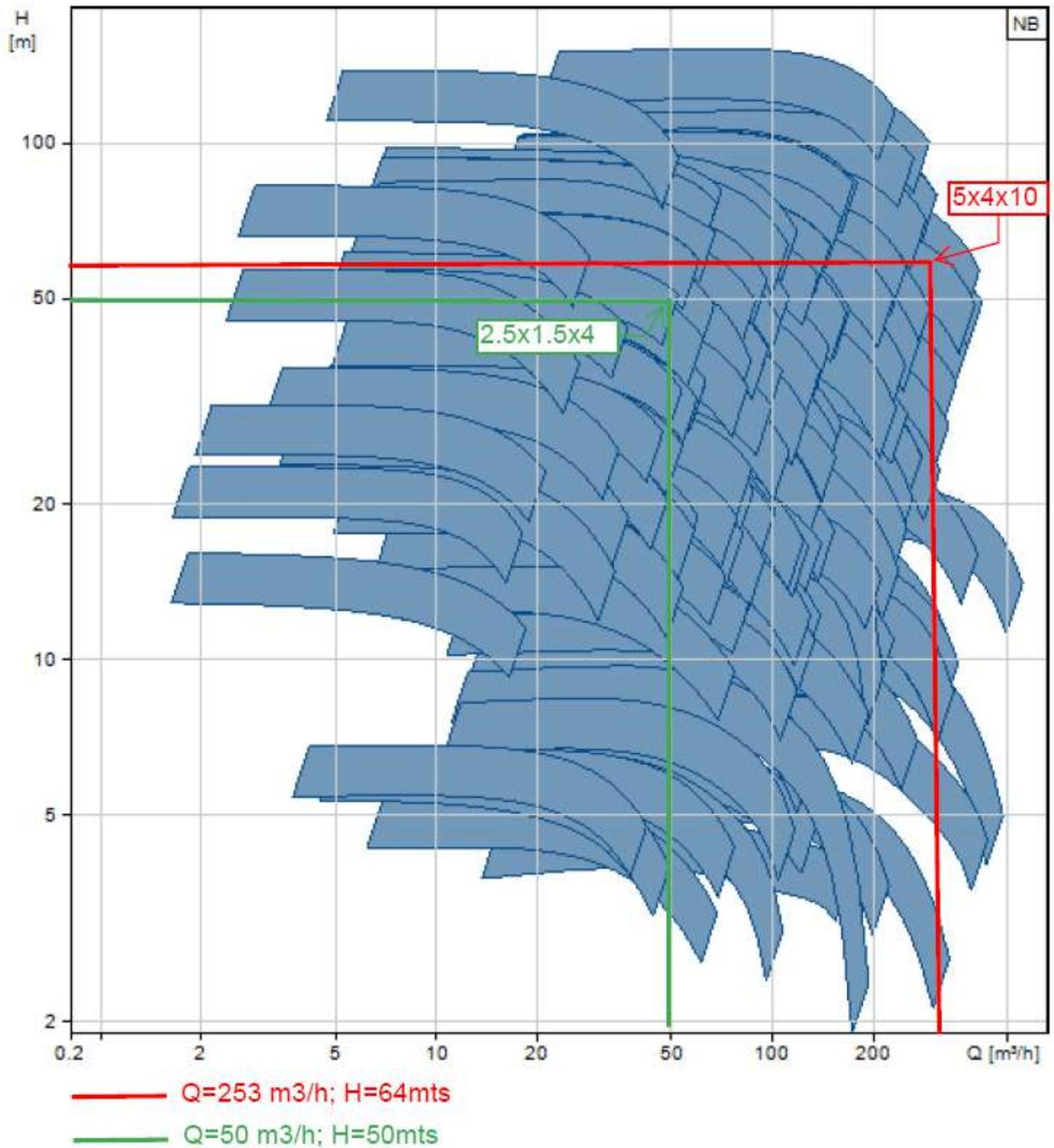


Data points

Capacity:	-	Min Diameter Head:	-	Rated Diameter Head:	-	Maximum Diameter Head:	-
Efficiency %:	-	NPSH:	-	Power:	-		

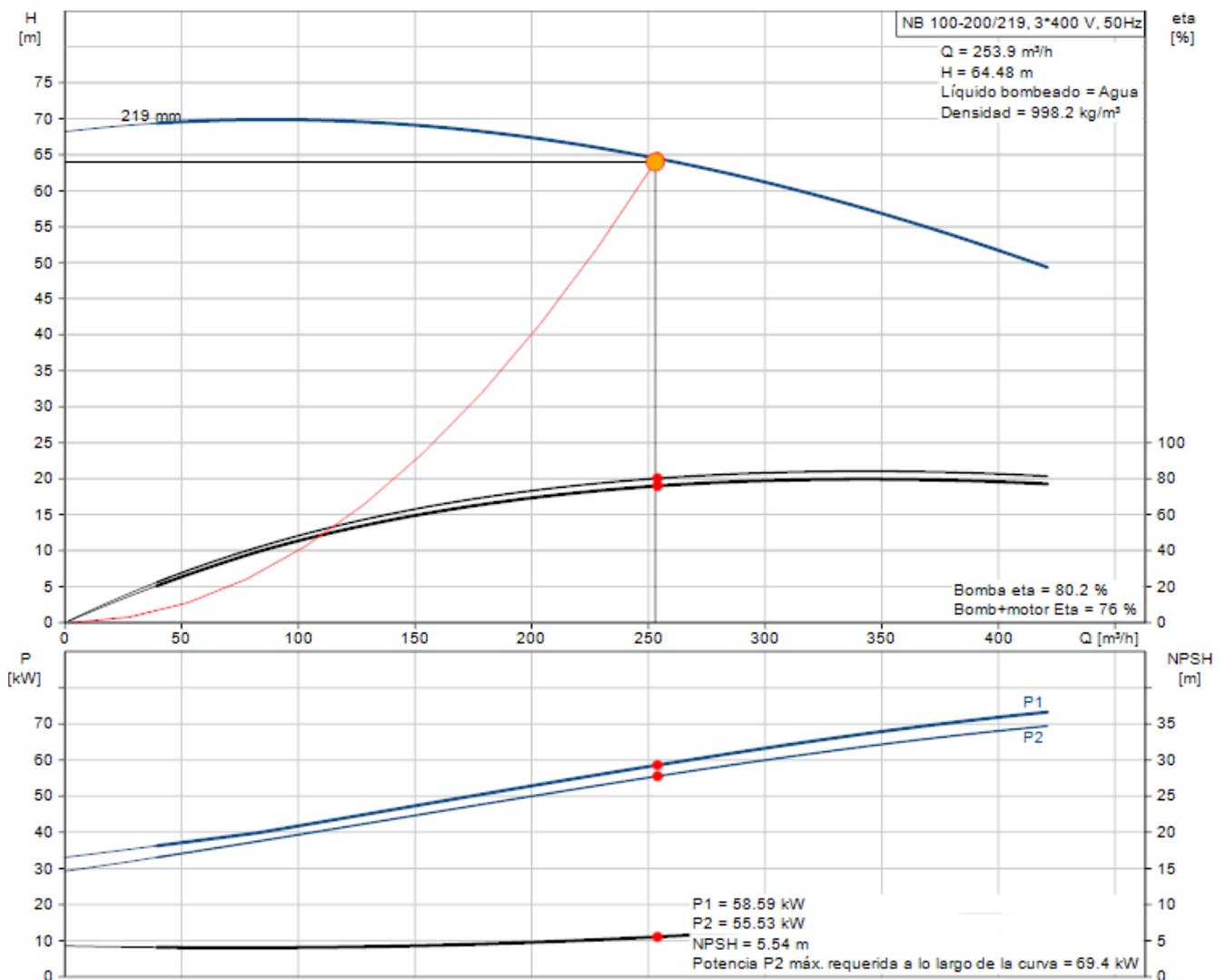
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

GRUNDFOS



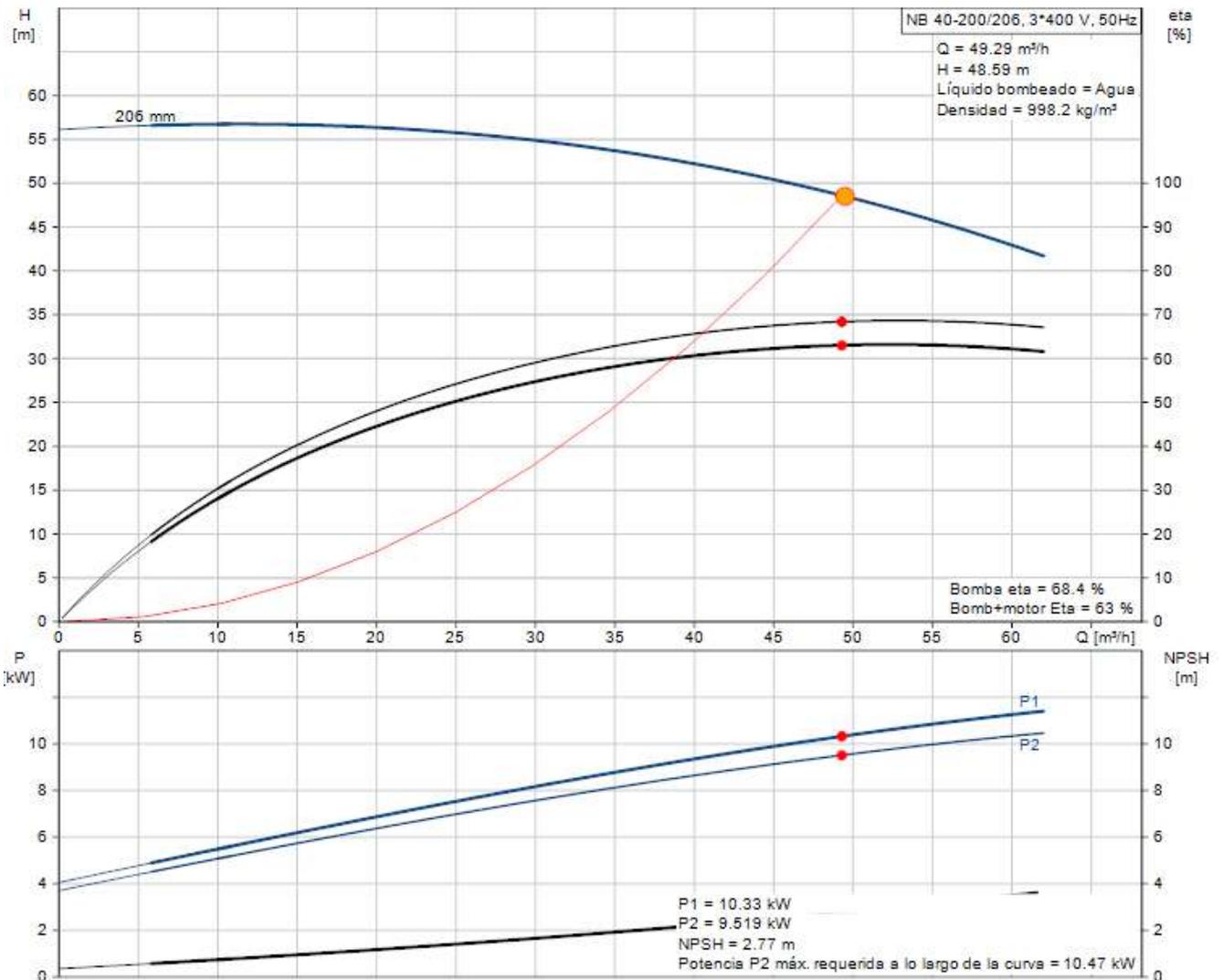
PROYECTO FINAL – GRUPO Nº01

Especificaciones	Descripción	Videos (1)	Documentos (12)	Planos CAD	Partes sist.	Resultado dimension.	Servicios
Resultado dimension.							
Tipo	NB 100-200/219						
Cantidad	1						
Motor	75 kW						
						Perfil carga	
Caud	253.9 m ³ /h (+0%)				Caud	100 %	
Alt.	64.48 m (+1%)				Alt.	101 %	
Entrad presión mín	-0.35 bar (40 °C, contra la atmósfera)				P1	58.59 kW	
Pot. P1	58.59 kW				Total Eta	76.0 %	
Pot. P2 requerida en el punto de trabajo	55.53 kW				Time	1113 h/a	
BombaEta	80.2 %				Consumo energía	65230 kWh/Año	
Motor Eta	94.0 %				Cantidad	1	
Bomb+motor Eta	76.0 % =Bomba Eta *motor Eta						
Total Eta	76.0 % =Eta relativa punto de trabajo						
Consumo energía	65230 kWh/Año						
Emisión CO2	37200 kg/Año						
Prec.	12.948,00 EUR						
Cte ciclo vital	96247 EUR /5Años						



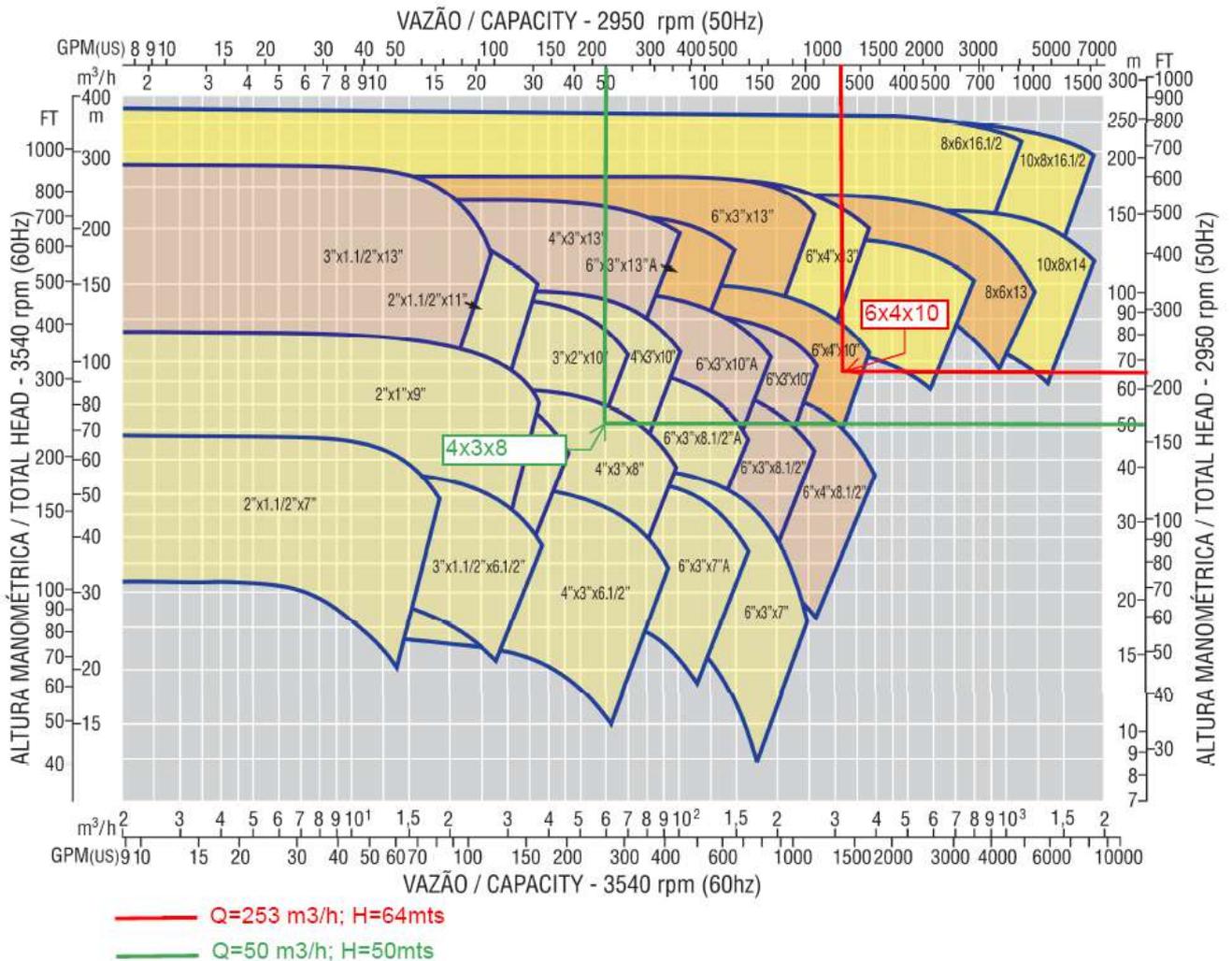
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Especificaciones	Descripción	Videos (1)	Documentos (12)	Planos CAD	Partes sist.	Resultado dimension.	Servicios
Resultado dimension.							
Tipo	NB 40-200/206						
Cantidad	1						
Motor	11 kW						
Caud		49.29	m³/h (-1%)	Perfil carga		1	
Alt.		48.59	m (-3%)	Caud	99	%	
Entrad presión mín		-0.62	bar (40 °C, contra la atmosfera)	Alt.	97	%	
Pot. P1		10.33	kW	P1	10.33	kW	
Pot. P2 requerida en el punto de trabajo		9.519	kW	Total Eta	63.0	%	
BombaEta		68.4	%	Time	1113	h/a	
Motor Eta		92.1	%	Consumo energía	11500	kWh/Año	
Bomb+motor Eta		63.0	% =Bomba Eta *motor Eta	Cantidad	1		
Total Eta		63.0	% =Eta relativa punto de trabajo				
Consumo energía		11500	kWh/Año	Note que el caudal es superior a 1.4 % Punto trabajo solicitado abajo			
Emisión CO2		6560	kg/Año				
Prec.		3.926.00	EUR				
Cte ciclo vital		18611	EUR /5Años				



PROYECTO FINAL – GRUPO Nº01

OMEL



KSB; SULZER; GOULD

Para las empresas KSB, SULZER y GOULD no hemos podido determinar ninguna serie de referencia, debido a la imposibilidad de poder acceder a sus simuladores y los catálogos disponibles en los sitios web de los fabricantes no poseen la suficiente información para realizar la comparativa. Por lo tanto, descartaremos a los mismos de este análisis.

	DEFINICION DE SERIE BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610	UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-002	Rev. 0 Pag. 19 de 20
	PROYECTO FINAL – GRUPO N°01		

Conclusiones

Coincidentemente a nuestro análisis inicial, identificamos en las principales marcas del mercado que en esos mismos rangos de Caudal y Alturas se concentran las mayores variedades de Series de Bombas para cada marca.

TABLA COMPARATIVA							
Marca	Flowserve	Ruhrpumpen	KSB	Grundfos	Sulzer	Goulds	Omel
Modelo	HPX	SCE	RPH	NB/NK	OHH	3700	HDR
Para Q=253 m3/h ; H=64 mts							
Modelo	6x6x10	6x6x11	N/D	5x4x10	N/D	N/D	6x4x10
Para Q=50 m3/h ; H=50 mts							
Modelo	4x2x8	4x2x9	N/D	2,5x1,5x4	N/D	N/D	4x3x8

Si bien los resultados obtenidos son bastantes similares en las selecciones realizadas en los diferentes softwares / catálogos para cada uno de los fabricantes. Los mismos arrojan pequeñas diferencias en los resultados. Los mismos son entendibles, ya que, solamente estamos ingresando con parámetros básicos a la selección.

Para el caudal considerado como “Promedio” la serie a desarrollar será una carcasa con conexión de entrada Ø 6”, conexión de salida de Ø 4” e impulsor nominal Ø 10”.

Para el caudal considerado como “Minimo con rendimiento aceptable” la serie a desarrollar será una carcasa con conexión de entrada Ø 4”, conexión de salida de Ø 3” e impulsor nominal Ø 8”.

Para los caudales que hemos quitado del análisis por “Bajo rendimiento” la serie a desarrollar será una carcasa con conexión de entrada Ø 2”, conexión de salida de Ø 1.5” e impulsor nominal Ø 9”.

En base a todo lo mencionado anteriormente hemos decidido desarrollar la siguiente serie y ejecutaremos los documentos para las bombas indicadas en azul:

Serie de Bombas Centrífugas OH2 – Serie BCV		
Denominación	Caudal	Altura
BCV 01	Q= 253 m3/h	H= 64 m
BCV 02	Q=170 m3/h	H=58 m
BCV 03	Q= 50 m3/h	H= 50 m
BCV 04	Q= 15 m3/h	H= 20 m
BCV 05	Q= 11 m3/h	H= 15 m

	<p style="text-align: center;">DEFINICION DE SERIE BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-002</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pag. 20 de 20</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Bibliografía

Listados de Equipos de diferentes Proyectos / Licitaciones

Catalogo FLOWSERVE - PS-10-5 HPX – Hydrocarbon Processing Pump

Catalogo GOULDS 3700

Catalogo GRUNDFOS - NB/NK – Bombas Normalizadas de Aspiración Axial

Catalogo KSB RPH – Bomba de proceso OH” de tipo heavy duty según ISO 13709 / API 610

Catalogo OMEL - HDR – Bombas Centrifugas de Proceso para servicio pesado HDR API 610

Catalogo RUHRPUMPEN - SCE – Bomba API 610 de proceso, de una etapa, montada en eje central OH2

Catalogo SULZER - OHH and OHHL ISO 13709 (API 610) Type OH2 Single Stage End Suction Process Pumps

0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1		
A	PARA APROBACION	08/06/20	G1	G1		
REV.	DESCRIPCION	FECHA	PROJ.	EJEC.	VERIF.	APROB

PROYECTO MAQUINA SERIADA – GRUPO N°01

Docentes:

- Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico Gaston
- Ayudante: MUZYCA, Hernan
- Ayudante: TRONCOSO, Agustín

Alumnos:

- BLASCO, Juan Ignacio
- VILLAVERDE CONTINO, Camila

	PROYECTO FINAL
	GENERAL
	DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610

UTN FRA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DOCUMENTO CON PROHIBICIÓN DE REPRODUCIRLO, MODIFICARLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACIÓN ESCRITA.

2020-G1-T2-GE-000-101

ESC.: S/E

JOB: PF2020

0

REVISION

	<p align="center">DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m)</p> <p align="center">BOMBAS CENTRIFUGAS OH2</p> <p align="center">DE ACUERDO A API 610</p>	<p align="center">UTN FRA Nº:</p> <p align="center">2020-G1-T2-GE-000-101</p>	<p align="center">Rev. 0</p> <p align="center">Pag. 2 de 67</p>
<p align="center">PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

Indice:

Trabajo Practico N°2	3
Máquina de Serie Base Empírica	3
Objetivo.....	3
Introducción	3
Alcance	3
Normas y Teorías Aplicables:	4
Diseño del Rodete	5
BCV 01: Desarrollo de Cálculos	15
Primera Aproximación:.....	15
Cálculo de la voluta - Dimensiones principales	29
Aros de desgaste	31
Verificación de cargas por FEA	33
Selección de Sello Mecánico	38
Categoría	38
Tipo	38
Arreglo	40
Sello arreglo 1 – tipo A.....	43
Plan de sello.....	44
Cámara de sello API 610	46
Selección de sello mecánico en catalogo EagleBurgmann	47
Selección de rodamientos	49
Selección de sello de aceite.....	50
Verificación vida útil de rodamientos.....	59
Selección de motor eléctrico	61
Selección de acoplamiento eje-motor.....	64
Diseño de Skid.....	66
Bibliografía	67

	<p align="center">DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m)</p> <p align="center">BOMBAS CENTRIFUGAS OH2</p> <p align="center">DE ACUERDO A API 610</p>	<p align="center">UTN FRA Nº:</p> <p align="center">2020-G1-T2-GE-000-101</p>	<p align="center">Rev. 0</p> <p align="center">Pag. 3 de 67</p>
<p align="center">PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

Trabajo Practico N°2

Máquina de Serie Base Empírica

Objetivo

El objetivo de este documento es determinar la serie de Bombas Centrifugas OH2 de acuerdo a “API 610 - Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries” descritas en el documento “2020-G1-T2-000-001 – Alcance de Proyecto” a desarrollar por el Grupo N° 01 en la materia “Proyecto Final” de la carrera de Ingeniería Mecánica correspondientes a la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda a desarrollar durante el ciclo lectivo 2020.

Introducción

Impulsar líquidos a través de tuberías más o menos largas venciendo a veces con esto grandes desniveles geodésicos o diferencias de presión, es una exigencia tan importante y tan difundida en la técnica moderna que las maquinas que cumplen con esta tarea, las bombas, pueden ser consideradas como las que se instalan y aprovechan (junto con el motor eléctrico) con mayor frecuencia.

Las bombas rotativas han conquistado una situación de suma importancia, representan maquinas universales, no solo en cuanto al número de unidades en servicio, sino también en la multiplicidad de sus diseños y su adaptabilidad a las condiciones de servicio más diversas.

Las principales ventajas de estas bombas son:

- Ocupan mínimo espacio.
- Bajo peso.
- Marcha tranquila y equilibrada. (no existen fuerzas de inercia libres)
- Posibilidad de accionarlas a altas RPM.
- Gran seguridad de marcha.
- Desgaste mínimo.

Las principales desventajas de estas bombas son:

- Rendimiento inferior a las bombas de embolo.
- Altura de aspiración reducida.

Alcance

Como se detalló anteriormente en los documentos “2020-G1-T2-GE-000-001 - Maquina Seriada - Bombas Centrifugas - Alcance del Proyecto” y “2020-G1-T2-GE-000-002 - Maquina Seriada - Bombas Centrifugas - Definición de Serie” el alcance de este proyecto es el desarrollo, calculo y diseño para las siguientes bombas centrifugas tipo OH2

Caudal y Altura Promedio. Q=253 m3/h; H=64 mts

Para el caudal considerado como “Promedio” la serie a desarrollar será una carcasa con conexión de entrada Ø 6”, conexión de salida de Ø 4” e impulsor nominal Ø 10”. Adicionalmente se diseñará como

	<p align="center">DESARROLLO BCV-01 (Q253m³, H64m)</p> <p align="center">BOMBAS CENTRIFUGAS OH2</p> <p align="center">DE ACUERDO A API 610</p>	<p align="center">UTN FRA Nº:</p> <p align="center">2020-G1-T2-GE-000-101</p>	<p align="center">Rev. 0</p> <p align="center">Pag. 4 de 67</p>
<p align="center">PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

mínimo un impulsor de un diámetro mayor al nominal y un impulsor de diámetro menor al nominal. Por lo tanto, la serie constará como mínimo con opciones de una carcasa y 3 impulsores.

Caudal y Altura. Q=50 m³/h; H=50 mts

Para el caudal considerado como “Mínimo con rendimiento aceptable” la serie a desarrollar será una carcasa con conexión de entrada Ø 4”, conexión de salida de Ø 3” e impulsor nominal Ø 8”.

Adicionalmente se diseñará como mínimo un impulsor de un diámetro mayor al nominal y un impulsor de diámetro menor al nominal. Por lo tanto, la serie constará como mínimo con opciones de una carcasa y 3 impulsores.

Caudal y Altura. Q=15 m³/h; H=80 mts

Para los caudales que hemos quitado del análisis por “Bajo rendimiento” la serie a desarrollar será una carcasa con conexión de entrada Ø 2”, conexión de salida de Ø 1.5” e impulsor nominal Ø 9”.

Adicionalmente se diseñará como mínimo un impulsor de un diámetro mayor al nominal y un impulsor de diámetro menor al nominal. Por lo tanto, la serie constará como mínimo con opciones de una carcasa y 3 impulsores.

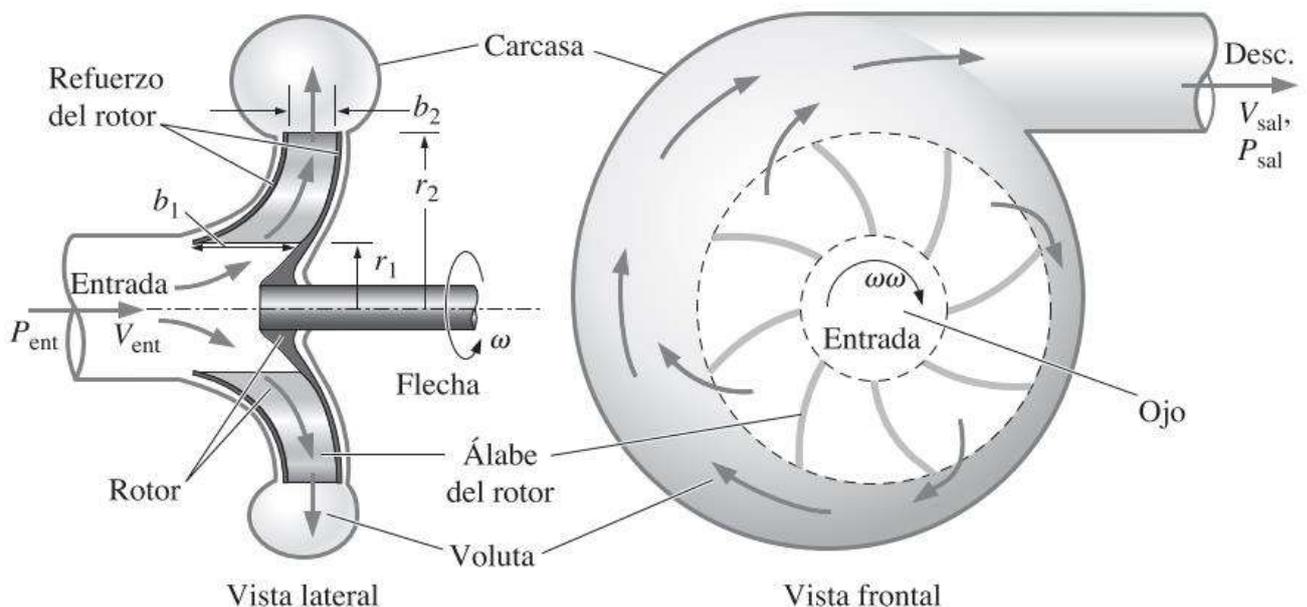
Normas y Teorías Aplicables:

- API 610 – Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries
- API 682 4th Ed. – Shaft Sealing Systems for Centrifugal and Rotary Pumps
- Ecuación de Euler para Bombas Centrifugas.
- ASME B16.5 – Pipe Flanges and Flanged Fittings
- AISC 329-09 – Detailing for Steel Construction.
- AISI S100 - North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members.
- AWS D1.1 – Structural Welding Code – Steel.
- SSPC - Steel Structures Painting Manual.
- ASTM - American Society for Testing and Materials

Diseño del Rodete

Para avanzar con el trazado y diseño de los rodetes, debemos entrar en el cálculo de sus dimensiones, ángulos característicos de las paletas y la determinación de estas últimas.

Para ello debemos distinguir las tres formas fundamentales (rodetes radiales, rodetes diagonales y rodetes axiales). En nuestro caso nos basaremos en rodetes radiales.



Vista lateral y frontal de una bomba centrífuga típica. El fluido ingresa en forma axial en el punto medio de la bomba (el ojo), es lanzado hacia la parte exterior de los alabes del rotor (o impulsor o rodete), luego pasa por el difusor de expansión (voluta) y se descarga por un lado de la bomba. Se define r_1 y r_2 como las ubicaciones radiales de los alevos del rotor en la entrada y la salida, respectivamente; b_1 y b_2 son los anchos de los alabes en la entrada y la salida del rotor, respectivamente.

Para proyectar una bomba, siempre se debe conocer la altura de elevación efectiva H y el caudal Q , los cuales hemos obtenido en etapas anteriores de este trabajo mediante un estudio de mercado. Otro dato conocido es el número de revoluciones n del motor de accionamiento, el cual será igual al número de revoluciones de la bomba para evitar cajas de engranajes de transmisión.

Las dimensiones principales del rodete que determinaremos son las siguientes:

- Diámetros d_1 y d_2
- Anchos b_1 y b_2
- Ángulos β_1 y β_2

Además, en el trazado completo, intervendrán el diámetro del eje d , y el diámetro del tubo de aspiración d_a

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

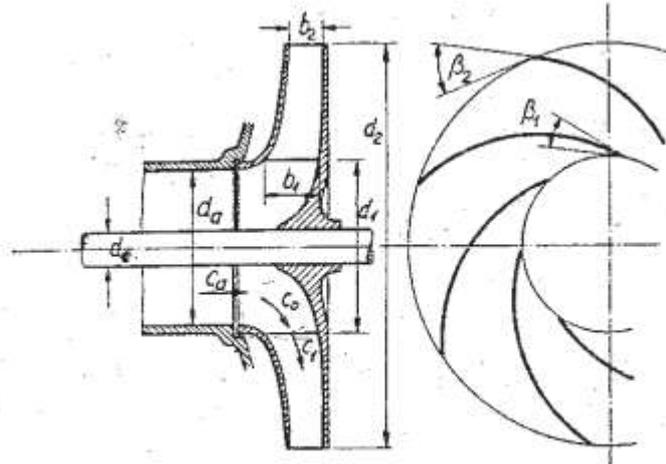


FIG. 124. — Dimensiones principales del rodete radial.

Para lograr una primera aproximación de los diámetros del rodete, aplicamos el siguiente método:

$$H = \eta_{man} \cdot \frac{u_2}{g} \cdot c_{2u}$$

Si utilizamos:

$$c_{2u} = \varepsilon \cdot u_2$$

La relación:

$$H = \varepsilon \cdot \eta_{man} \cdot \frac{2 \cdot u_2^2}{2 \cdot g} = \mu \cdot \frac{u_2^2}{2 \cdot g} \quad ; (Ec. 132)$$

Y la Relación de la altura efectiva a una “altura de velocidad” que corresponde a la velocidad \$u_2\$ en la circunferencia exterior del rodete.

$$\mu = \frac{H}{\frac{u_2^2}{2} \cdot g}$$

Introduciendo \$u_2\$:

$$u_2 = d_2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60}$$

Logramos la siguiente ecuación:

$$H = \frac{\mu \cdot \pi^2}{2 \cdot g \cdot 60^2} \cdot d_2^2 \cdot n^2 = K_u \cdot d_2^2 \cdot n^2 \quad ; (Ec. 133)$$

Los dos valores \$\mu\$ y \$K_u\$ se obtienen de los gráficos de las figuras 125 y 126 respectivamente. En ellos las curvas superiores corresponden a bombas radiales con paletas directrices, y las inferiores aproximadamente a bombas sin directrices detrás del rodete.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Estos valores son aplicables para rodetes con una relación de diámetro $d_2/d_1 = 1.7 - 2.3$, que es la gama normal para rodetes radiales.



Figura 125 – El coeficiente μ en función del ángulo β_2 para bombas radiales

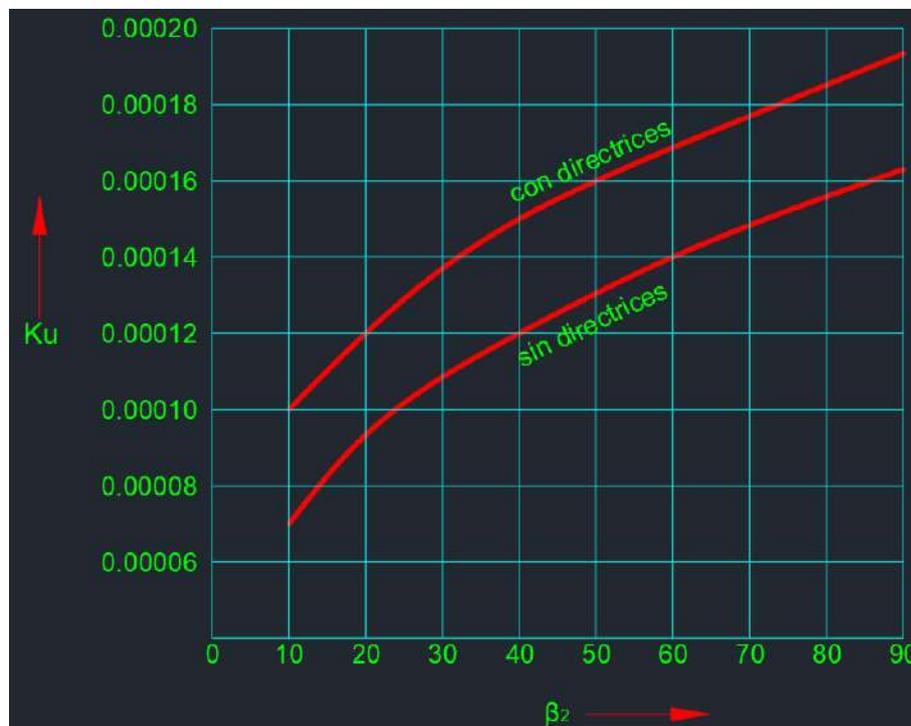


Figura 126 – El coeficiente K_u en función del ángulo β_2 para bombas radiales

Una vez determinado el diámetro exterior d_2 mediante las ecuaciones precedentes, hallamos también (eligiendo una relación conveniente d_2/d_1) el diámetro d_1 .

	<p align="center">DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p align="center">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-101</p>	<p align="center">Rev. 0 Pag. 8 de 67</p>
<p align="center">PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

En cuanto al diámetro d_a del tubo de aspiración, se debe conocer el diámetro del eje d_e y la velocidad de aspiración c_a , para lo cual se adoptan valores $c_a \approx 2 - 6$ m/seg

Para el cálculo del diámetro del eje sería necesario saber la potencia de accionamiento N . Como primera aproximación se puede estimar el rendimiento total η de la bomba, encontrándose por consiguiente la potencia N por:

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{75 \cdot \eta}$$

Para la dimensión del eje hay que tener en cuenta que su flexión (a causa del peso del rodete) no debe ni alcanzar el juego hidráulico en el intersticio J , ni apoyarse marcadamente en el eje sobre los prensaestopas para evitar desgastes rápidos. Además, su número crítico de revoluciones no debe encontrarse próximo al número de revoluciones de servicio de la bomba. Evidentemente, la determinación exacta de los diámetros del eje es un problema aparte. En general, y para lograr una idea más o menos correcta de d_e , se supone para el cálculo previo del eje una tensión de torsión τ bastante reducida, o sea para bombas con distancias de los soportes un valor:

$$\tau \approx 150 - 200 \text{ kg/cm}^2$$

Y para bombas largas (de múltiples escalones) un valor:

$$\tau \approx 70 - 90 \text{ kg/cm}^2$$

Con la potencia aproximada N y la tensión admisible τ resulta entonces el diámetro del eje:

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_d}{\pi \cdot \tau}} \quad [cm] \quad \text{: (Ec. 134)}$$

Siendo M_d el momento de torsión que se obtiene de

$$M_d = 71.620 \cdot \frac{N}{n} \quad [cm \cdot kg] \quad \text{: (Ec. 135)}$$

Finalmente hallamos el diámetro del tubo de aspiración por

$$Q + Q''_j \approx Q = (d_a^2 - d_e^2) \cdot \frac{\pi}{4} \cdot c_a$$

O sea

$$d_a = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot c_a} + d_e^2} \quad \text{: (Ec. 136)}$$

	<p align="center">DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m)</p> <p align="center">BOMBAS CENTRIFUGAS OH2</p> <p align="center">DE ACUERDO A API 610</p>	<p align="center">UTN FRA Nº:</p> <p align="center">2020-G1-T2-GE-000-101</p>	<p align="center">Rev. 0</p> <p align="center">Pag. 9 de 67</p>
<p align="center">PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

Este diámetro debe ser bastante menor que d_1 para que forme un codo suave en la entrada del rodete y las paletas no tengan cantos de entrada en este codo, donde existe una velocidad elevada de la corriente (potencial) cerca de la pared exterior.

El ancho b_1 del rodete se determina según la ecuación de continuidad:

$$b_1 \cdot d_1 \cdot \pi \cdot c_{0m} = Q + Q_j$$

Si el borde de entrada se halla bastante lejos del codo de entrada, la velocidad meridional c_{0m} se torna prácticamente igual a c_0 . Encontramos, pues para el ancho b_1 :

$$b_1 = \frac{Q}{\eta_v} \cdot \frac{1}{d_1 \cdot \pi \cdot c_0} \quad ; (Ec. 137)$$

Es usual adoptar para la velocidad c_0 la misma magnitud que para c_a , o hacerla un poco más grande que c_a . Por una parte, se quiere evitar que una velocidad elevada de ataque del flujo en los bordes de entrada de las paletas origine pérdidas sensibles por “choque”. Además, una velocidad elevada aumenta fuertemente el peligro de la cavitación y disminuye la altura de aspiración. Por otra parte, no conviene retardar la corriente justamente en el codo de entrada para evitar las consecuencias perjudiciales que intervendrían en forma marcada en este lugar respecto a desprendimientos de la capa límite. En síntesis, resulta una velocidad meridional c_0 según:

$$c_0 = k \cdot c_a$$

Siendo normalmente $k \approx 1.0$ a 1.05

La determinación del ángulo de entrada β_1 de los alabes exige conocimiento de la velocidad c_1 , porque:

$$\tan \beta_1 = \frac{c_1}{u_1}$$

Pero depende del estrechamiento del flujo, lo que quiere decir que, para cierto número de paleta z y cierto espesor s_1 de estas, la velocidad c_1 depende a su vez del ángulo β_1 porque:

$$c_1 = c_0 \cdot \tau_1$$

Y

$$\tau_1 = \frac{t_1 \cdot \sin \beta_1}{t_1 \cdot \sin \beta_1 - s_1}$$

$$t_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_1}{z}$$

Encontramos pues:

$$\tan \beta_1 = \frac{c_0 \cdot \tau_1}{u_1}$$

	<p align="center">DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p align="center">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-101</p>	<p align="center">Rev. 0 Pag. 10 de 67</p>
<p align="center">PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

O sea:

$$\tan \beta_1 = \frac{c_0}{u_1} \cdot \frac{t_1 \cdot \sin \beta_1}{t_1 \cdot \sin \beta_1 - s_1}$$

Desarrollando esta relación se tiene:

$$\sin \beta_1 - \frac{s_1}{t_1} = \frac{c_0}{u_1} \sqrt{1 - \sin^2 \beta_1}$$

O sea:

$$\left[1 + \left(\frac{c_0}{u_1} \right)^2 \right] \cdot \sin^2 \beta_1 - 2 \cdot \frac{s_1}{t_1} \cdot \sin \beta_1 = \left(\frac{s_1}{t_1} \right)^2 - \left(\frac{c_0}{u_1} \right)^2$$

Y la solución de esta ecuación de segundo grado la hallamos por:

$$\sin \beta_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{c_0}{u_1} \right)^2} \cdot \left[\frac{s_1}{t_1} + \frac{c_0}{u_1} \sqrt{1 + \left(\frac{c_0}{u_1} \right)^2 - \left(\frac{s_1}{t_1} \right)^2} \right] \quad \text{: (Ec. 138)}$$

En el caso presente (entrada radial: $\alpha_1 = 90^\circ$) se logra, pues, la determinación de β_1 en forma puramente analítica. En general, siendo $\alpha_1 \neq 90^\circ$, hay que estimar el coeficiente de estrechamiento, calcular y β_1 y probar si este ángulo resulta con τ_1 . La estimación de τ_1 se facilita por medio del cálculo del valor de estrechamiento τ_0 en base al ángulo β_0 :

$$\tan \beta_0 = \frac{c_0}{u_1}$$

Según:

$$\tau_0 = \frac{t_1 \cdot \sin \beta_0}{t_1 \cdot \sin \beta_0 - s_1}$$

El coeficiente real τ_1 será un poco menor que τ_0 , siendo evidentemente β_1 mayor que β_0 . Para evitar canales demasiado estrechos en la entrada del rodete, el ángulo β_1 debe ser por lo menos de 15° , es decir:

$$\beta_1 \geq 15^\circ$$

En caso contrario se tuene que aumentar la velocidad c_1 , es decir, reducir el ancho b_1 .

Para realizar estos cálculos hay que elegir cierto número de paletas z y el espesor s_1 de las mismas. Naturalmente se adoptará un espesor, lo más delgado posible, respecto a las posibilidades de construcción de las paletas. En cuanto al número de alabes z , la siguiente figura (Fig.127) muestra valores de z en función del ángulo medio de las paletas:

$$\beta_m = \frac{(\beta_1 + \beta_2)}{2}$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Para diversas relaciones de los diámetros d_2/d_1 . Estos valores se han establecido según la experiencia de la practica; son aproximadamente coincidentes con la condición para el numero óptimo. Pero para poder utilizar este diagrama hay que conocer el ángulo de salida β_2 de las paletas, que normalmente resulta al fin del cálculo. Con otras palabras, no queda otro remedio que estimar z .

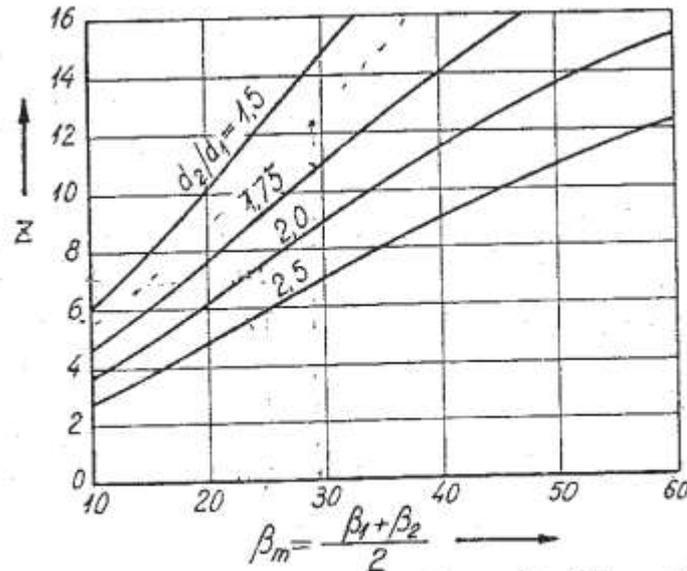


FIG. 127. — Determinación del número de álabes en función del ángulo medio β_m de las paletas para bombas radiales.

Al introducir en la ecuación fundamental:

$$H_{t\infty} = \frac{u_2}{g} \cdot c_{2u}$$

La relación que resulta de la figura 100:

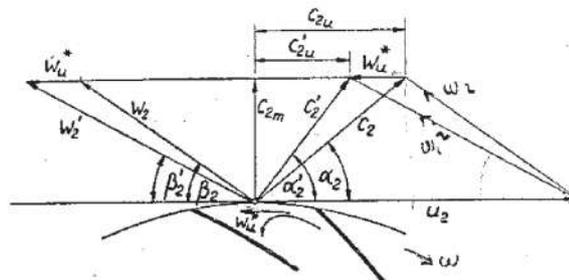


FIG. 100. — Diagrama de velocidad de salida considerando el número finito de álabes, teniendo en cuenta el remolino relativo.

$$c_{2u} = u_2 - \frac{c_{2m}}{\tan \beta_2}$$

Logramos:

$$H_{t\infty} = \frac{u_2^2}{g} \cdot \left(1 - \frac{c_{2m}}{u_2} \cdot \cotan \beta_2 \right) \quad \text{: (Ec. 139)}$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

O sea, para el ángulo β_2 resulta:

$$\tan \beta_2 = \frac{u_2 \cdot c_{2m}}{u_2 - H_{t\infty} \cdot g} \quad ; (Ec. 140)$$

A su vez tenemos que deducir la altura teórica de Euler $H_{t\infty}$ por:

$$H_{t\infty} = H \cdot \frac{\Delta_p}{\eta_h}$$

En la que hay que estimar el rendimiento hidráulico η_h .

En cuanto al coeficiente de la corrección Δ_p . Que depende de la ecuación (98) de la forma de las paletas, desconocida todavía, se puede adoptar para este cálculo previo de aproximación los valores de los diagramas de la siguiente figura:

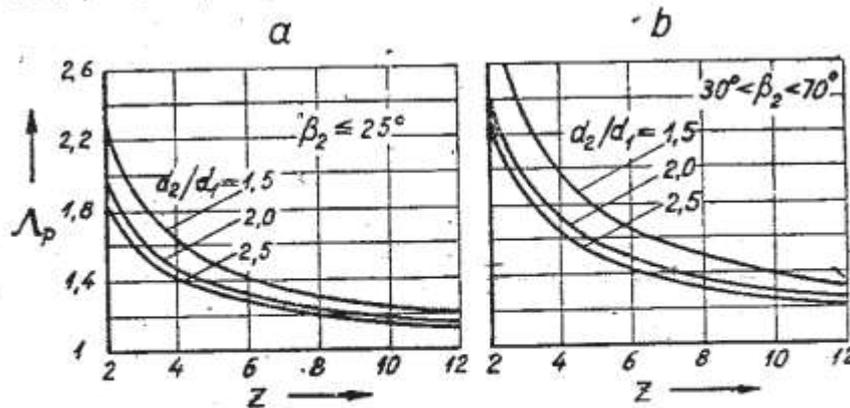


FIG. 128. — El factor de corrección aproximado Δ_p para bombas centrifugas en función del número de paletas z , de la relación de los diámetros del rodete d_2/d_1 y de los ángulos de salida β_2 .

En la ecuación 140 encontramos los tres valores u_2 , c_{2m} y β_2 que determinan la altura teórica de Euler. Siendo la velocidad meridional c_{2m} una función del ancho b_2 del rodete:

$$b_2 = \frac{Q}{\eta_v} \cdot \frac{1}{\pi \cdot d_2 \cdot c_{2m} \cdot \tau_2} \quad ; (Ec. 141)$$

Tenemos tres posibilidades para determinar la forma completa del rodete en su circunferencia exterior:

1. Podemos elegir u_2 (por ejemplo, en base a un cálculo previo por la ecuación 133) y fijar cierto ancho b_2 o respectivamente cierta velocidad c_{2m} .
2. Podemos elegir u_2 y prescribir cierto ángulo β_2
3. Podemos elegir el ángulo β_2 y cierta velocidad c_{2m} y respectivamente cierto ancho b_2 .

De la ecuación 140 deducimos para el caso 1, donde los valores u_2 y b_2 (c_{2m}) están supuestos, la solución para la incógnita β_2 .

$$\tan \beta_2 = \frac{c_{2m}}{u_2 - \frac{g}{u_2} \cdot H_{t\infty}} \quad ; (Ec. 142)$$

	<p align="center">DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p align="center">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-101</p>	<p align="center">Rev. 0 Pag. 13 de 67</p>
<p align="center">PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

Si se refiere a c_{2m} , e introduciendo la ecuación 141 si se adopta el ancho b_2 .

:

$$\tan \beta_2 = \frac{Q}{\eta_v} \cdot \frac{1}{u_2 - \frac{g}{u_2} \cdot H_{t\infty}} \cdot \frac{1}{\pi \cdot d_2 \cdot c_{2m} \cdot \tau_2} \quad ; (Ec. 143)$$

En el caso 2, en que se adoptan u_2 y β_2 , resulta de la ecuación 140:

$$c_{2m} = \tan \beta_2 \cdot \left(u_2 - \frac{g}{u_2} \cdot H_{t\infty} \right) \quad ; (Ec. 144)$$

O sea:

$$b_2 = \frac{Q}{\eta_v} \cdot \frac{1}{\pi \cdot d_2 \cdot \tau_2} \cdot \frac{1}{\tan \beta_2 \cdot \left(u_2 - \frac{g}{u_2} \cdot H_{t\infty} \right)} \quad ; (Ec. 145)$$

Para el caso 3, con determinados valores para β_2 y c_{2m} (respectivamente b_2) hallamos conforme a la ecuación 140:

$$u_2^2 = \frac{c_{2m}}{2 \cdot \tan \beta_2} + \sqrt{\left(\frac{c_{2m}}{2 \cdot \tan \beta_2} \right)^2 + g \cdot H_{t\infty}} \quad ; (Ec. 146)$$

En la que se puede reemplazar fácilmente c_{2m} por b_2 por medio de la fórmula 141. En cuanto a c_{2m} es conveniente tomarlo más o menos en una gama entre c_0 y c_1 .

En todas las relaciones que incluyen el ancho b_2 interviene también el coeficiente de ensanchamiento τ_2 , que a su vez depende del ángulo β_2 . En el caso 1, donde resta calcular β_2 no queda otro remedio que estimar τ_2 y probarlo después de haber fijado β_2 . Si los bordes de las paletas son afiladas (ver figura 119) se toma $\tau_2=1$.

Es de importancia el ángulo de salida α_3 que nos da la dirección de salida del flujo absoluto y que hallamos según la figura 120, por la relación:

$$\tan \alpha_3 = \frac{c_{3m}}{c_{3u}}$$

Siendo

$$H_t = \frac{u_2}{g} \cdot c_{3u} = \frac{H_{t\infty}}{\Delta_p}$$

Resulta

$$\tan \alpha_3 = \frac{\Delta_p}{g \cdot H_{t\infty}} \cdot u_2 \cdot c_{2m} \cdot \tau_2 \quad ; (Ec. 147)$$

	DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610	UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-101	Rev. 0 Pag. 14 de 67
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Este ángulo α_3 debe ser mayor que $\approx 5^\circ$ para bombas con directrices y debe ser mayor que $\approx 12^\circ$ para bombas que solo poseen una caja espiral.

Una vez determinada la forma de salida del rodete, se debe comprobar el número de paletas z , elegido al principio del cálculo por medio de la figura 127. Si difiere esencialmente de las indicaciones que da ese diagrama, hay que rectificar el cálculo en base a un nuevo número z mejorado. Por fin, puede volverse a calcular el coeficiente de corrección Δ_p , aprovechando las formulas (98) y (100). Con esto se logra, naturalmente, una buena comprobación del cálculo, que hasta ahora se apoyaba solamente sobre los valores en primera aproximación de la figura 125, o respectivamente en los de la figura 128.

Se reconoce que la determinación de las dimensiones principales de un rodete radial exige un cálculo por tanteos hasta que por fin resulte un rodete que cumpla con las diferentes condiciones que, por una parte, señala la experiencia, y por otra el constructor impone a menudo de antemano.

Donde:

- H → Altura de elevación efectiva
- Q → Caudal
- γ → Densidad del fluido
- η → Rendimiento total de la bomba
- η_v → Rendimiento Volumétrico
- c_a → Velocidad de aspiración
- c_{0m} → Velocidad Meridional
- g → Aceleración de la gravedad específica
- μ → Relación de la altura efectiva a una “altura de velocidad” que corresponde a la velocidad u_2 en la circunferencia exterior del rodete.
- d_1 → Diámetro interior del rodete
- d_2 → Diámetro exterior del rodete
- d_a → Diámetro del tubo de aspiración
- d_e → Diámetro del eje
- b_1 → Ancho garganta salida rodete
- b_2 → Ancho garganta entrada rodete
- α_3 → Angulo dirección de salida del flujo absoluto
- β_1 → Angulo entrada rodete
- β_2 → Angulo salida rodete
- τ_2 → Coeficiente de ensanchamiento
- n → Numero de revoluciones del motor / eje
- N → Potencia de accionamiento
- τ → tensión de torsión en el eje
- M_d → Momento de torsión
- k → Coeficiente para Velocidad Meridional (1.0 a 1.05).

	DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610	UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-101	Rev. 0 Pag. 15 de 67
	PROYECTO FINAL – GRUPO N°01		

BCV 01: Desarrollo de Cálculos

Primera Aproximación:

$Q=253 \text{ m}^3/\text{h} = 0.07027 \text{ m}^3/\text{seg} = 70.2778 \text{ lts /seg}$
 $H=64 \text{ mts}$

Para los cálculos utilizaremos 5 cifras significativas

Potencia de accionamiento

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{75 \eta}$$

$$Q = 253 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 70,27 \frac{\text{l}}{\text{seg}}$$

$\eta = \text{adoptamos } 0,8 \text{ de los máximos en los gráficos de fabricantes}$

$$\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$H = 64 \text{ m}$$

$$N = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,070278 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \cdot 64 \text{ m}}{75 \cdot 0,8} = 74,9632 \text{ CV} \cong 75 \text{ CV}$$

Diámetro del eje

Cálculo por torsión pura:

El momento torsor que va a resistir es:

$$M_d = 71620 \frac{N}{n} = 71620 \cdot \frac{75 \text{ CV}}{3000 \text{ rpm}} = 1790,5 \text{ kgcm}$$

Debemos adoptar el material para obtener la tensión admisible necesaria para calcular el diámetro del eje. Para esto ingresamos en la norma API 610 12th edition (2021) Anexo G: *Material Class Selection Guidance*

Primero seleccionamos el tipo de servicio de la bomba para obtener la clase de material ingresando a la tabla G.1

	DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610	UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-101	Rev. 0 Pag. 16 de 67
	PROYECTO FINAL – GRUPO N°01		

Table G.1—Materials Class Selection Guidance

Service	Temperature Range		Pressure Range	Materials Class	Ref. Note
	°F	°C			
Fresh water, condensate, cooling tower water (pH > 6)	< 200	< 93	All	S-5	—
Process water (pH > 6)	< 200	< 93	All	S-5 or S-6	a
Boiling water and boiler feedwater (pH > 6)	> 200	> 93	All	S-6 or C-6	a
Boiler circulator (pH > 6)	> 200	> 93	All	C-6	—
Foul water, reflux drum water, water draw, and hydrocarbons containing these waters, including reflux streams	< 350	< 175	All	S-8 or S-6	b
	> 350	> 175	All	C-6	—

Obtenemos **Material Class: S-5 o S-6**

Con esta clasificación ingresamos a la tabla H1 e intersectamos con la parte de la bomba en cuestión que en este caso es el eje de la misma (shaft)

Table H.1—Material Classes for Pump Parts

Part	Material Classes and Abbreviations										
	Material Class	S-4 ^k	S-5 ^k	S-6 ^{fk}	S-8 ^k	S-9 ^k	C-6	A-7	A-8	D-1 ⁱ	D-2 ⁱ
	Full Compliance Material ^{ab}	STL	STL	STL	STL	STL	12 % CR	AUS	316 AUS	Duplex	Super Duplex
	Trim Material ^{ab}	STL	STL 12 % CR	12 % CR	316 AUS	Ni-Cu Alloy	12 % CR	AUS ^{cd}	316 AUS ^d	Duplex	Super Duplex
Pressure casing	Yes	Carbon steel	Carbon steel	Carbon steel	Carbon steel	Carbon steel	12 % CR	AUS	316 AUS	Duplex	Super duplex
Inner case parts (bowls, diffusers, diaphragms)	No	Carbon steel	Carbon steel	12 % CR	316 AUS	Ni-Cu alloy	12 % CR	AUS	316 AUS	Duplex	Super duplex
Impeller	Yes	Carbon steel	Carbon steel	12 % CR	316 AUS	Ni-Cu alloy	12 % CR	AUS	316 AUS	Duplex	Super duplex
Case wear rings ^j	No	Cast iron	12 % CR hardened	12 % CR hardened	Hard-faced 316 AUS ^e	Ni-Cu alloy	12 % CR hardened	Hard-faced AUS ^e	Hard-faced 316 AUS ^e	Hard-faced duplex ^e	Hard-faced super duplex ^e
Impeller wear rings ^j	No	Cast iron	12 % CR hardened	12 % CR hardened	Hard-faced 316 AUS ^e	Ni-Cu alloy	12 % CR hardened	Hard-faced AUS ^e	Hard-faced 316 AUS ^e	Hard-faced duplex ^e	Hard-faced super duplex ^e
Shaft ^d	Yes	Carbon steel	4140 alloy steel	12 % CR	316 AUS	Ni-Cu alloy	12 % CR	AUS	316 AUS	Duplex	Super duplex
Throat bushings ^j	No	Cast iron	12 % CR hardened	12 % CR hardened	316 AUS	Ni-Cu alloy	12 % CR hardened	AUS	316 AUS	Duplex	Super duplex

Obtenemos **Acero aleado SAE 4140**

Ingresando con este material y el formato del mismo (barra) e intersectando con la normativa ASTM, que es la que utilizaremos en el proyecto, obtenemos el material.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Table H.2—Material Specifications for Pump Parts

Material Class	Applications	ISO	USA		Europe			Japan
			ASTM	UNS ^a	EN ^b	Grade	Material No.	JIS
Cast iron	General castings	185 Gr 300	A48/A48M Class 25/30/40	F11701/F 12101	EN 1561	EN-GJL-250 EN-GJL-300	JL 1040JL 1050	G 5501 FC 250/300
Carbon steel	Wrought/ forgings	683-18-C25	A266 Class 4	K03506	EN 10222-2	P 280 GH	1.0426	G 3202, CI SFVC 2A
	Pressure castings	4991 C23-45 AH	A216/A216M Gr WCB	J03002	EN10213	GP 240 GH	1.0619	G 5151, CI SCPH 2
	Bar stock: pressure	683-18-C25	A696 Gr B	G10200	EN 10273	P 295 GH	1.0481	G 4051, CI S25C
	Bar stock: general	683-18-C45e	A576 Gr 1045	G10450	EN 10083-2	C 45	1.0503	G 4051, CI S45C
	Bolts and studs	2604-2-F31	A193/A193M Gr B7	G41400	EN 10269	42 Cr Mo 4	1.7225	G 4107, Class 2, SNB7
	Nuts	683-1-C45	A194/A194M Gr 2H	K04002	EN 10269	C 35 E	1.1181	G 4051, CI S45C
	Plate	9328-4, P 355 TN/ PL 355 TN	A516/A516M Gr 65/70	K02403/ K02700	EN 10028-3	P 355 N P 355 NL1	1.0562 1.0566	G 3106, Gr SM400B
	Pipe	9329-2 PH26	A106/A106M Gr B or C	K03006	EN 10208-1	L 245 GA	1.0459	G 3456, Gr STPT 370/410
Fittings	—	—	A105/A105M	K03504	—	—	—	G 4051 S25C G 3202 SFVC 2A G 3202 SFVC2B
	—	—	A234/234M Gr WPB/WPC	K03006/K 03501	—	—	—	
4140 alloy steel	Bar stock	—	A434 Class BB A434 Class BC	G41400 ^c	EN 10083-1	42 Cr Mo 4	1.7225	G 4105, CI SCM 440
	Bolts and studs	2604-2-F31	A193/A193M Gr B7	G41400	EN 10269	42 Cr Mo 4	1.7225	G 4107, Class 2, SNB7
	Nuts	683-1-C45	A194/A194M	K04002	EN 10269	C 45 E	1.1191	G 4051, CI S45C

El material adoptado es: **ASTM A434 Clase BB**

Ingresando a las especificaciones del material ASTM A434 obtenemos la tension de fluencia del mismo

 **A 434**

TABLE 1 Tensile Properties

NOTE 1—The mechanical properties of hot-wrought bars ordered for cold finishing, shall be governed by the cold-finished size.

Class	Diameter, in. (mm)	Yield Strength, min, ksi (MPa) ^d	Tensile Strength, min, ksi (MPa)	Elongation in 2 in. or 50 mm, min, %	Reduction of Area, min, %	SAE or AISI Representative Grade Types ^e
BB ^c	1½ (38.1) and under	90 (620)	110 (760)	20	50	3100, 4100, 8600, 8700
	Over 1½ to 2½ (38.1 to 63.5), incl	80 (550)	105 (720)	20	50	
	Over 2½ to 4 (63.5 to 114), incl	75 (520)	100 (690)	20	50	
	Over 4 to 7 (114 to 178), incl	75 (520)	95 (660)	20	50	
	Over 7 to 9½ (178 to 241.3), incl	65 (450)	90 (620)	18	40	
BC ^c	1½ (38.1) and under	110 (760)	130 (900)	16	50	3100, 4100, 6100, 8600, 8700
	Over 1½ to 2½ (38.1 to 63.5), incl	105 (720)	125 (860)	16	50	
	Over 2½ to 4 (63.5 to 114), incl	95 (660)	115 (790)	16	45	
	Over 4 to 7 (114 to 178), incl	85 (590)	110 (760)	16	45	3100, 4100
	Over 7 to 9½ (178 to 241.3), incl	80 (550)	105 (720)	15	40	4300, 9800
BD ^c	1½ (38.1) and under	130 (900)	155 (1070)	14	35	4100, 4300, 9800
	Over 1½ to 2½ (38.1 to 63.5), incl	120 (830)	150 (1030)	14	35	
	Over 2½ to 4 (63.5 to 114), incl	110 (760)	140 (960)	14	35	
	Over 4 to 7 (114 to 178), incl	105 (720)	135 (930)	14	35	
	Over 7 to 9½ (178 to 241.3), incl	100 (690)	130 (900)	14	35	

^d The carbon content of all steels listed in this column may vary up to 0.55% max, as agreed upon by the manufacturer and the purchaser.

^e Determined by the 0.2% offset method.

^c Class BB, BC, BD hot-wrought; Class BB, BC cold-finished.

	<p style="text-align: center;">DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-101</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pag. 18 de 67</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Vemos que la tensión varía de acuerdo al diámetro del material. Adoptamos una tensión de fluencia de 550 Mpa

$$\sigma_f = 550 \text{ Mpa} = 5608 \text{ kg}'/\text{cm}^2$$

Adoptamos un coeficiente de seguridad de 1,7

$$\sigma_{adm} = 3300 \text{ kg}'/\text{cm}^2$$

$$\sigma_{adm \text{ torsion}} = 1650 \text{ kg}'/\text{cm}^2$$

Si bien los valores de tensión del material nos permitirían adoptar una tensión admisible de 1650 kgm/cm², para el cálculo del eje de la bomba se debe tener en cuenta que la flexión producida a causa del peso del rodete, no debe modificar el juego hidráulico entre el rodete y la caja envolvente. Debido a que este valor de intersticio es muy reducido, para evitar pérdidas, se debe utilizar valores de tensión admisible mucho menores para reducir las deformaciones elásticas. Por lo tanto, se adopta una tensión admisible de $\sigma = 150 \text{ kg}/\text{cm}^2$

Adoptando una tensión admisible de $\sigma = 150 \text{ kg}/\text{cm}^2$

$$d_{eje} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_d}{\pi \cdot \sigma}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1790,5 \text{ kgcm}}{\pi \cdot 150 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}} = 3,93203 \text{ cm}$$

$$d_{eje} = 40 \text{ mm}$$

Lo que significa una tensión efectiva τ :

$$\tau = \frac{16 \cdot M_d}{d_{eje}^3 \cdot \pi} = \frac{16 \cdot 1790,5 \text{ kgcm}}{(4 \text{ cm})^3 \cdot \pi} = 142,4834 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Diámetros del rodete

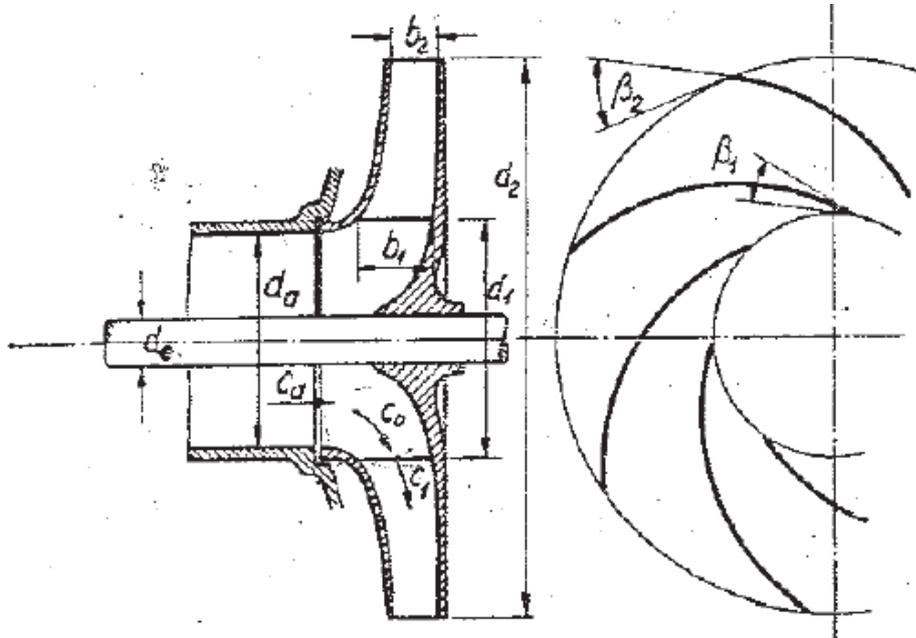


FIG. 124. — Dimensiones principales del rodete radial.

$$d_2 = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{H}{K_u}}$$

Ingresando a la tabla con el ángulo $\beta_2 = 30^\circ$ adoptado e intersectando la curva para bombas sin paletas directrices:

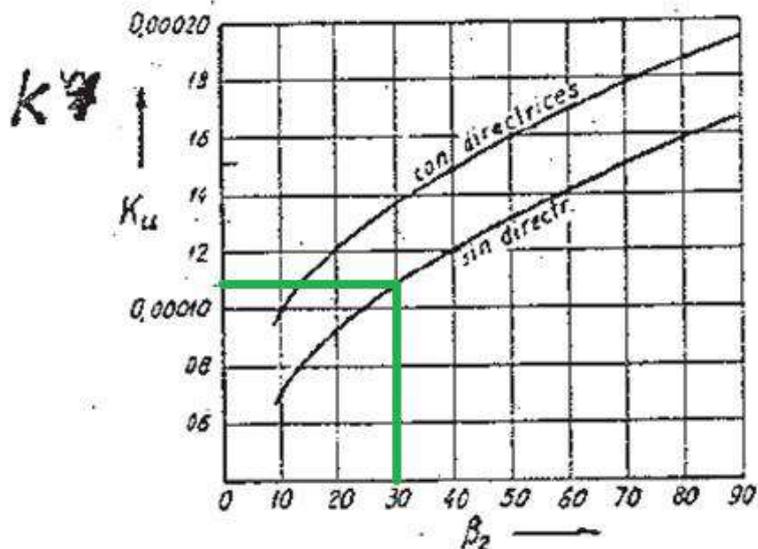


FIG. 126. — El coeficiente K_u en función del ángulo β_2 para bombas radiales.

	<p align="center">DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p align="center">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-101</p>	<p align="center">Rev. 0 Pag. 20 de 67</p>
<p align="center">PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

$$K_u = 0,00011$$

$$d_2 = \frac{1}{3000} \cdot \sqrt{\frac{64m}{0,00011}} = 0,25425m = 254 \text{ mm}$$

Adoptamos la relación $\frac{d_2}{d_1} = 1,7$

$$d_1 = 149,558 \text{ mm} \cong 150 \text{ mm}$$

Procedemos a calcular la velocidad circunferencial u_1

$$u_1 = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot n}{60} = 23,56194 \frac{m}{seg}$$

Diámetro del tubo de aspiración

Para determinar el diámetro de aspiración debemos conocer el diámetro del eje y la velocidad de aspiración.

La velocidad de aspiración $2 \leq C_a \leq 6 \frac{m}{seg}$

Adoptamos $C_a = 5 \frac{m}{seg}$

Caudal de aspiración

$$Q + Q'' = 1,01 \cdot Q = 1,01 \cdot 70,2778 \frac{l}{seg} = 70,9805 \frac{l}{seg}$$

$$d_a = \sqrt{\frac{4 \cdot Q'}{\pi \cdot C_a} + d_{eje}^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 70,9805 \frac{l}{seg}}{\pi \cdot 50 \text{ dm/seg}} + (0,393 \text{ dm})^2} = 1,40267 \text{ dm} = 140 \text{ mm}$$

$$C_a = \frac{4 \cdot Q'}{\pi \cdot (d_a^2 - d_{eje}^2)}$$

Geometría de Alabes

Adoptamos como rendimiento volumétrico

$$\eta_v = 90\%$$

$$C_0 = k \cdot C_a$$

$$1 \leq k \leq 1,05$$

Adoptamos $k=1$

$$C_0 = C_a$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

El **ancho del alabe** b_1 queda según la fórmula:

$$b_1 = \frac{Q}{\eta_v} = \frac{1}{d_1 \cdot \pi \cdot C_0} = \frac{1}{0,15m \cdot \pi \cdot 5 \frac{m}{seg}} = 0,42441m = 42,44 \text{ mm}$$

La determinación de **numero de Alabes** se realiza ingresando al gráfico con el ángulo medio

$$\beta_m = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} = \frac{(15^\circ \sim 20^\circ) + 30^\circ}{2}$$

$$\beta_m = 22,5^\circ \sim 25^\circ$$

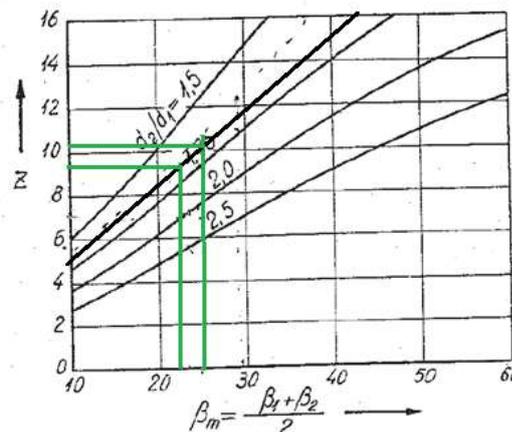


FIG. 127. — Determinación del número de álabes en función del ángulo medio β_m de las paletas para bombas radiales.

$$Z = 10$$

La **separación entre alabes** t_1 queda:

$$t_1 = \frac{d_1 \cdot \pi}{Z} = \frac{150mm \cdot \pi}{10} = 47,1238 \text{ mm}$$

El **espesor de alabes** lo adoptamos $s_1=5 \text{ mm}$

$$\text{sen}(\beta_1) = \frac{1}{1 + \left(\frac{C_0}{u_1}\right)^2} \cdot \left[\frac{s_1}{t_1} + \frac{C_0}{u_1} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{C_0}{u_1}\right)^2 - \left(\frac{s_1}{t_1}\right)^2} \right]$$

$$\text{sen}(\beta_1) = \frac{1}{1 + \left(\frac{5 \frac{m}{seg}}{23,56194 \frac{m}{seg}}\right)^2} \cdot \left[\frac{5mm}{47mm} + \frac{5 \frac{m}{seg}}{23,56194 \frac{m}{seg}} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{5 \frac{m}{seg}}{23,56194 \frac{m}{seg}}\right)^2 - \left(\frac{5mm}{47mm}\right)^2} \right]$$

$$\text{sen}(\beta_1) = 0,3072952 \Rightarrow \beta_1 = 17^\circ 53' > 15^\circ \text{ Se acepta}$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Factor de estrechamiento

$$\tau_1 = \frac{t_1 \cdot \text{sen}(\beta_1)}{t_1 \cdot \text{sen}(\beta_1) - s_1} = \frac{47\text{mm} \cdot 0,3072952}{47\text{mm} \cdot 0,3072952 - 5\text{mm}} = 1,529499$$

$$c_1 = c_0 \cdot \tau_1 = 1,529499 \cdot 5 \frac{\text{m}}{\text{seg}} = 7,647495 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Velocidad circunferencial

$$u_2 = \frac{d_2}{d_1} \cdot u_1 = 1,723,56194 \frac{\text{m}}{\text{seg}} = 40,055298 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Adoptamos velocidad meridional $C_{2m} = 7 \text{ m/seg}$, mayor que C_0 y menor que C_1 .

Factor de corrección aproximado Δp

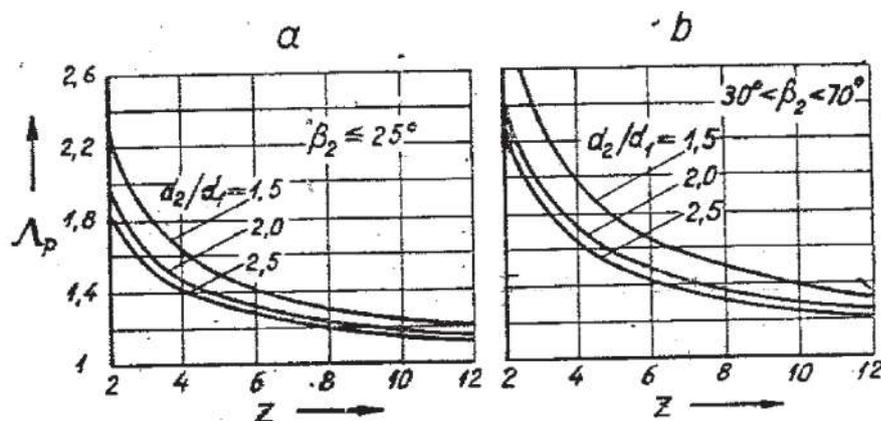


FIG. 128. — El factor de corrección aproximado Λ_p para bombas centrifugas en función del número de paletas z , de la relación de los diámetros del rodete d_2/d_1 , y de los ángulos de salida β_2 .

Figura 128 (a)

$$\Delta p = 1,35$$

Altura teórica de Euler $H_{t\infty}$

$$\eta_h = e/76 \text{ y } 87\%$$

Adoptamos un rendimiento hidráulico $\eta_h = 76\%$

$$H_{t\infty} = H \cdot \frac{\Delta p}{\eta_h} = 64 \cdot \frac{1,35}{0,76} = 113,6842 \text{ m}$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Ancho b_2 del rodete

Elegimos una construcción con paletas afiladas, $\tau_2 = 1$

$$b_2 = \frac{Q}{\eta_v} \cdot \frac{1}{d_2 \cdot \pi \cdot C_{2m}} = \frac{70,278}{0,90} \cdot \frac{1}{2,54 \cdot \pi \cdot 70} = 0,13979 \text{ dm} = 13,979 \text{ mm}$$

Redondeamos $b_2 = 14 \text{ mm}$

Corrección de la velocidad meridional a la salida

$$C_{2m} = C_{3m} = 7 \cdot \frac{13,979}{14} = 6,9895 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

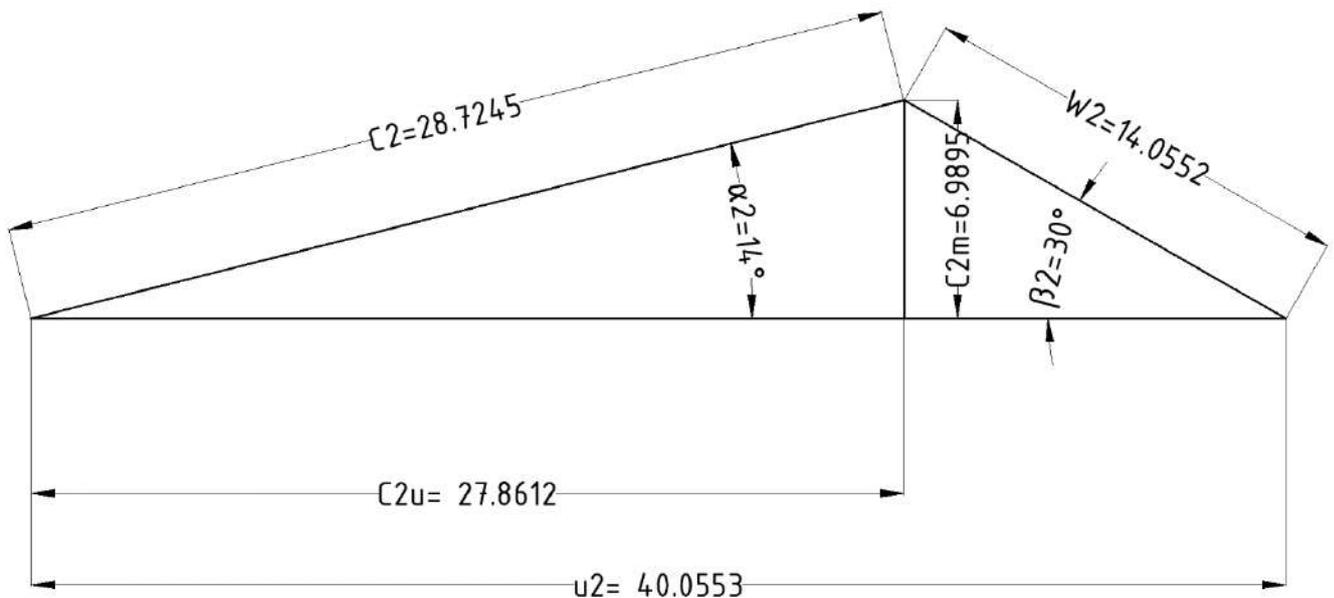
Angulo de salida β_2

$$\tan \tan \beta_2 = \frac{Q}{\eta_v} \cdot \frac{1}{u_2 - \frac{g}{u_2} \cdot H_{t\infty}} \cdot \frac{1}{d_2 \cdot \pi \cdot b_2} =$$

$$\tan \tan \beta_2 = \frac{70,278}{0,9} \cdot \frac{1}{400,52 - \frac{98,1}{400,52} \cdot 1136} \cdot \frac{1}{2,54 \cdot \pi \cdot 0,14} = 0,573329$$

$$\beta_2 = 29^\circ 49' \cong 30^\circ \text{ adoptado}$$

Triangulo de velocidades de salida teóricos



Luego aplicando el factor de corrección por la influencia del número finito de paletas obtenido del método Pfeleiderer (Δp), se obtienen los parámetros de velocidades reales

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

$$\tan \alpha_3 = \frac{\Delta p}{g \cdot H_{t\infty}} \cdot u_2 \cdot C_{2m} \cdot \tau_2 =$$

$$\tan \alpha_3 = \frac{1,35}{9,81 \cdot 113,68} \cdot 40,052 \cdot 6,989 = 0,3388$$

$$\alpha_3 = 18^\circ 43'$$

$$C_{2u} = u_2 - \frac{C_{2m}}{\tan \beta_2} = 40,52 - \frac{6,989 \frac{m}{seg}}{0,573329} = 27,86117 \frac{m}{seg}$$

$$C_{3u} = \frac{C_{2u}}{\Delta p} = \frac{27,86117 \frac{m}{seg}}{1,35} = 20,63790 \frac{m}{seg}$$

$$C_3 = \frac{C_{3u}}{\cos \alpha_3} = \frac{20,63790 \frac{m}{seg}}{\cos 18^\circ 43'} = 21,7988 \frac{m}{seg}$$

$$w^*_u = C_{2u} - C_{3u} = (27,86117 - 20,63790) \frac{m}{seg} = 7,22327 \frac{m}{seg}$$

Método de Stoloda

TABLA 5. — El factor K_R para bombas centrífugas.

β_2	10	20	30	40	60	90
z 4-8	1,4	1,1	0,9	0,75	0,60	0,55
z 8-16	1,4	1,15	1,0	0,85	0,70	0,65

(página 144)

$$w^*_u = K_R \frac{\pi \cdot \beta_2}{Z} \cdot u_2 = 1 \cdot \frac{\pi \cdot 29^\circ 49'}{10} \cdot 40,52 = 7,2983 \frac{m}{seg}$$

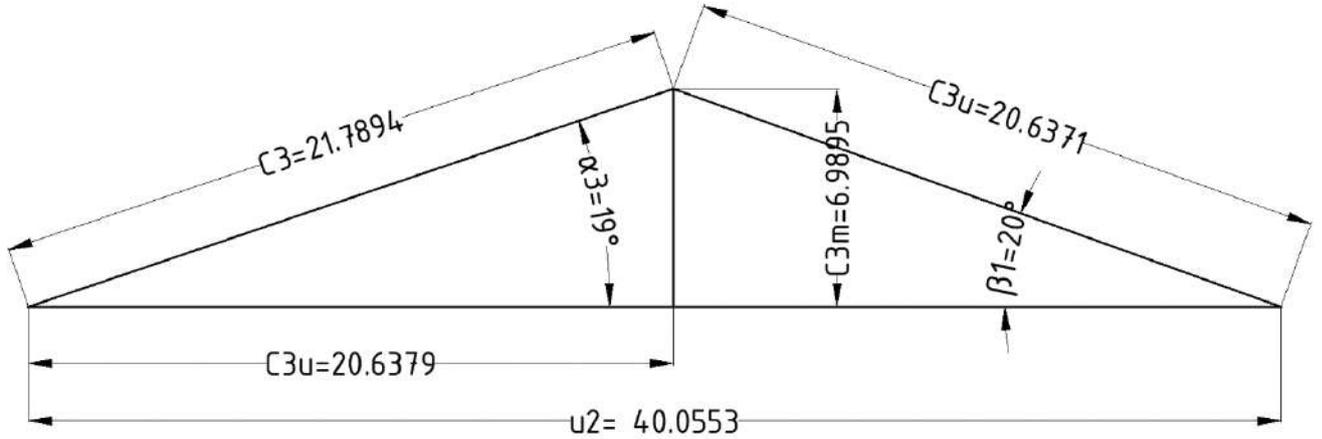
Coefficiente de corrección Δ_s (influencia del numero finito de paletas)

$$\Delta_s = 1 + \frac{w^*_u}{C_{2u} - w^*_u} = 1 + \frac{7,2983 \frac{m}{seg}}{27,86117 \frac{m}{seg} - 7,2983 \frac{m}{seg}} = 1,354926$$

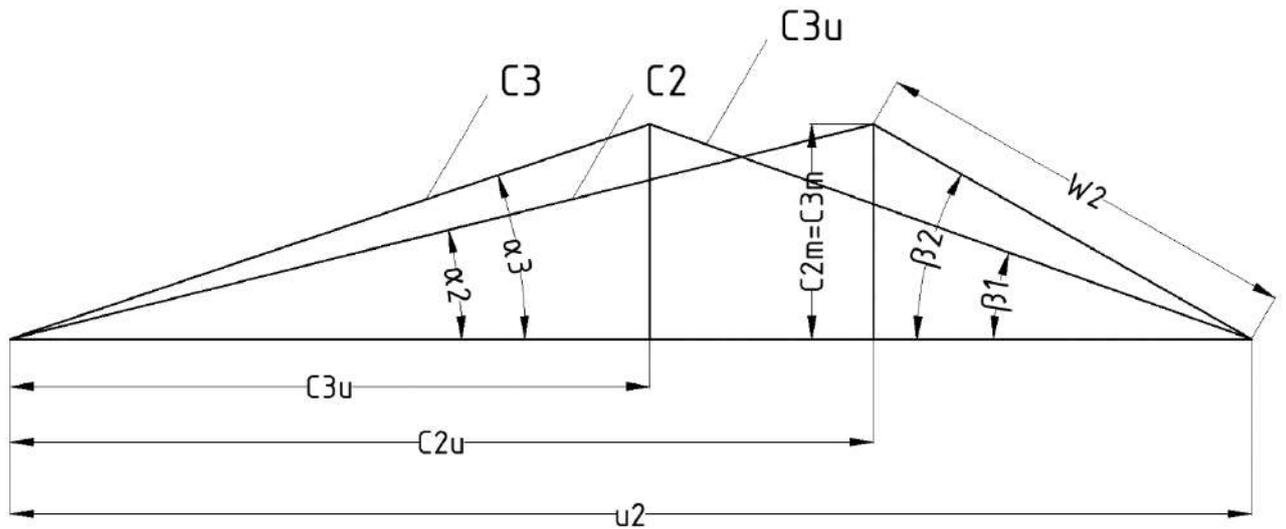
Lo que puede considerarse bastante concordante con $\Delta_p = 1.35$, teniendo en cuenta el valor aproximado de K_R

Triangulo de velocidades real

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01



Triángulos de velocidades superpuestos



A continuación, probamos si las relaciones entre los diferentes diámetros son razonables.

$$N_R \approx \frac{1.5}{10^{10}} \cdot \gamma \cdot n^3 \cdot d_2^4 \cdot (d_2 + 5e)$$

NR = Potencia de rozamiento del disco ó Potencia debida a la viscosidad.

e = e1 + e2 + e3 + Para nuestro caso, adoptamos e = 10 mm

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

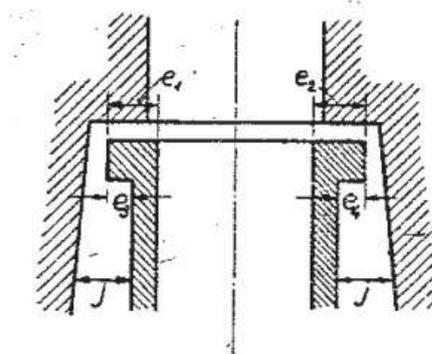


FIG. 121. — Esquema para el cálculo de la potencia de rozamiento del rodete.

$$e = e_1 + e_2 + e_3 + e_4,$$

$$N_R \approx \frac{1.5}{10^{10}} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 3000^3 rpm \cdot 0,254^4 mts \cdot (0,254 mts + 5 \cdot 0,010 mts)$$

$$N_R \approx 5.124641 CV$$

Y hallamos la relación:

$$\frac{N_R}{N} = \sigma = \frac{5.124641 CV}{74.96 CV} = 0.068383$$

O sea, el rozamiento del disco absorbe 6.83% de la potencia de accionamiento. Este valor alto resulta en primer lugar, a causa del número de revoluciones elevado.

Suponiendo una pérdida por rozamiento mecánico del 2,5%, o sea un rendimiento mecánico $\eta_m = 97.5\%$, encontramos para el rendimiento total:

$$\eta = \eta_h \cdot \eta_v \cdot (\eta_m - \sigma)$$

$$\eta = 0,76 \cdot 0,90 \cdot (0,975 - 0.068)$$

$$\eta = 0.62 = 62\%$$

Es decir, un valor bastante menor que el del rendimiento total elegido al principio del cálculo. Evidentemente la bomba exigirá mayor potencia de accionamiento. Por lo tanto, despejamos en base al rendimiento total obtenido, re adoptamos la potencia total necesaria:

	<p align="center">DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p align="center">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-101</p>	<p align="center">Rev. 0 Pag. 27 de 67</p>
<p align="center">PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

$$N = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,070278 \frac{m^3}{seg} \cdot 64m}{75 \cdot 0,62} = 96,73 CV$$

Encontramos la coincidencia de los cálculos con una potencia de accionamiento $N \approx 97 CV$ y un rendimiento total $\eta = 62\%$. Nada se altera en cuanto a la bomba y sus dimensiones. Naturalmente con el mismo eje ya elegido aumentan las tensiones en esta hasta:

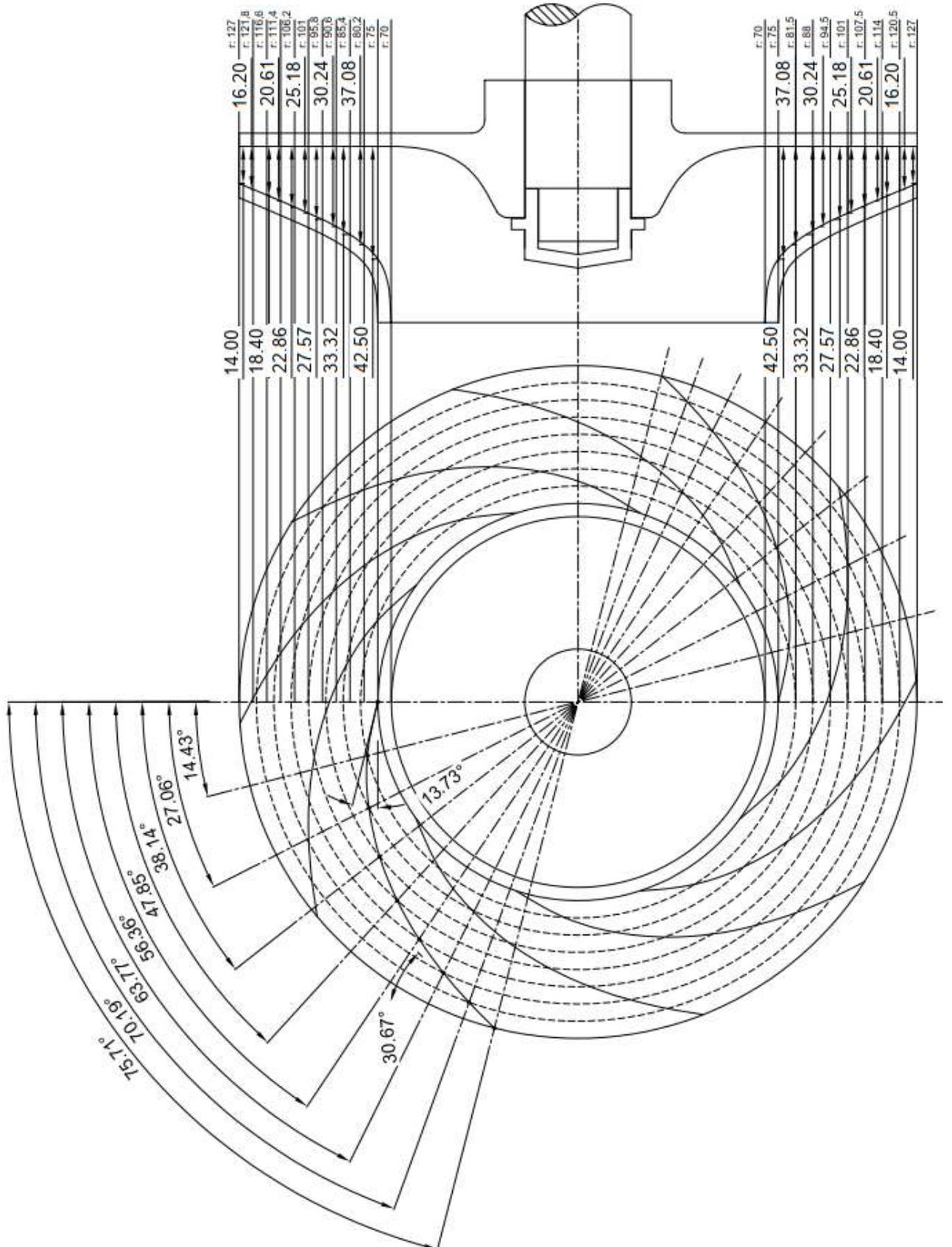
$$\tau = 142,4834 \frac{kg}{cm^2} \cdot \frac{96.73 CV}{74.96 CV}$$

$$\tau = 183,86 \frac{kg}{cm^2}$$

Es decir, un valor que es completamente admisible.
En base a los valores obtenidos, realizamos el esquema del rodete.

- $d_{eje} = 40 \text{ mm}$
- $d_1 = 150 \text{ mm}$
- $d_2 = 254 \text{ mm}$
- $d_a = 140 \text{ mm}$
- $b_1 = 42.5 \text{ mm}$
- $b_2 = 14 \text{ mm}$
- $Z = 10$
- $S_1 = 5 \text{ mm}$ (espesor)
- $T_1 = 47.1238 \text{ mm}$ (solo para chequear)
- $\beta_1 = 17^\circ 53'$
- $\beta_2 = 30^\circ$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01



	<p style="text-align: center;">DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-101</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pag. 29 de 67</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Cálculo de la voluta - Dimensiones principales

Boca de Succión

Primero se determinan las bridas de succión y de descarga

De acuerdo al diámetro de aspiración del rodete $d_1=150\text{mm}$, se determina:

Db_s= Diámetro brida succión = 6" → Diámetro interior 154.06mm

Con esto se obtiene una Velocidad de succión de:

$$V_{succion} = \frac{Q \cdot 10^4}{\pi \cdot \left(\frac{D_{interior}}{2}\right)^2}$$

$$V_{succion} = \frac{0,0694 \frac{m^3}{seg} \cdot 10^4}{\pi \cdot \left(\frac{15,406 \text{ cm}}{2}\right)^2} = 3,723 \frac{m}{seg} \rightarrow \text{Verifica}$$

Cumpliendo con las velocidades recomendadas de entre 2,7 a 5,5 m/seg

Descarga

El diámetro de descarga se determina de acuerdo a la velocidad recomendada a la salida (e/ 3.6 y 12.2 m/seg).

Con **Db_d= Diámetro brida descarga = 4"** → Diámetro interior 102,26mm

$$V_{descarga} = \frac{Q \cdot 10^4}{\pi \cdot \left(\frac{D_{interior}}{2}\right)^2}$$

$$V_{descarga} = \frac{0,0694 \frac{m^3}{seg} \cdot 10^4}{\pi \cdot \left(\frac{10,226 \text{ cm}}{2}\right)^2} = 8,45 \frac{m}{seg} \rightarrow \text{Verifica}$$

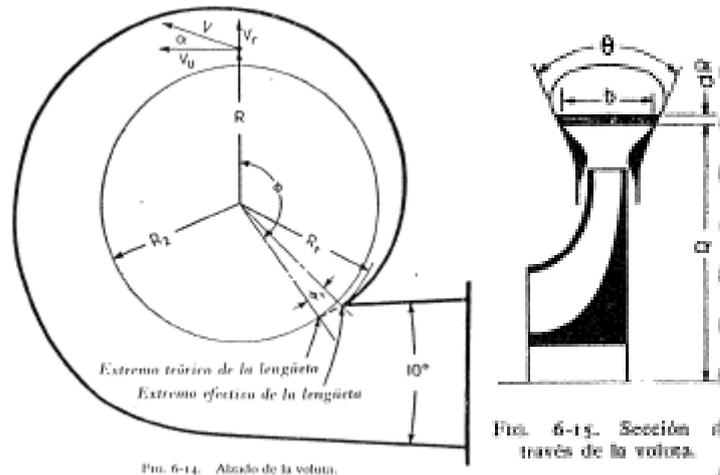
Una vez determinadas las bridas de entrada y salida se proceden al cálculo de la espiral.

Espiral

Para determinar la sección espiral de la carcasa se utiliza el método de secciones triangulares. Este método consiste en asignarle valores de Radios a la carcasa en las distintas secciones. Para esto se comienza desde el radio máximo del mayor rodete admisible para esa carcasa. A partir de ese valor, se va aumentando el radio a lo largo de las secciones formando el caracol característico de la envuelta.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Primero se asignan los radios y luego se aplica la siguiente formula y se obtiene el ángulo ϕ en el que ese radio se encuentra ubicado.



$$\Phi = \frac{360 \cdot R_2 \cdot c'_{2u}}{Q} \cdot \int_{R_2}^R b \cdot \frac{dR}{R}$$

siendo

c'_{2u} = Componente tangencial de la velocidad absoluta de salida

Q = Caudal

b = ancho de alabe

R_2 = Radio maximo de rodete admisible dentro de la carcasa

R = Radio en cada punto de la carcasa

Si colocamos un nombre a la constante que multiplica la integral de la formula tenemos:

$$\Phi = a \int_{R_2}^R b \cdot \frac{dR}{R}$$

siendo

$$a = \frac{360 \cdot R_2 \cdot c'_{2u}}{Q}$$

Para simplificar estos cálculos utilizamos una tabla

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

DATOS												
Q	250 m3/h	Caudal	69,44444444 lts/seg	0,06944444 m3/seg								Ingresar dato manualmente
H	64 m	Altura										Dato calculado automaticamente
d2'	25,4 cm	Diametro mayor que entra en la voluta										
b2	1,4 cm	Ancho de alabe en diametro mayor										
V'u2	27,9 m/seg	Velocidad de salida										
s	0,5 cm	Espesor de alabe										
e	0,2 cm	Huelgo entre carcasa y rodete										
a	202,48704	Constante de la formula										

R [cm]	ΔR [cm]	Rmedio [cm]	b medio [cm]	bΔR/Rmedio [cm]	Δφ [°]	φ0 [°]	ΔA [cm2]	Aφ [cm2]	Qφ [m3/seg]	V media [m/seg]	con perdidas (-)
14,00			1,80			0,00					
	0,30	14,15	1,97	0,04	4,00		0,59				
14,30			2,49	0,15	10,07		2,24	0,59	0,00	13,03	11,73
	0,90	14,60									
15,20			2,61	0,20	76,84	14,07	2,87	2,24	0,00	12,10	10,89
	1,10	14,70									
15,10			3,76	0,55	87,93	90,91	8,65	3,46	0,02	50,67	45,60
	2,30	15,70									
16,30			4,92	1,27	92,70	178,84	12,12	12,12	0,03	28,47	25,63
	4,30	16,70									
18,30			5,78	1,52	308,72	271,54	26,61	24,61	0,05	21,29	19,16
	4,60	17,45									
18,60						487,56		38,72	0,09	24,29	21,86

Quedan así determinados los radios para cada ángulo φ.

Luego se procede al dibujo de las secciones triangulares proyectadas en el plano transversal y su posterior redondeo de vértices. Este cambio de geometría se realiza siempre manteniendo el área requerida para esa sección determinada. $A1^*=A1$

La equivalencia de áreas se realiza mediante mediciones del software AutoCad comparando ambas geometrías, iterando con valores de radios para los vértices

En las 3 dimensiones, se ubica cada una de estas secciones de acuerdo al ángulo φ de la tabla y luego mediante geometrías de transición se obtiene la superficie interior de la voluta.

Aros de desgaste

Colocaremos anillos de desgaste en la carcasa y en el rodete. La norma API 610 fija los huelgos mínimos que debemos adoptar entre los mismos, ya que esto determinará el caudal de fuga que tendrá la bomba.

Para el huelgo ingresamos en la tabla 6 de la norma con el diámetro del rodete en el lugar de apoyo del aro de cierre. Este será 150mm

	DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610	UTN FRA N°: 2020-G1-T2-GE-000-101	Rev. 0 Pag. 32 de 67
	PROYECTO FINAL – GRUPO N°01		

Table 6—Minimum Internal Running Clearances

Diameter of Rotating Member at Clearance in.	Minimum Diametral Clearance in.	Diameter of Rotating Member at Clearance mm	Minimum Diametral Clearance mm
< 2.000	0.010	< 50	0.25
2.000 to 2.499	0.011	50 to 64.99	0.28
2.500 to 2.999	0.012	65 to 79.99	0.30
3.000 to 3.499	0.013	80 to 89.99	0.33
3.500 to 3.999	0.014	90 to 99.99	0.35
4.000 to 4.499	0.015	100 to 114.99	0.38
4.500 to 4.999	0.016	115 to 124.99	0.40
5.000 to 5.999	0.017	125 to 149.99	0.43
6.000 to 6.999	0.018	150 to 174.99	0.45
7.000 to 7.999	0.019	175 to 199.99	0.48
8.000 to 8.999	0.020	200 to 224.99	0.50

La norma determina huelgo mínimo del 0,45mm

Ahora tenemos que calcular el caudal de líquido que fugará por los aros, para esto determinaremos el área del huelgo entre aros y la presión que actúa sobre los mismos.

Superficie del juego:

$$A = \frac{1}{2} \pi \cdot D \cdot s = \frac{1}{2} \pi \cdot 15 \cdot 0,045$$

$$A = 1,06028 \text{ cm}^2$$

Presión a través de los aros será:

$$H_L = \frac{3 u_2^2 - u_1^2}{4 \cdot 2g} = \frac{3 (40,05)^2 - (23,56)^2}{4 \cdot 19,62}$$

$$H_L = 40,09m$$

La configuración de los aros será la más sencilla posible, anillos lisos. Del libro Church pág. 92, tabla 6-1 se determina el coeficiente de derrame

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

	VELOCIDAD R. P. M.				$Q_L = 2 \frac{CA}{10^4} \sqrt{2gH_L}$ Donde: Q_L es la fuga en ambos lados del rodete en m ³ p. s. C = Coeficiente de descarga. A = Superficie del juego en cm ² . H_L = Altura o presión a través del aro de cierre sobre el nivel de aspiración en m.					
	1400	1700	2000	2500						
Capacidad para rendimiento máximo (normal) l. p. s.	17	20,5	23,6	30						
Altura total para rendimiento máximo (normal). Metros.	17	26,82	35,81	56,1						
Altura o presión a través del aro de cierre. H_L en metros.	10,67	16,91	22,55	35,36						
Altura o presión a través del aro de cierre en tanto por ciento de la altura total.	62,5	63,0	63,0	63,0						
N.º	AROS DE CIERRE	Tanto por ciento de pérdidas por fuga a las velocidades de r. p. m.				Coeficiente de descarga a las velocidades de r. p. m.				OBSERVACIONES
		1400	1700	2000	2500	1400	1700	2000	2500	
1	 JUEGO SOBRE EL DIAMETRO	1,52	1,80	2,00	2,18	0,176	0,200	0,220	0,244	Las pérdidas de fuga inferiores de un 46,6 a un 41 % con respecto a las del aro de cierre n.º 2. Las pérdidas de fuga son mayores cuanto más pequeño es el solapado. Sobre el coeficiente de descarga tiene muy poco efecto la mayor o menor superposición de ambos aros de cierre (fijo y giratorio).
2	 JUEGO SOBRE EL DIAMETRO	2,35	3,32	3,52	3,70	0,330	0,368	0,368	0,414	
3	 JUEGO SOBRE EL DIAMETRO	3,08	3,60	3,86	4,17	0,356	0,400	0,424	0,468	
4	 JUEGO SOBRE EL DIAMETRO	3,16	3,62	3,87	4,07	0,366	0,402	0,426	0,456	
5	 JUEGO 0.3 mm SQ SOBRE EL DIAMETRO	3,68	4,17	4,38	4,50	0,426	0,462	0,482	0,504	

El coeficiente de derrame queda $C = 0,244$

Por lo tanto el caudal de fuga queda:

$$Q_L = \frac{CA}{10^4} \sqrt{2gH_L}$$

$$Q_L = \frac{0,244 \cdot 1,0602}{10^4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 40,09m}$$

$$Q_L = 0,0007255 \text{ m}^3\text{ps}$$

Ahora calculamos el porcentaje del caudal total que estaría fugando para determinar si es aceptable.

$$\frac{0,0007255}{0,0694} \cdot 100 = 1,01\%$$

El caudal representa un 1% del total, se admiten caudales de fuga de hasta un 10% por lo tanto es aceptable.

Verificación de cargas por FEA

Para el diseño de la carcasa de la bomba, se debe adoptar un espesor practicable dentro de la tecnología de fundición de ese tipo de piezas y teniendo en cuenta contemplar los espesores para corrosión

$$e_c = 4mm + 3mm = 7mm$$

Tensión admisible

El material habitual utilizado en la industria para estos equipos y seleccionado para la carcasa de la bomba es fundición de acero **ASTM-216 WCB**.

	<p style="text-align: center;">DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA N°: 2020-G1-T2-GE-000-101</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pag. 34 de 67</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

De acuerdo a este standard, las tensiones mínimas son las indicadas en la TABLE 2 Tensile Requirements



5.3 Heat treatment shall be performed after castings have been allowed to cool below the transformation range.

6. Temperature Control

6.1 Furnace temperatures for heat treating shall be effectively controlled by pyrometer.

7. Chemical Composition

7.1 The steel shall be in accordance with the requirements as to chemical composition prescribed in Table 1.

8. Tensile Requirements

8.1 Steel used for the castings shall be in accordance with the requirements as to tensile properties prescribed in Table 2.

	Grade WCA	Grade WCB	Grade WCC
Tensile strength, ksi [MPa]	60 to 85 [415 to 585]	70 to 95 [485 to 655]	70 to 95 [485 to 655]
Yield strength, ^A min, ksi [MPa]	30 [205]	36 [250]	40 [275]
Elongation in 2 in. [50 mm], min, % ^B	24	22	22
Reduction of area, min, %	35	35	35

^A Determine by either 0.2 % offset method or 0.5 % extension-under-load method.

^B When ICI test bars are used in tensile testing as provided for in Specification A 703/A 703M, the gage length to reduced section diameter ratio shall be 4 to 1.

La norma API 610 tiene como requisito:

6.3.4 For pressure casing components, the tensile stress used in the design shall not exceed 0.25 times the minimum ultimate tensile strength or 0.67 times the minimum yield strength for that material, whichever is lower, with MAWP across the full range of specified operating temperatures. For castings, the minimum ultimate tensile strength and minimum yield strength for that material shall be multiplied by the appropriate casting factor, as shown in Table 4.

Table 4—Casting Factors

Type of Nondestructive Examination	Casting Factor
Visual, magnetic particle, and/or liquid penetrant	0.8
Spot radiography	0.9
Ultrasonic	0.9
Full radiography	1.0

0,25 x Minimum ultimate tensile strenght = 0,25 x 485 MPa = **121,25 MPa**

0,67 x Minimum yeild strenght = 0,67 x 250 MPa = **167,5 MPa**

Por lo tanto, las tensiones generadas en la carcasa analizadas deberán ser menores a **121 MPa** para verificar el diseño.

Cargas aplicadas

Para esta verificación se utilizará el software Autodesk Inventor en el que se modela la carcasa y se aplican las cargas consideradas para obtener las tensiones y deformaciones correspondientes, mediante calculo por elementos finitos.

Las cargas a aplicar para la simulación son:

- a) Presión interna de diseño. Esta carga será según API 610 la presión máxima de descarga más la presión diferencial máxima incrementada en un 10%, o 40bar, lo que sea mayor.
 $Pd' = 6,278 \text{ bar} + 1.1 \times 6,27 \text{ bar} = 14 \text{ bar} < 40\text{bar} \rightarrow \mathbf{Pdiseño = 40bar = 4MPa}$

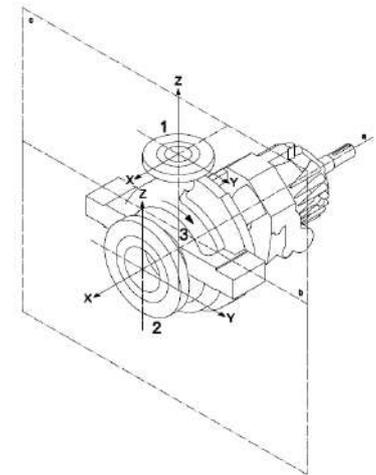
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

b) Cargas en conexiones. La norma API 610 fija ciertas cargas a verificar en las conexiones de acuerdo al tipo de bomba y el tamaño nominal de la conexión.

Table 5—Nozzle Loadings

Location/Orientation	Nozzle-loading Force as a Function of Flange Size—USC Units lbf								
	Nominal Size of Flange (NPS)								
	≤ 2	3	4	6	8	10	12	14	16
Each top nozzle									
F_X	160	240	320	560	850	1200	1500	1600	1900
F_Y	130	200	260	460	700	1000	1200	1300	1500
F_Z	200	300	400	700	1100	1500	1800	2000	2300
F_R	290	430	570	1010	1560	2200	2600	2900	3300
Each side nozzle									
F_X	160	240	320	560	850	1200	1500	1600	1900
F_Y	200	300	400	700	1100	1500	1800	2000	2300
F_Z	130	200	260	460	700	1000	1200	1300	1500
F_R	290	430	570	1010	1560	2200	2600	2900	3300
Each end nozzle									
F_X	200	300	400	700	1100	1500	1800	2000	2300
F_Y	160	240	320	560	850	1200	1500	1600	1900
F_Z	130	200	260	460	700	1000	1200	1300	1500
F_R	290	430	570	1010	1560	2200	2600	2900	3300
	Moment ft·lbf								
Each nozzle									
M_X	340	700	980	1700	2600	3700	4500	4700	5400
M_Y	170	350	500	870	1300	1800	2200	2300	2700
M_Z	260	530	740	1300	1900	2800	3400	3500	4000
M_R	460	950	1330	2310	3500	5000	6100	6300	7200

NOTE 1 See Figure 21 through Figure 25 for orientation of nozzle loads (X, Y, and Z).
 NOTE 2 Each value shown above indicates range from minus that value to plus that value; e.g. 160 indicates a range from -160 to +160.



Key
 1 discharge nozzle
 2 suction nozzle
 3 center of pump
 X Shaft centerline
 Y Pedestal centerline
 Z Vertical plane.

Figure 22—Coordinate System for the Forces and Moments in Table 5, Horizontal Pumps with End Suction and Top Discharge Nozzles

c) Momento torsor del eje transmitido al rodete.

A modo de resumen, se indican las cargas aplicadas debajo:

Conexión de aspiración NPS 6

F_x	3113 N
F_y	2046 N
F_z	2491 N
Momento	3132 Nm

Conexión de descarga NPS 4

F_x	1156 N
F_y	1179 N
F_z	1423 N
Momento	1798 Nm

Interior Carcasa

Presión interna	4 MPa
Momento Torsor	176 Nm

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

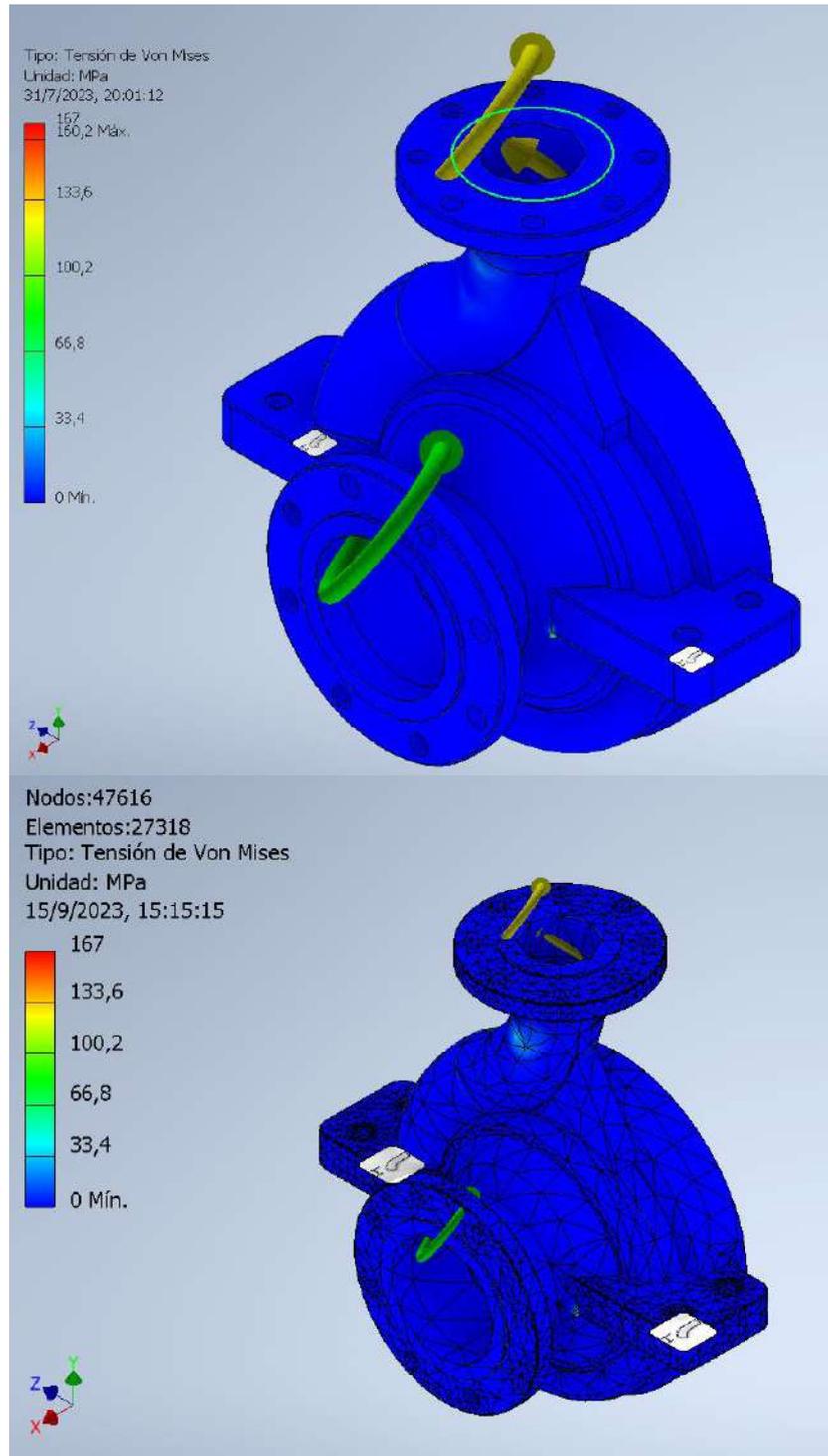
Simulación

Primero se ingresa al software y se fijan los apoyos de la pieza, en este caso serán los agujeros donde se colocan los bulones soporte, la cara inferior de los mismos. Luego se ingresa en la parte de fuerzas dando valor a las mismas y ubicando cada una en las respectivas caras actuantes



Resultados obtenidos del análisis

Para visualizar los resultados, el software lo muestra en una escala de colores para observar en que sector de la pieza están ocurriendo los valores de tensión. Para esto se fija una escala, seteando el valor máximo como 160MPa.



	<p align="center">DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m)</p> <p align="center">BOMBAS CENTRIFUGAS OH2</p> <p align="center">DE ACUERDO A API 610</p>	<p align="center">UTN FRA Nº:</p> <p align="center">2020-G1-T2-GE-000-101</p>	<p align="center">Rev. 0</p> <p align="center">Pag. 38 de 67</p>
<p align="center">PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

En la simulación se muestra la escala. Toda la pieza de color azul está sometida a tensiones menores a 33,4 MPa, valor muy por debajo de los límites de tensión admisible del material. Por lo tanto, el diseño mecánico referido a espesores, radios y geometría de la pieza queda verificado.

Selección de Sello Mecánico

Se hará la selección del sello mecánico basándonos en la norma “API 682 4th Ed. – Shaft Sealing Systems for Centrifugal and Rotary Pumps” para identificar: Categoría, tipo, arreglo y plan de sello. Para realizar la selección utilizamos la presión máxima que soportan las bridas (150psi) y como fluido, agua a temperatura ambiente (25°C).

Categoría

Categoría 2: Se recomienda para las cavidades de sellado que reúnen los requisitos dimensionales del API 610.

Su uso se limita para sellar temperaturas en la cavidad de sellado de -40°C (-40°F) a 400°C (750°F) y presiones absolutas de hasta 42 bar (600psi).

4.1.2 Seal Categories

There are three seal categories, as follows.

- *Category 1* seals are intended for use in non-API 610 pump seal chambers, meeting the dimensional requirements of ASME B73.1, and ASME B73.2 seal chamber dimensions and their application is limited to seal chamber temperatures from -40 °C (-40 °F) to 260 °C (500 °F) and gauge pressures up to 2 MPa (20 bar) (300 psi).
- *Category 2* seals are intended for use in seal chambers meeting the chamber envelope dimensional requirements of API 610. Their application is limited to seal chamber temperatures from -40 °C (-40 °F) to 400 °C (750 °F) and gauge pressures up to 4 MPa (40 bar) (600 psi).
- *Category 3* provides the most rigorously tested and documented seal design. They meet the seal chamber envelope requirements of API 610 (or equal). Their application is limited to seal chamber temperatures from -40 °C (-40 °F) to 400 °C (750 °F) and gauge pressures up to 4 MPa (40 bar) (600 psi).

Tipo

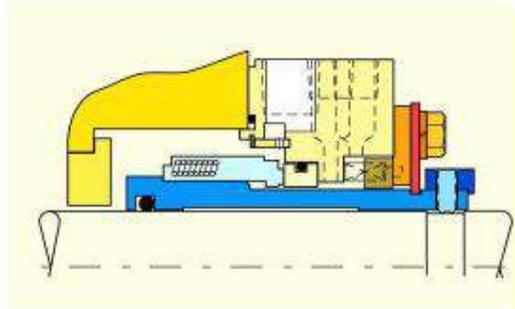
Tipo A: Recomendado para agua limpia con temperatura inferior a 80°C (180°F) y una presión manométrica por debajo de 20bar (300 psi).

A.2.2.1 Clean Water Below 80 °C (180 °F) and Below a Gauge Pressure of 2.0 MPa (20 bar) (300 psi)

The recommended seal is a Type A pusher with no special features required.

The recommended option is either a Type B or Type C metal bellows with no special features required.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01



- Juntas tipo O-ring.
- Carburo de silicio vs carbón.
- Juntas en Fluoroelastomer O-rings (FKM)
- Resortes en Alloy C276 (316 para resorte simple)
- Brida y camisa en 316 SS.
- Apto para Temperaturas de hasta 175°C

— *Type A seal is a balanced, internally-mounted, cartridge design, pusher seal with multiple springs. Secondary sealing elements are elastomeric O-rings.*

Materials are specified in Section 6. Guidance on equivalent materials standards is given in Annex B. Figure 7 depicts a Type A seal.

— *Type B seal is a balanced, internally-mounted, cartridge design (metal bellows) seal. Secondary sealing elements are elastomeric O-rings.*

Materials are specified in Section 6. Guidance on equivalent materials standards is given in Annex B. Figure 8 depicts a Type B seal. A metal bellows seal offers the advantage of having only static secondary seals. It may be specified instead of the default Type A seal for low-temperature service.

— *Type C seal is a balanced, internally-mounted, cartridge design (metal bellows) seal. Secondary sealing elements are flexible graphite.*

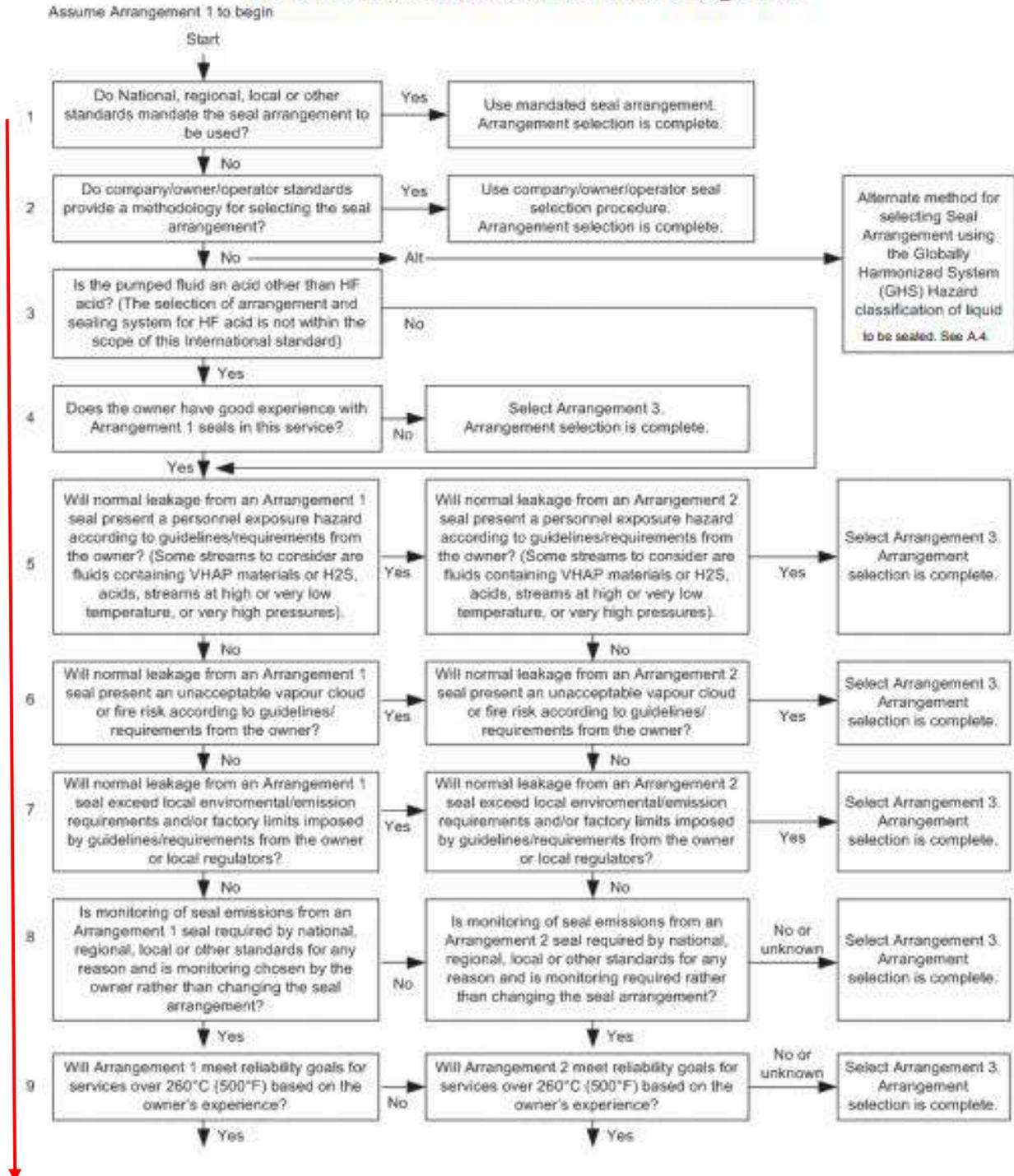
Materials are specified in Section 6. Guidance on equivalent materials standards is given in Annex B. Figure 9 depicts a Type C seal. Bellows seals are inherently balanced. Stationary metal bellows seals are the primary choice for high-temperature Arrangement 1 seals.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Arreglo

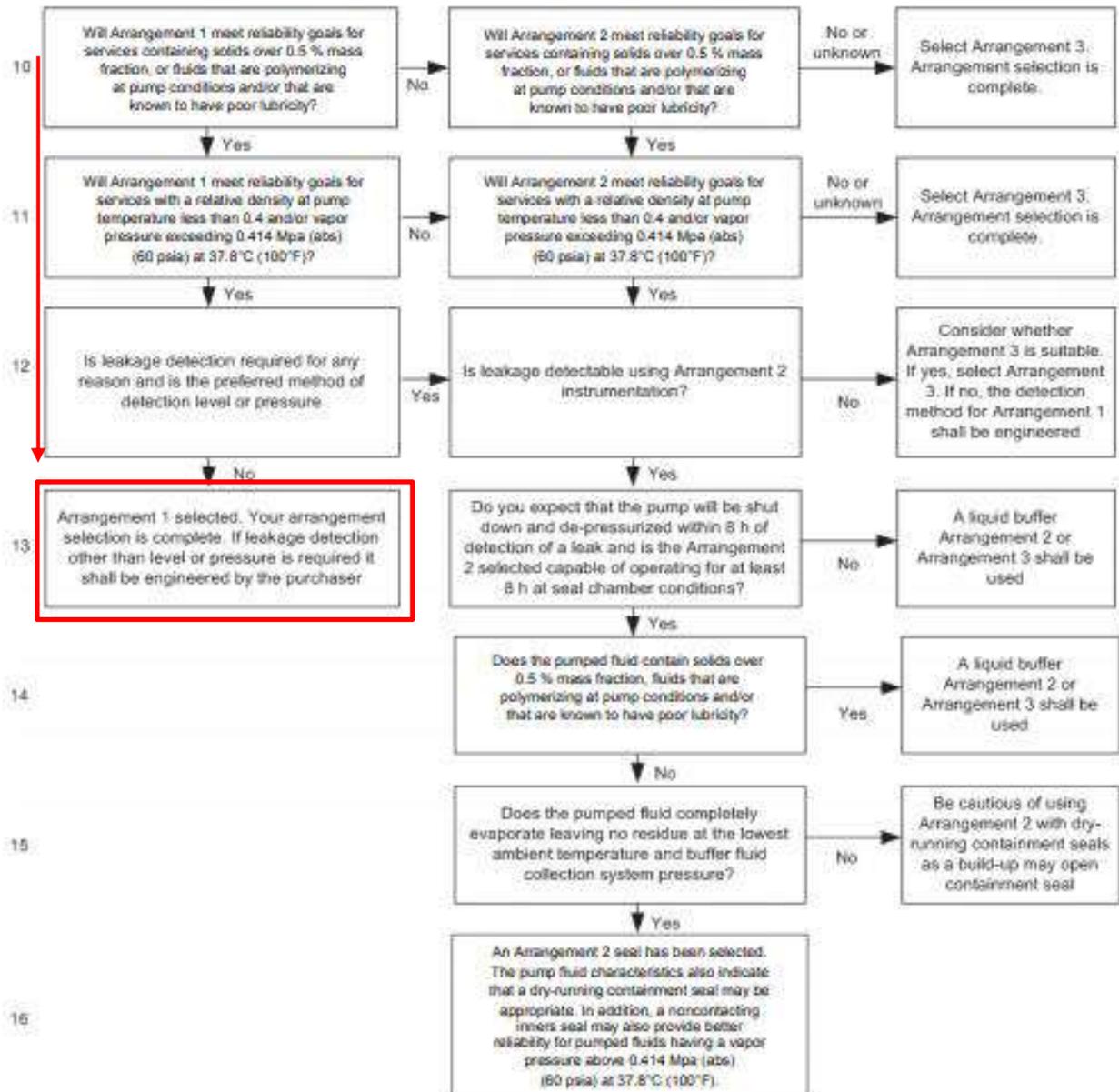
RECOMMENDED SEAL ARRANGEMENT SELECTION PROCEDURE
SHEET 6 OF 10

Considerations in the selection of a seal arrangement



PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

SHEET 6 OF 10 (continued)



Arreglo 1: Sello mecánico simple.

Puede tener buje de brida fijo o flotante. Para categoría 2 se utiliza buje de brida flotante.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

4.1.4.1 Arrangement 1, 2, and 3 Seals

There are three seal arrangements, as follows.

- *Arrangement 1*—Seal configurations having one seal per cartridge assembly.
- *Arrangement 2*—Seal configuration having two seals per cartridge assembly, with the space between the seals at a pressure less than the seal chamber pressure.
- *Arrangement 3*—Seal configurations having two seals per cartridge assembly, utilizing an externally supplied barrier fluid at a pressure greater than the seal chamber pressure.

7.1 Arrangement 1 Seals

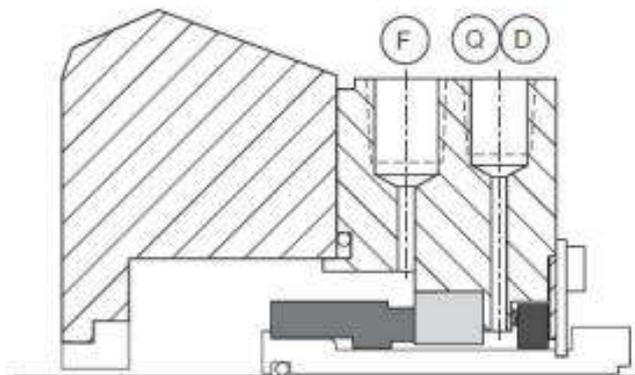
7.1.1 Seal Sleeves

Seal sleeves shall be in one piece.

7.1.2 Seal Chamber and Gland Plate

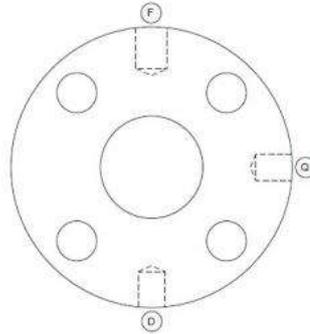
7.1.2.1 Unless otherwise specified:

- a) fixed throttle bushing made of carbon shall be installed in the gland plate for Category 1 seals;
- b) close-clearance (floating) throttle bushing made of carbon shall be installed in the gland plate for Category 2 seals;
- c) close-clearance (floating) throttle bushing made of carbon shall be installed in the gland plate for Category 3 seals;
- d) segmented carbon bushing shall be an option for Category 2 and Category 3 seals as given in 6.1.2.24.



b) 1CW-FL, Contacting Single Wet Seal with a Floating Throttle Bushing

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01



c) Typical Gland Plate Connection Orientation

Sello arreglo 1 – tipo A

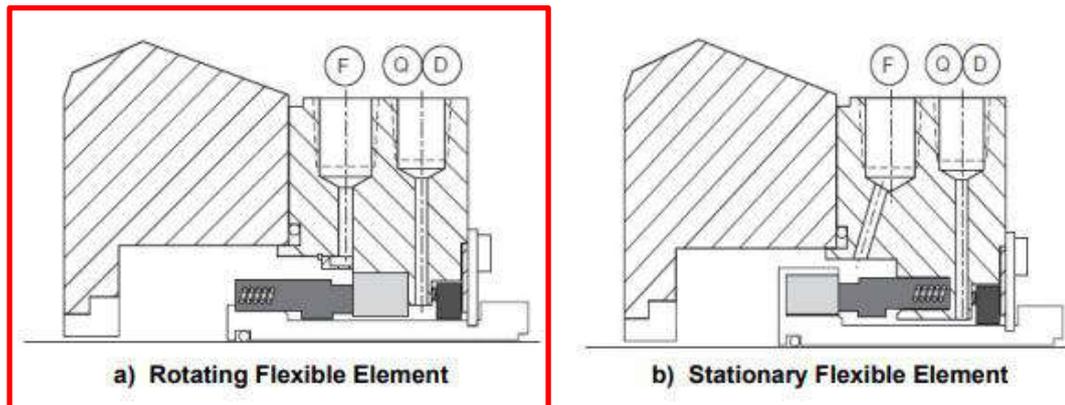


Figure 7—Arrangement 1 Type A Seals

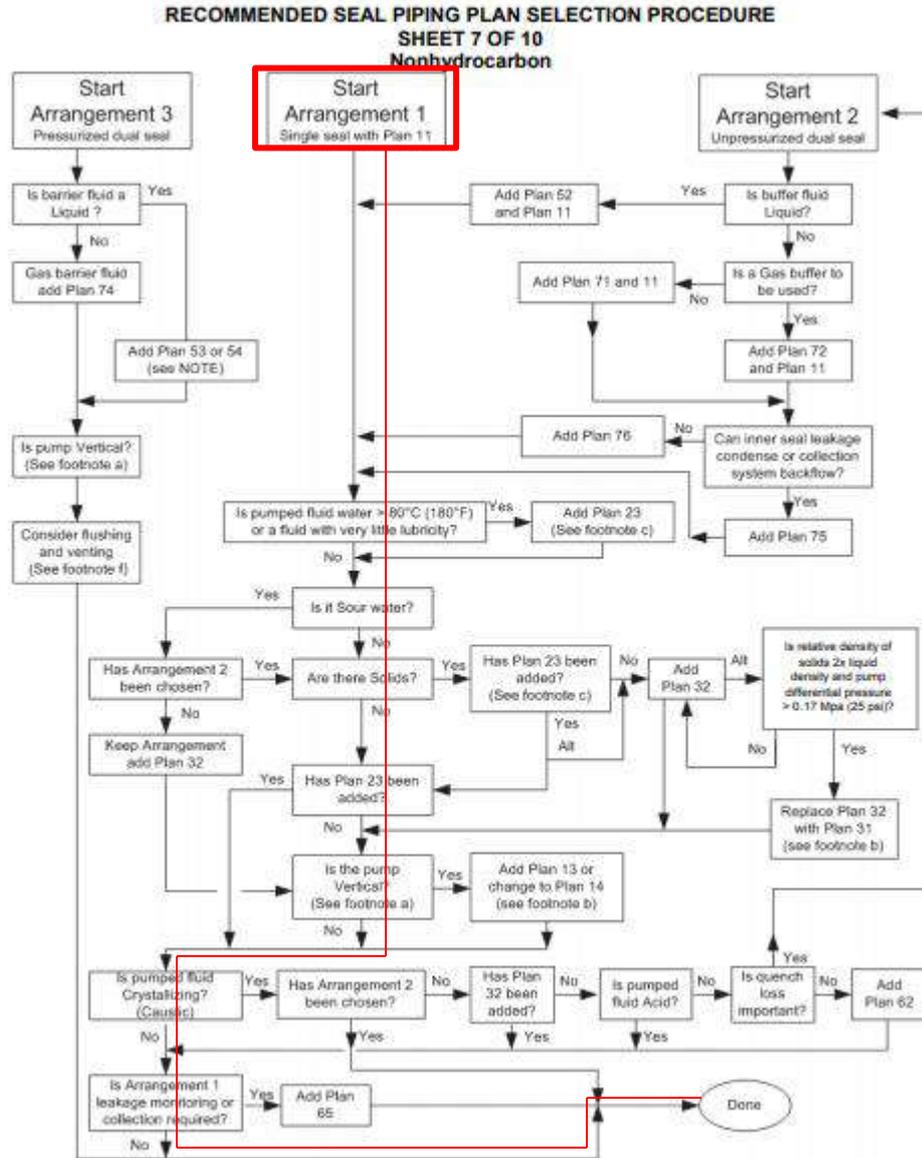
Table 2—Symbols and Size for Seal Chamber and Gland Plate Connections

Seal Config.	Symbol	Connection	Location	Type	Size ^a		Connection Required ^f
					Cat. 1	Cat. 2 and Cat. 3	
1CW-FX	F	Flush	0	process	1/2 ^c	1/2	required
1CW-FL	FI	flush in (Plan 14 & 23 only)	180	process	1/2 ^c	1/2	WS
	FO	flush out (Plan 14 & 23 only)	0	process	1/2 ^c	1/2	WS
	D	drain	180	atmospheric	3/8 ^e	3/8	required
	Q	quench	90	atmospheric	3/8 ^e	3/8	required
	H	heating	—	utility	1/2 ^c	1/2	WS
	C	cooling	—	utility	1/2 ^c	1/2	WS
	PIT	pressure sensing port	90	instrumentation	3/8	3/8	WS ^g

^a All sizes listed in this table are NPT tapered thread connections.
^b These connections are rarely provided because they are only required when a throttle bushing is provided. A throttle bushing is not provided with standard Arrangement 2 and 3 configurations.
^c A 3/8 NPT connection may be used if 1/2 NPT is not possible because of space constraints.
^d 1/2 NPT required for shaft diameters 60 mm (2.5 in.) or smaller, 3/4 NPT for larger shaft sizes.
^e A 1/4 NPT connection may be used if 3/8 NPT is not possible because of space constraints.
^f WS = Connection is provided only when the appropriate piping plan is specified.
^g PIT port for indicating pressure transmitter required for Piping Plan 66A and Piping Plan 66B.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

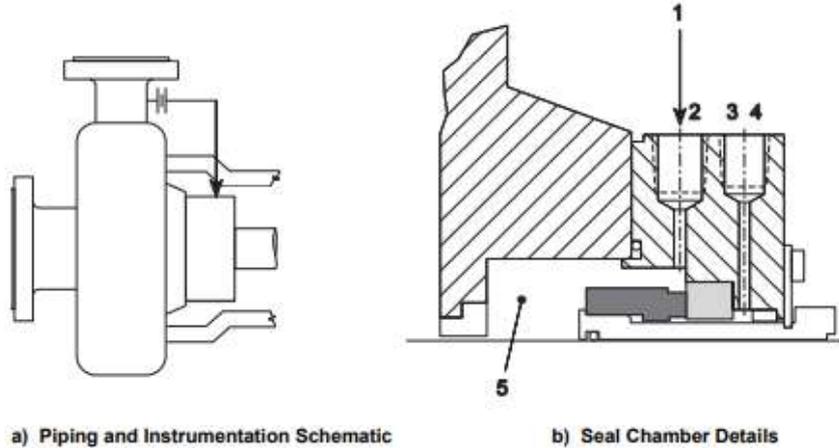
Plan de sello



Según norma para nuestro tipo de servicio corresponde utilizar el plan de sellos 11. De todas formas, nuestras bombas tendrán disponibles todas las conexiones necesarias para soportar todos los planes correspondientes al arreglo 1.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

G.6 Piping Plan 11



Key

- 1 from high-pressure region of pump (pump discharge or pump discharge piping)
- 2 flush (F)
- 3 quench (Q)
- 4 drain (D)
- 5 seal chamber

Figure G.6—Standard Seal Piping Plan 11

In Piping Plan 11 there is recirculation from a high-pressure region of the pump (typically the pump discharge or the pump discharge piping) through a flow control orifice to the seal. With purchaser approval, the flow control orifice may be omitted if it is not needed to achieve the required flush flow rate.

Piping Plan 11 is the default seal flush plan for all Arrangement 1 and 2 seals. In Piping Plan 11, product is routed from the pump discharge to the seal chamber to provide cooling for the seal and to vent air or vapors from the seal chamber. Fluid then flows from the seal chamber back into the process stream. It is the most commonly used flush plan for clean general service equipment. For high-head applications, careful consideration should be given to calculation of the required flush flow rate. Calculations are required to determine the proper orifice and throat bushing dimensions to assure adequate seal flush flow. In pumps with low differential head or pumping high-viscosity fluids, the required flow rate for the piping plan may be achieved without the flow control orifice. Care shall be taken when using this plan with polymerizing fluid that may plug the orifice and connecting piping.

G.2 Symbol Library

flow orifice	
level indicator	
level transmitter with local indicator	
differential pressure transmitter with local indicator	
pressure indicator	
pressure transmitter with local indicator	
temperature indicator	
temperature transmitter with local indicator	
high-level alarm set point	HLA
low level alarm set point	LLA
normal liquid level	NLL

Figure G.1—Instrument Symbols

bladder accumulator	
cyclone separator	
filter, coalescing	
flow orifice	
seal cooler	
strainer, Y	
valve, normally open	
valve, normally closed	
valve, check	
valve, needle	
valve, pressure control	
valve, pressure relief	

Figure G.2—Equipment Symbols

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Cámara de sello API 610

Según la norma API 610 se determinan las dimensiones principales de la cámara de sellos de acuerdo al diámetro adoptado del eje.

6.8.3 The seal chamber shall conform to the dimensions shown in Figure 26 and Table 7. For pumps with flange and pressure ratings in excess of the minimum values in 6.3.5, the gland stud size and circle may increase. Larger studs shall be furnished only if required to meet the stress requirements of 6.3.4 or to sufficiently compress spiral-wound gaskets in accordance with manufacturer's specifications.

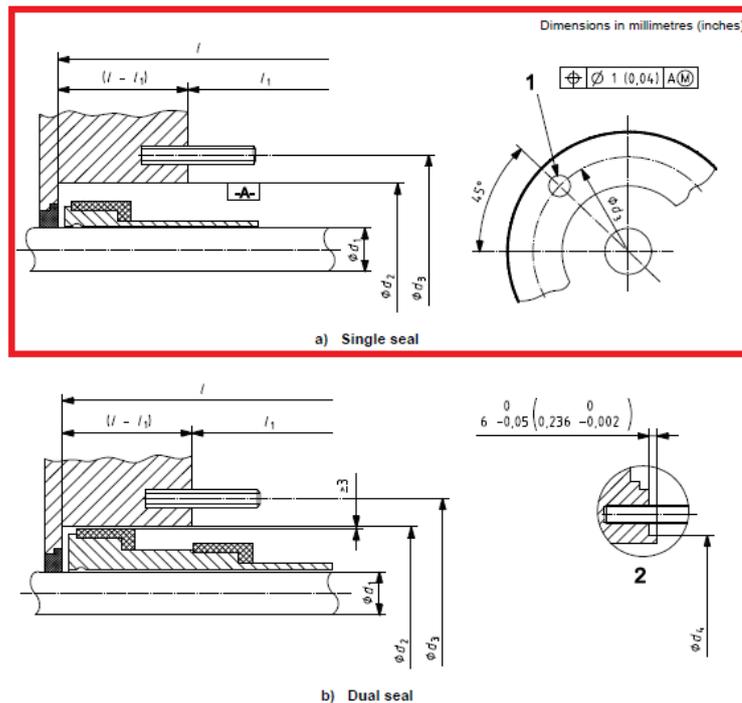


Table 7 — Standard dimensions for seal chambers, seal gland attachments and cartridge mechanical seal sleeves (see Figure 26)

Dimensions in millimetres (inches)

Seal chamber size	Shaft diameter max. ^a d_1	Seal chamber bore ^b d_2	Gland stud circle d_3	Outside gland rabbet ^c d_4	Total length min. ^d l	Clear length min. ^d l_1	Stud size	
							SI	USC
1	20,00 (0,787)	70,00 (2,756)	105 (4,13)	85,00 (3,346)	150 (5,90)	100 (3,94)	M12 × 1,75	1/2"-13
2	30,00 (1,181)	80,00 (3,150)	115 (4,53)	95,00 (3,740)	155 (6,10)	100 (3,94)	M12 × 1,75	1/2"-13
3	40,00 (1,575)	90,00 (3,543)	125 (4,92)	105,00 (4,134)	160 (6,30)	100 (3,94)	M12 × 1,75	1/2"-13
4	50,00 (1,968)	100,00 (3,937)	140 (5,51)	115,00 (4,528)	165 (6,50)	110 (4,33)	M16 × 2,0	5/8"-11
5	60,00 (2,362)	120,00 (4,724)	160 (6,30)	135,00 (5,315)	170 (6,69)	110 (4,33)	M16 × 2,0	5/8"-11
6	70,00 (2,756)	130,00 (5,118)	170 (6,69)	145,00 (5,709)	175 (6,89)	110 (4,33)	M16 × 2,0	5/8"-11
7	80,00 (3,150)	140,00 (5,512)	180 (7,09)	155,00 (6,102)	180 (7,09)	110 (4,33)	M16 × 2,0	5/8"-11
8	90,00 (3,543)	160,00 (6,299)	205 (8,07)	175,00 (6,890)	185 (7,28)	120 (4,72)	M20 × 2,5	3/4"-10
9	100,00 (3,937)	170,00 (6,693)	215 (8,46)	185,00 (7,283)	190 (7,48)	120 (4,72)	M20 × 2,5	3/4"-10
10	110,00 (4,331)	180,00 (7,087)	225 (8,86)	195,00 (7,677)	195 (7,68)	120 (4,72)	M20 × 2,5	3/4"-10

^a Dimensions to tolerance class h6.
^b Dimensions to tolerance class H7; for axially split pumps, an additional tolerance of ± 75 µm (0,003 in) to allow for gasket thickness.
^c Dimensions to tolerance class f7.
^d Shaft deflection criteria (6.9.1.3) can require the reduction of dimensions l and l_1 on size 1 and size 2 seal chambers to below the minimum values listed, depending on specific pump construction and casing design. Size 1 and size 2 seal chambers are not usually found on Type OH2 and OH3 pumps.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Selección de sello mecánico en catalogo EagleBurgmann

API 682 Categoría 2 y 3, Tipo A, Arreglo 1. Sello simple, con elemento flexible rotativo.



LL9DKUJ

- API 682 Category 2 and 3, Type A, Arrangement 2 seal
- Dual seal in back-to-back arrangement
- Same size of inboard and outboard seal
- Balanced
- Cartridge unit
- Rotating multiple springs
- Solid seal faces



LL9DSUU

- API 682 Category 2 and 3, Type A, Arrangement 2 seal
- Dual seal in face-to-face arrangement
- Same size of inboard and outboard seal
- Balanced
- Cartridge unit
- Stationary multiple springs
- Solid seal faces



LL9DTUE

- API 682 Category 2 and 3, Type A, Arrangement 2 seal
- Dual seal in face-to-back arrangement
- Dry contact outer seal (containment seal)
- Balanced
- Cartridge unit
- Solid seal faces



LL9DTUU

- API 682 Category 2 and 3, Type A, Arrangement 2 or 3 seal
- Dual seal in face-to-back arrangement
- Same seal size on inboard and outboard seal
- Balanced
- Cartridge unit
- Rotating multiple springs



LL9UC

- API 682 Category 2 and 3, Type A, Arrangement 1 seal
- Single seal
- Balanced
- Cartridge unit
- Rotating multiple springs
- Solid seal faces



LNF992

- API 682 Category 2 and 3, Type A, Arrangement 2 seal
- Dual seal in face-to-back arrangement
- Lip-lubricated
- Balanced
- Cartridge unit
- Stationary multiple springs
- Independent of direction of rotation

LL9UC

API 682 4th edition product range | Mechanical seals | Balanced pusher seals



Features

- API 682 Category 2 and 3, Type A, Arrangement 1 seal
- Single seal
- Balanced
- Cartridge unit
- Rotating multiple springs

Advantages

- Compact design
- Low heat generation and power consumption due to narrow seal face width
- Longer seal life
- Pressure-balanced design prevents mating ring being forced out under reverse pressure
- No damage to shaft sleeve as dynamic O-Ring is not in direct contact with the sleeve
- Extended selection of materials
- Metal parts also in special materials available

Operating range

Shaft diameter: d1 = 20 ... 110 mm (0.79" ... 4.33")
 Pressure: p = vacuum ... 42 bar (... 609 PSI)
 Temperature: t = -40 °C ... +176 °C (-40 °F ... +349 °F)
 Sliding velocity: v_g ... 23 m/s (... 75 ft/s)

Materials

Seal ring: Ellister resistant carbon, Silicon carbide SSIC (01), RBSIC (02)
 Mating ring: Silicon carbide SSIC (01), RBSIC (02)
 Secondary seals: FKM (V), FFKM (K), EPDM (E), NBR (P)
 Springs: Hastelloy® C-276 (M5)
 Metal parts: C/NiMo steel 316 (G)

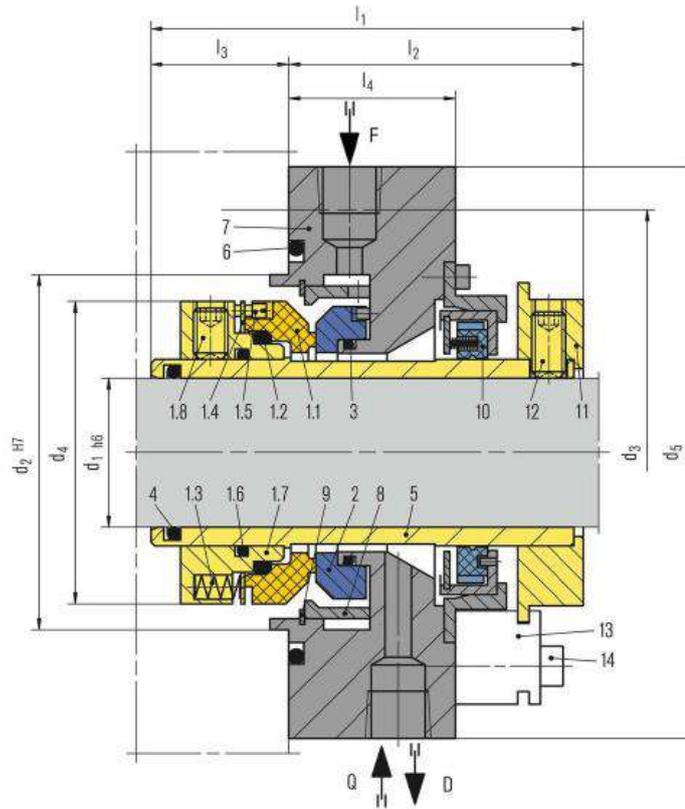
Standards and approvals

- API 682 / ISO 21049
- API 682 4th ed. Cat. 2/3 - 1CW-FL

Recommended applications

- Refining technology
- Oil and gas industry
- Petrochemical industry
- Chemical industry
- Power plant technology
- Light volatile hydrocarbons
- LPG plants
- API 610 / ISO 13708 pumps
- Process pumps

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01



Item	Description
1.1	Seal ring
1.2, 1.6, 3, 4, 6	O-Ring
1.3	Spring
1.4	Thrust ring
1.5	Drive screw
1.7	Collar
1.8, 12	Set screw
2	Mating ring
5	Seal sleeve
7	Gland plate
8	Flow distributor
9	Retaining ring
10	Throttle bushing
11	Drive collar
13	Setting device
14	HSH Cap screw

F Flush
 O Quench
 D Drain

Dimensions

API/d ₁	API/d ₂	API/d ₃	d ₄	d ₅	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄
20	70	105	-	-	-	-	-	-
30	80	115	69	138	102	77	25	45
40	90	125	79	148	102	77	25	45
50	100	140	89	168	102	77	25	45
60	120	160	105	188	107	79	28	45
70	130	170	115	198	108	79	29	45
80	140	180	125	208	108	79	29	45
90	160	205	137	248	117	86	31	50
100	170	215	150	258	128.6	88.5	40.1	50
110	180	225	163	268	120.2	88.5	31.7	50

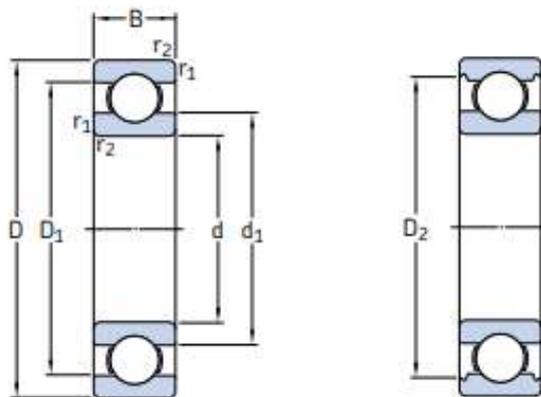
Dimensions in millimeter

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Selección de rodamientos

Se colocará un rodamiento para soportar carga radial y dos rodamientos de a par para soportar carga axial. Estos serán rodamientos rígidos de bolas y rodamiento de contacto angular, respectivamente. Los rodamientos que soportan el empuje axial se colocan del lado del acoplamiento y que soportan el empuje radial del lado del rodete.

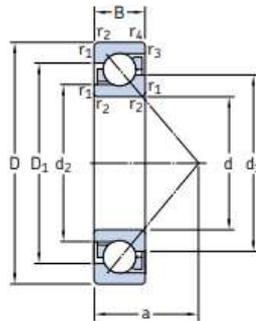
Rodamientos rígidos de bolas



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	rpm		kg	-
50	65	7	6,76	6,8	0,285	20 000	13 000	0,052	61810
	72	12	14,6	11,8	0,50	19 000	12 000	0,14	61910
	80	10	16,8	11,4	0,56	18 000	11 000	0,18	*16010
	80	16	22,9	16	0,71	18 000	11 000	0,26	*6010
	90	20	37,1	23,2	0,98	15 000	10 000	0,46	*6210
	110	27	65	38	1,6	13 000	8 500	1,05	*6310
	130	31	87,1	52	2,2	12 000	7 500	1,9	6410
55	72	9	9,04	8,8	0,38	19 000	12 000	0,083	61811
	80	13	16,5	14	0,60	17 000	11 000	0,19	61911
	90	11	20,3	14	0,70	16 000	10 000	0,26	*16011
	90	18	29,6	21,2	0,90	16 000	10 000	0,39	*6011
	100	21	46,2	29	1,25	14 000	9 000	0,61	*6211
	120	29	74,1	45	1,90	12 000	8 000	1,35	*6311
	140	33	99,5	62	2,60	11 000	7 000	2,3	6411

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

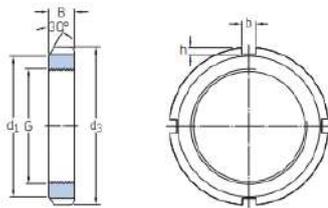
Rodamiento de contacto angular



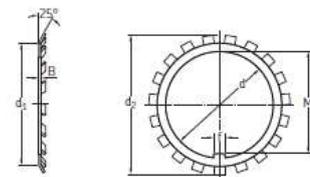
Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades		Masa	Designaciones ¹⁾	
d	D	B	dinámica C	estática C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite		Rodamiento para apareamiento universal	de diseño básico
mm			kN		kN	rpm		kg	-	
55	100	21	49	40	1,66	8 000	8 000	0,62	* 7211 BECBP	-
100	21	40,2	30	1,55	7 500	7 500	0,62	-	7211 BEP	
100	21	48,8	38	1,63	7 500	7 500	0,62	7211 BECBy	7211 BEY	
100	21	49	40	1,66	8 000	8 000	0,66	* 7211 BECBM	-	
120	29	85	60	2,55	7 000	7 000	1,34	* 7311 BECBP	-	
120	29	79,3	55	2,32	6 700	6 700	1,34	-	7311 BEP	
120	29	85,2	60	2,55	6 700	6 700	1,48	7311 BECBy	7311 BEY	
120	29	85	60	2,55	7 000	7 000	1,49	* 7311 BECBM	-	

Luego para fijar estos rodamientos al eje se utilizará según la norma API una tuerca de fijación con su arandela correspondiente.

25.1 KM(L) and HM .. T lock nuts
 M 10x0,75 – M 200x3
 Tr 210x4 – Tr 280x4



25.2 MB(L) lock washers
 MB 0 – MB 56



Dimensions			Axial load carrying capacity static			Mass	Designations			
G	d ₁	d ₃	B	h	h		Lock nut	Associated lock washer	spanner	
mm			kN			kg	-			
M 35x1,5	44	52	8	5	2	50	0,059	▶ KM 7	MB 7	HN 7
M 40x1,5	50	58	9	6	2,5	62	0,078	▶ KM 8	MB 8	HN 8-9
M 45x1,5	56	65	10	6	2,5	78	0,11	▶ KM 9	MB 9	HN 8-9
M 50x1,5	61	70	11	6	2,5	91,5	0,14	▶ KM 10	MB 10	HN 10-11
M 55x2	67	75	11	7	3	91,5	0,15	▶ KM 11	MB 11	HN 10-11

Designation	Dimensions						Mass	
	d	d ₁	d ₂	B	f	M	kg	
-	mm						kg	
▶ MB 10	50	61	74	1,25	6	47,5	0,016	
MB 10A	61	74	1,8	6	47,5	0,023		
▶ MB 11	55	67	81	1,5	8	52,5	0,022	
▶ MB 12	60	73	86	1,5	8	57,5	0,024	
MB 12A	73	86	2,5	8	57,5	0,04		
▶ MB 13	65	79	92	1,5	8	62,5	0,03	
MB 13A	79	92	2,5	8	62,5	0,05		

Selección de sello de aceite

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Tramo C-D Sello de aceite (\varnothing_{CD} 53mm)

Flanged Design – LS
Standard Operating Parameters

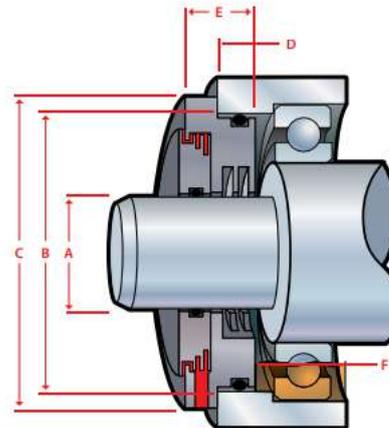
Total Eccentricity: .020" (.51 mm)
 Shaft Speed: Up to 5,000 fpm (25 m/s)
 Pressure: 0 psi / bar
 Temperature Range: -40 to 250 F (-40 to 121 C)
 Axial Movement: .020" (.51 mm) Special designs up to
 .070" (1.78 mm)
 Shaft / Bore Tolerances: $\pm .002$ " ($\pm .05$ mm)
 Special designs available

Seal Material:

Standard Proprietary PTFE
 Optional Food grade, Anti microbial, FDA 3A

O-Ring Material:

Standard FKM
 Optional NBR, FDA silicone, EPDM, Aflas®†



MOUNTING		LUBRICATION		
	Position	Grease	Oil	Dry
Horizontal	Y	Y	Y	Y
Vertical Up	Y*	Y	Y	Y
Vertical Down	Y	Y	N	Y

*If contaminant level is heavy see "LW" design (page 12)

Retain: Grease and oil splash (operating oil level in cavity between seal and bearing must be below inboard oil drain-back port of seal "F")

Exclude: Heavy water spray and dry contaminants from bearing cavity, best for vertical down applications

Equipment: Motors, pumps, mixers, gearboxes, blowers and custom equipment

STANDARD DIMENSIONS					
Type	"A" Shaft Diameter Range Inch	"B" Bore Diameter Range Is Shaft Diameter "A" + Min-Max	"C" Flange Diameter = "B"+	"D" In Bore Depth	"E" Overall Seal Width
LSE	0.500 – 3.000	0.625 – 1.500	0.250	0.313	0.688
LSE	3.001 – 4.000	0.625 – 1.500	0.250	0.375	0.750
LSE	4.001 – 6.000	0.874 – 1.500	0.250	0.375	0.750
LSE	6.001 – 10.000 ²	0.874 – 1.500	0.250	0.438	0.815

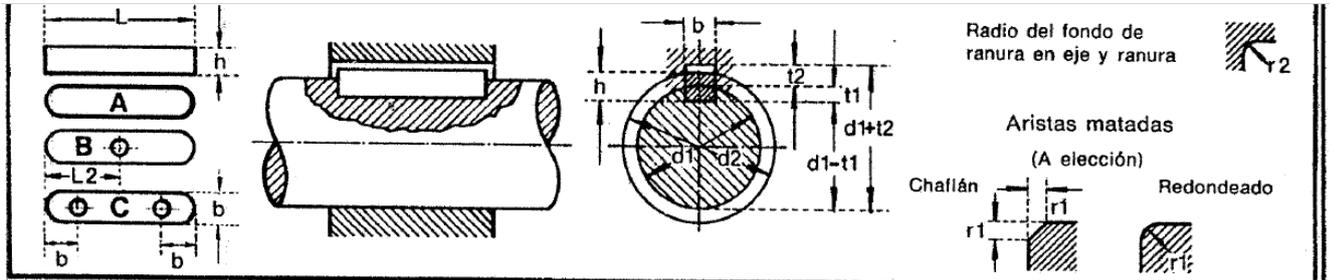
Diseño del eje

Geometría del eje

Tramo A-B Impulsor (\varnothing_{AB} 40mm)

Seleccionamos el tamaño de chaveta para el impulsor (\varnothing_{AB} 40mm) y para el acoplamiento (\varnothing_{AB} 50mm)

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01



Sección chaveta	Ancho b	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	
Altura h		4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14	14	16	18	20	22
d ₁ sobre hasta		16	17	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110	130	150
Ancho b ³⁾ Ajuste fuerte		12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110	130	150	170
Ajuste suave		4	5	6	8	10*	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40
Profundidad t ₁		3	3,8	4,4	5,4	6,1	6	6,5	7,3	8	8	10	10,4	11	13	13,7	14
Desv. Admis.																	
Ancho b ³⁾ Ajuste fuerte		4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40
Ajuste suave		1,1	1,3	1,7	1,7	2,1	2,1	2,6	2,6	3,1	4,1	4,1	4,1	5,1	5,2	6,5	8,2
Profundidad t ₂		3															
Desv. Admis.																	
Medida mínima		0,16	3,5	4	4,5	5,5	6	7	8	8,5	11	12	12	14	15	18	22
Chanfle o radio mínimo		0,25		0,25				0,40					0,60				1,0
r ₁ máximo		0,16		0,40				0,60					0,80				1,2
Radio de fondo de ranura		0,08		0,25				0,40					0,60				1,0
mínimo				0,16				0,25					0,40				0,7
Largo L	Tolerancia	Peso (7,85 kg/dm ³) kg/1000 piezas ≈															
Chaveta	Ranura																
10		1,15															
12		1,40	2,14														
14		1,65	2,54														
16		1,90	2,93	4,16													
18		2,15	3,32	4,73													
20		2,40	3,71	5,29	8,05												
22		2,65	4,11	5,86	8,96												
25		3,03	4,70	6,71	10,3	14,4											
28		3,41	5,29	7,55	11,6	16,2											
32		3,91	6,07	8,68	13,4	18,8	22,2										
40		4,91	7,64	10,9	16,9	23,8	28,2	36,6									
50	-0,3	5,94	8,62	12,3	19,1	27,0	32,0	41,5	52,2								
56		9,60	13,7	21,3	30,1	35,8	46,5	58,5	71,7								
63		10,8	15,4	24,9	33,9	40,3	52,4	66,0	81,0	97,9							
70			17,4	27,0	38,3	45,6	59,3	74,8	91,9	111	141						
80			19,4	30,1	42,7	50,9	66,2	83,7	103	124	158	177					
				34,5	48,9	58,4	76,1	95,7	118	143	182	205	260				

Será de 12x8mm y 32mm de largo.

De acuerdo a los componentes seleccionados anteriormente, los diámetros disponibles y sus correspondientes largos, el eje queda planteado como sigue:

Tramo A-B - Rodete
Ø40mm x 70mm largo

Tramo B-C – Sello mecánico
Ø50mm x 165mm largo

Tramo C-D – Sello de aceite
Ø52mm x 18mm largo

Tramo D-E – Rodamiento de bolas
Ø55mm x 18mm largo

Tramo E-F – Anillos rasca aceite
Ø60mm x 200mm largo

	<p align="center">DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m)</p> <p align="center">BOMBAS CENTRIFUGAS OH2</p> <p align="center">DE ACUERDO A API 610</p>	<p align="center">UTN FRA Nº:</p> <p align="center">2020-G1-T2-GE-000-101</p>	<p align="center">Rev. 0</p> <p align="center">Pag. 53 de 67</p>
<p align="center">PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

Tramo F-G – Rodamientos de contacto angular
 Ø55mm x 65mm largo

Tramo G-H – Acoplamiento
 Ø50mm x 55mm largo

Verificación Mecánica

Al tener definida la geometría del eje, realizaremos los cálculos correspondientes para verificar la deflexión máxima y velocidad crítica.

Fuerza axial

De acuerdo a la bibliografía consultada, el esfuerzo axial provocado por el movimiento del fluido a través del rodete es igual a la presión que se ejerce sobre los aros de desgaste (calculada anteriormente) expresada en términos de presión, multiplicada por el área de aplicación. Esta última es la contenida por D₀ y D_h

$$Fa_1 = H_L * \frac{\pi}{4} * (D_0^2 - D_h^2)$$

$$H_L = 40,09m * 0,1 kg/cm^2$$

$$Fa_1 = 4,09 \frac{kg}{cm^2} * \frac{\pi}{4} * (14cm^2 - 7cm^2)$$

$$Fa_1 = 472,2 kg'$$

Hay una fuerza pequeña que se opone a esta que es la variación de cantidad de movimiento del fluido que penetra en la rueda.

$$Fa_2 = \frac{Q}{g} * V_0$$

$$Fa_2 = \frac{70,27 \frac{kg}{seg}}{9,8 \frac{kgm}{seg^2}} * 3,72 \frac{m}{seg}$$

$$Fa_2 = 26,67 kg'$$

$$Fa = Fa_1 - Fa_2 = 445,43 kg'$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Fuerza radial

Las presiones estáticas en la salida de los rodets no son completamente iguales a lo largo de la circunferencia de estos. La corriente recorre la caja espiral sin perturbaciones anormales cuando el caudal corresponde al nominal para el cual ha sido trazada. Cuando se impulsa un caudal mayor o menor la corriente tiene una repartición de presión desigual.

En la figura siguiente se muestra la variación típica del empuje radial según el caudal y la dirección en la que actúa.

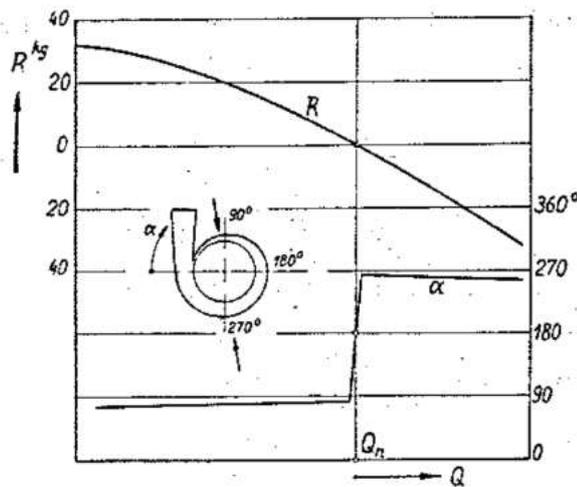


FIG. 282.— La variación característica del empuje radial en bombas centrifugas con cajas espirales.

De forma empírica se ha logrado determinar una formula para aproximar el empuje radial.

$$R = 0,036 \times H \times d_2 \times b_2 \times \left[1 - \left(\frac{Q}{Q_n} \right)^2 \right]$$

Siendo máximo cuando $Q \rightarrow 0$

$$R = 0,036 \times H \times d_2 \times b_2$$

R= empuje radial (kg)

H= altura de elevación (m)

D2= diámetro exterior del rodete (cm)

B2= ancho del rodete en el exterior (cm)

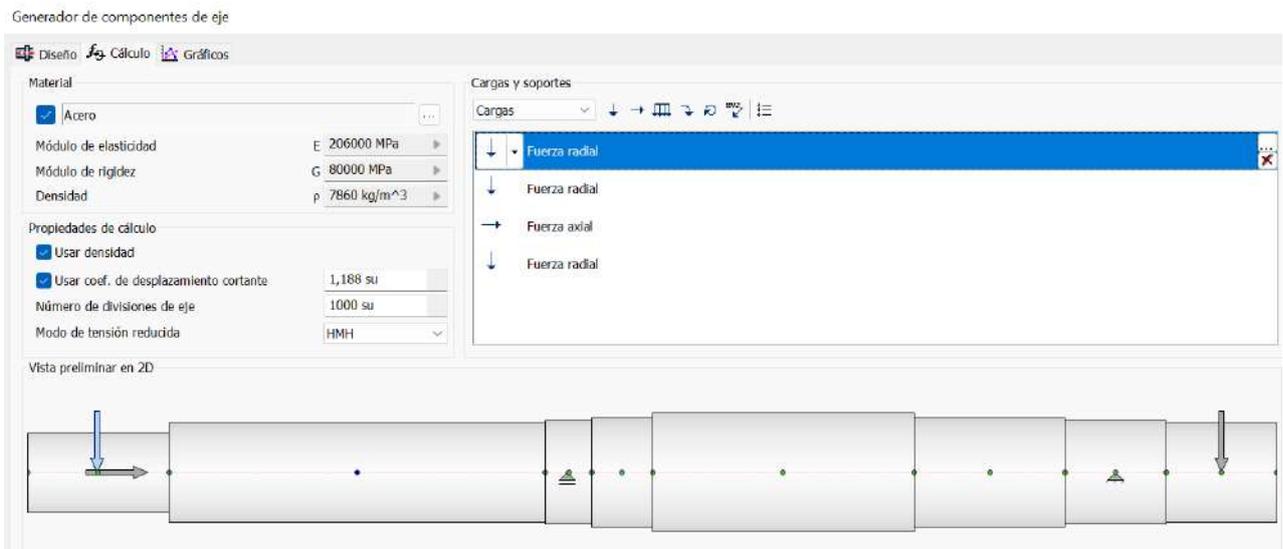
$$R = 0,036 \times 50 \text{ m} \times 25,4 \text{ cm} \times 2,4 \text{ cm} = 109,7 \text{ kg} \cong 110 \text{ kg}$$

	DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610	UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-101	Rev. 0 Pag. 55 de 67
	PROYECTO FINAL – GRUPO N°01		

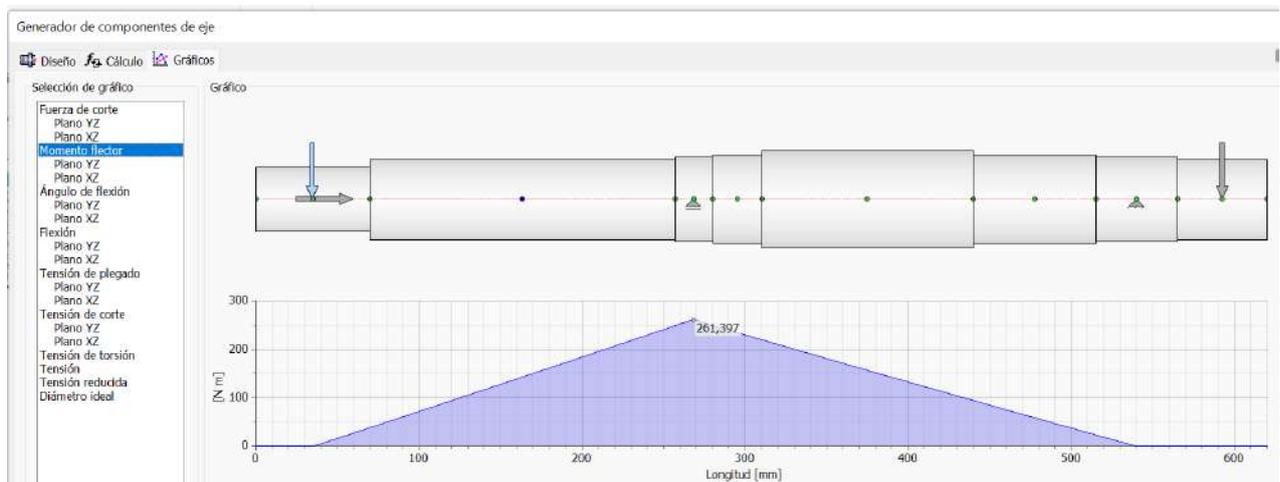
Cálculo de deflexión

Conociendo las cargas actuantes en el sistema y la geometría del eje, se puede conocer la deflexión máxima del mismo para comparar con los valores admisibles propuestos. Esto se realiza para garantizar que aun con la mayor deflexión, el rodetete no tocará contra la carcasa durante su funcionamiento.

Para hallar la deflexión utilizaremos el método gráfico. Primero se modela el eje en un software 3D con la geometría planteada. Luego utilizando una función del programa, se le aplican las cargas al mismo y se designan los puntos de apoyo. En este caso los apoyos serán los centros de los rodamientos. El rodamiento de bolas actúa como un apoyo simple y los rodamientos de contacto angular como apoyo fijo.



Luego el programa realiza los cálculos estáticos y se obtienen los gráficos.



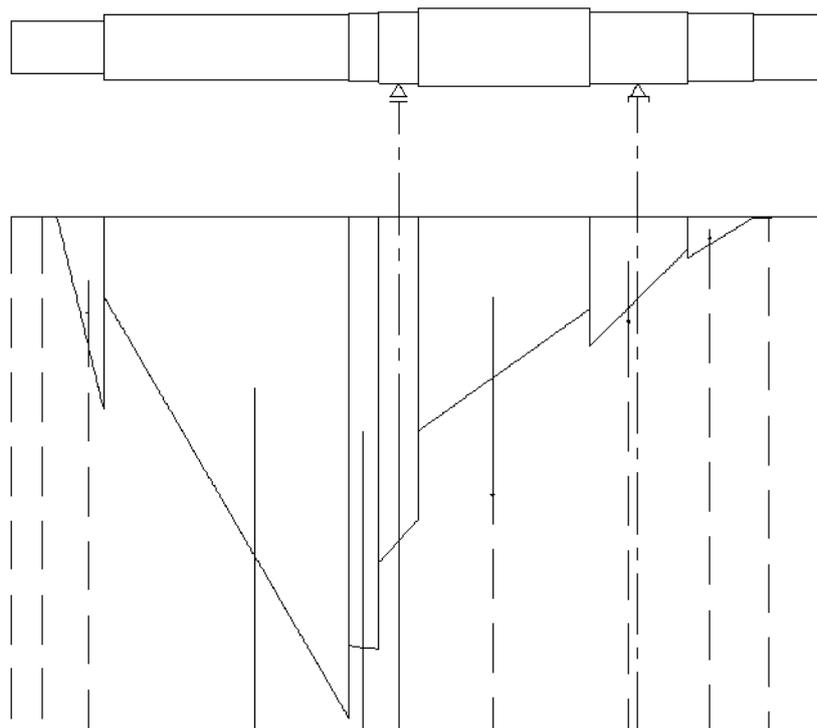
Habiendo obtenido el gráfico de momento flector se pasan los valores a una tabla y se calculan los momentos reducidos en cada punto.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

$$M_0 = \frac{M_f}{J \cdot E}$$

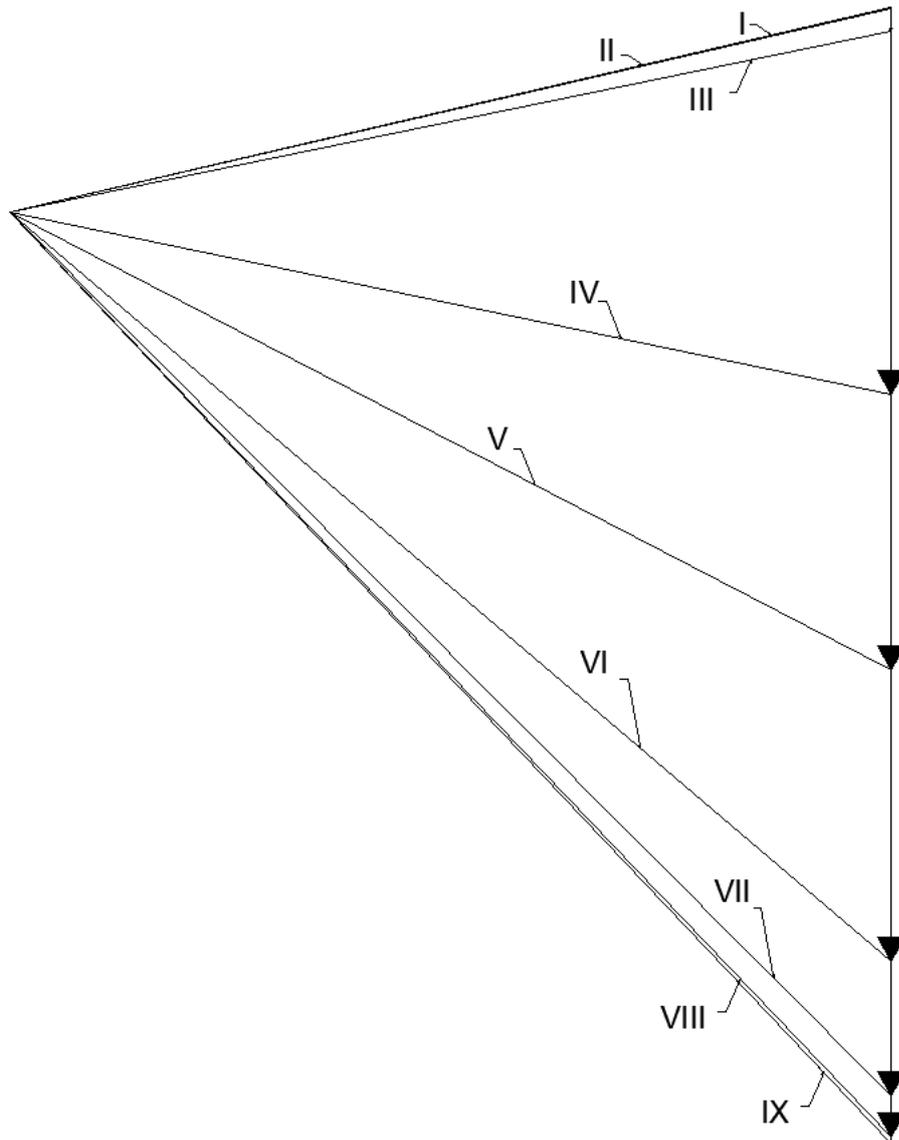
MF (Nm)	Mf (kgm)	D (m)	J (m4)	Mo (m-1)
0,06	0,006	0,04	1,25664E-07	2,274E-06
39	3,9	0,04	1,25664E-07	1,478E-03
39	3,9	0,05	3,06796E-07	6,053E-04
248	24,8	0,05	3,06796E-07	3,849E-03
248	24,8	0,052	3,58908E-07	3,290E-03
250	25	0,052	3,58908E-07	3,317E-03
250	25	0,055	4,4918E-07	2,650E-03
220	22	0,055	4,4918E-07	2,332E-03
220	22	0,06	6,36173E-07	1,647E-03
95	9,5	0,06	6,36173E-07	7,111E-04
95	9,5	0,055	4,4918E-07	1,007E-03
24	2,4	0,055	4,4918E-07	2,544E-04
24	2,4	0,052	3,58908E-07	3,184E-04
0,5	0,05	0,052	3,58908E-07	6,634E-06
0,5	0,05	0,05	3,06796E-07	7,761E-06
0,06	0,006	0,055	4,4918E-07	6,361E-07

Luego con estos valores y aplicando una escala conveniente se traza el diagrama de momentos reducidos. Con las figuras que se forman, desde el baricentro de las mismas se dibuja el vector área de cada una de ellas.



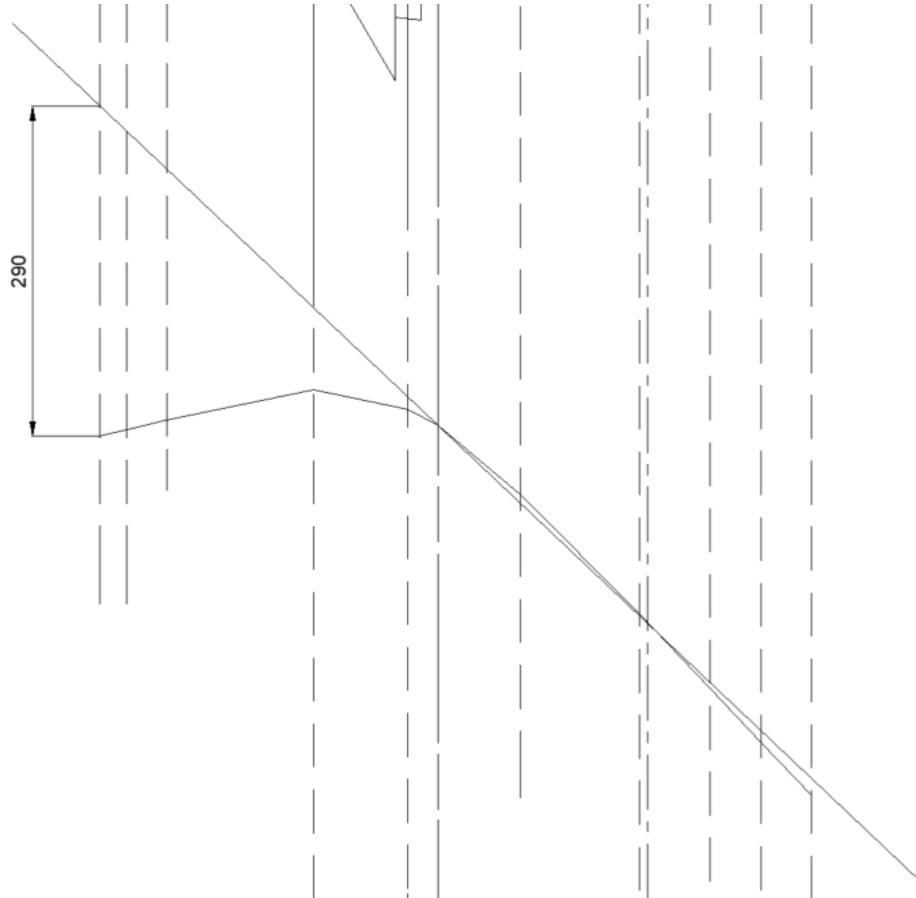
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Se construye el polígono focal con los vectores área uno abajo del otro y se trazan los rayos desde el punto focal hasta los extremos de los vectores.



Por último, se trasladan los rayos intersectando con la proyección de las áreas, formando el polígono folicular. Se cierra con una línea que pase por el cero en los apoyos, quedando como resultado la cota Y_e de la deflexión

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01



Para obtener el valor real de deflexión se aplica la formula con los respectivos factores de escala

$$Y_{real} = Y_e * E$$

$$E = a^2 . c . d . H$$

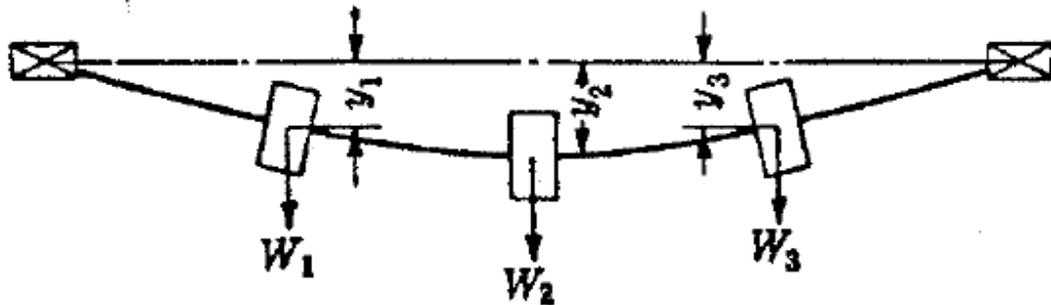
$$Y_{real} = 290mm \times 0,0001$$

$$Y_{real} = 0,029mm$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Velocidad critica

$$n_c = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g (\sum W y)}{\sum W y^2}}$$



W1= peso del rodete

Y1= deflexión en el eje máxima

$$n_c = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{9,8 \text{ m/seg}^2 (10\text{kg})}{0,0029}}$$

$$n_c = 5550 \text{ rpm} > 3000 \text{ rpm Verifica}$$

Verificación vida útil de rodamientos

Vida nominal. De acuerdo a los catálogos de fabricantes de rodamientos, la vida nominal se calcula como:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

Donde:

L₁₀= Vida nominal en millones de revoluciones

C= Capacidad de carga dinámica kN

P= Carga dinámica equivalente en el rodamiento

p= exponente de la ecuación de vida (3 para rodamientos rígidos de bolas)

Para expresarlo en horas seria:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60N} L_{10}$$

	DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610	UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-101	Rev. 0 Pag. 60 de 67
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Rodamiento de bolas 6011

$$L_{10} = \left(\frac{29600 N}{\sqrt{4454,3N^2 + 110N^2}} \right)^3 = 293,18 \text{ millones de revoluciones}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot 3000} 294033 = \mathbf{1628 \text{ hs No verifica}}$$

Rodamiento de bolas con contacto angular 7211 BECBP

$$L_{10} = \left(\frac{49000 N}{\sqrt{4454,3N^2 + 110N^2}} \right)^3 = 1330 \text{ millones de revoluciones}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot 3000} 294033 = \mathbf{7390 \text{ hs No verifica}}$$

Según API 610 punto 6.10.1.6 pide un mínimo de vida L_{10h} de 16.000hs con los máximos esfuerzos axiales y radiales a la velocidad nominal. Para cumplir este requerimiento cambiamos el modelo de rodamiento y calculamos nuevamente.

Rodamiento de bolas 6311

$$L_{10} = \left(\frac{74100 N}{\sqrt{4454,3N^2 + 110N^2}} \right)^3 = 4600 \text{ millones de revoluciones}$$

$$L_{10h1} = \frac{10^6}{60 \cdot 3000} 294033 = \mathbf{25555 \text{ hs Verifica}}$$

Rodamiento de bolas con contacto angular 7311 BECBP

$$L_{10} = \left(\frac{85000 N}{\sqrt{4454,3N^2 + 110N^2}} \right)^3 = 6944 \text{ millones de revoluciones}$$

$$L_{10h2} = \frac{10^6}{60 \cdot 3000} 294033 = \mathbf{38578 \text{ hs Verifica}}$$

	<p align="center">DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p align="center">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-101</p>	<p align="center">Rev. 0 Pag. 61 de 67</p>
<p align="center">PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

$$L_{10h\ system} = \left(\left(\frac{1}{L_{10h1}} \right)^{\frac{3}{2}} + \left(\frac{1}{L_{10h2}} \right)^{\frac{3}{2}} \right)^{-2/3}$$

$$L_{10h\ system} = \left(\left(\frac{1}{25555} \right)^{\frac{3}{2}} + \left(\frac{1}{38578} \right)^{\frac{3}{2}} \right)^{-2/3} = 19.170\ hs$$

Selección de motor eléctrico

Se selecciona el motor eléctrico teniendo en cuenta la potencia de accionamiento calculada. Esta potencia es la última obtenida en el cálculo, teniendo en cuenta las pérdidas por viscosidad y el rendimiento mecánico de la bomba.

$$P_N = 95,37\ HP = 71,13\ kW$$

Los requerimientos de API 610 para motores eléctricos menciona:

7.1.1 The driver shall be sized to meet the maximum specified operating conditions, including bearing, mechanical seal, external gear, and coupling losses, as applicable, and shall be in accordance with the applicable specifications, as stated in the inquiry specification, data sheets, and order. The driver shall be suitable for satisfactory operation under the utility and site conditions specified.

7.1.5 Motors shall have nameplate power ratings, excluding the service factor (if any), at least equal to the percentages of power at pump rated conditions given in Table 12. However, the power at rated conditions shall not exceed the motor nameplate rating. The smallest acceptable motor power rating to be supplied is 5 hp (4 kW). If it appears that this procedure leads to unnecessary oversizing of the motor, an alternative proposal shall be submitted for the purchaser's approval.

Table 12—Power Ratings for Motor Drives

Motor Nameplate Rating		Percentage of Rated Pump Power
hp	kW	%
< 30	< 22	125
30 to 75	22 to 55	115
> 75	> 55	110

Por lo tanto, la potencia del motor deberá ser un 110% de la necesaria por la bomba en condiciones operativas máximas (condiciones utilizadas para el cálculo y diseño de la bomba).

$$P_N^* = 95,37\ HP \cdot 1,1 = 105\ HP$$

Se procede a seleccionar la siguiente medida comercial disponible 125HP. El rendimiento informado por el fabricante de ese modelo de motor es de 93,7%

$$P_M = 125\ HP \cdot 0,937 = 117\ HP > 105\ HP\ Verifica$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

CURVA DE DESEMPEÑO EN CARGA

Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula



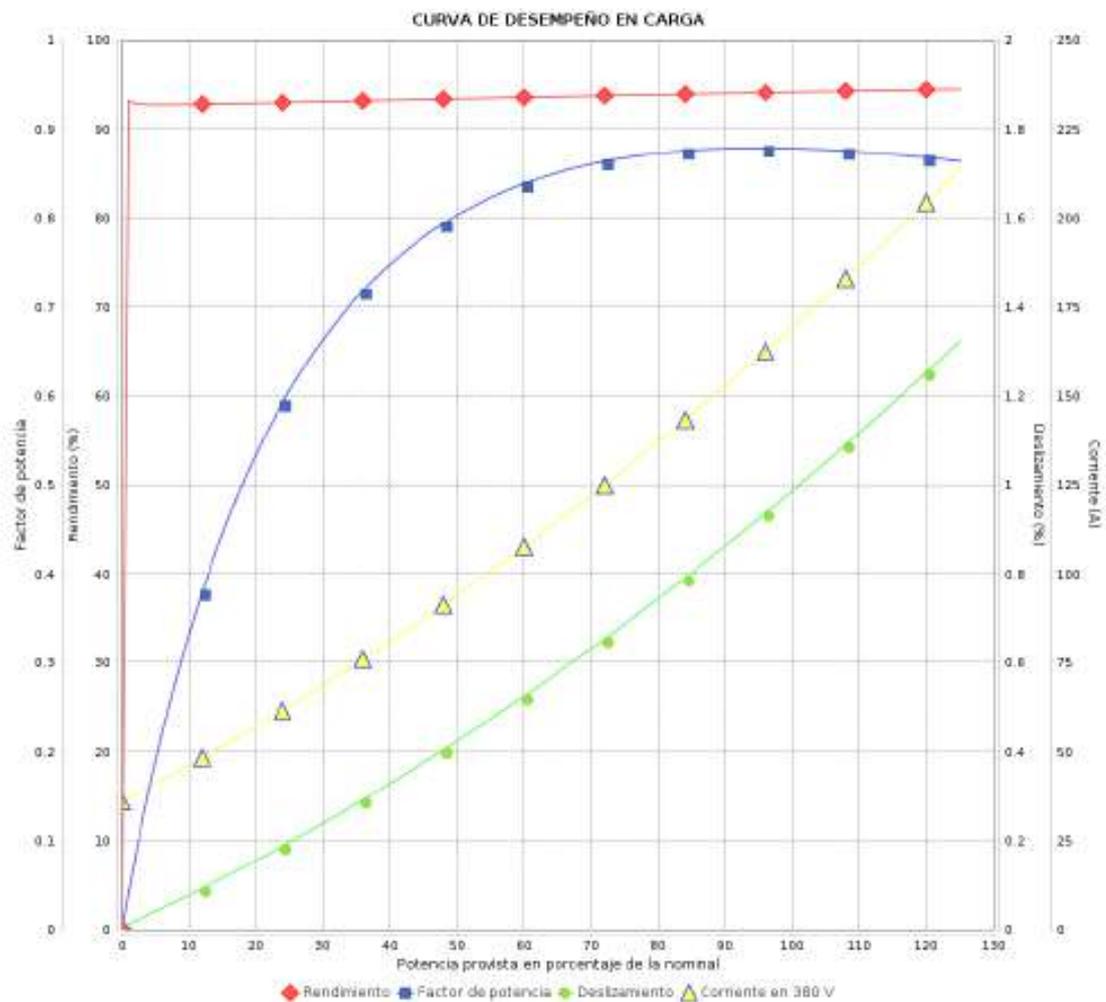
Cliente :

Línea del producto : W22 High Efficiency Trifásico

Código del producto :
Catalog # :

12215463

12530EP30FP444TS-W22



Desempeño : 380 V 50 Hz 2P

Corriente nominal : 168 A
I_p/I_n : 5.7
Torque nominal : 30.5 kgfm
Torque de arranque : 150 %
Torque máximo : 240 %
Rotación nominal : 2970 rpm

Momento de inercia (J) : 0.9626 kgm²
Régimen de servicio : Cont.(S1)
Clase de aislamiento : F
Factor de servicio : 1.15
Elevación de temperatura : 80 K
Categoría : B

	<p style="text-align: center;">DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m)</p> <p style="text-align: center;">BOMBAS CENTRIFUGAS OH2</p> <p style="text-align: center;">DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº:</p> <p style="text-align: center;">2020-G1-T2-GE-000-101</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0</p> <p style="text-align: center;">Pag. 64 de 67</p>
<p>PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

Selección de acoplamiento eje-motor

Para seleccionar el acoplamiento eje-motor partimos de los requisitos de la norma API 610 para los mismos.

7.2 Couplings

7.2.2 Unless otherwise specified, couplings shall be all-metal, spacer-type manufactured in accordance with AGMA 9000, Class 9. Additionally, couplings shall comply with the following:

a) Flexible elements shall be non-lubricated metal type of corrosion-resistant material.

b) Couplings shall be designed to positively retain the spacer if a flexible element ruptures.

NOTE The use of bolt heads or flexible element fasteners alone to retain the spacer if a flexible membrane ruptures might not provide adequate support because they are subject to wear if and when failure occurs.

c) Coupling hubs shall be steel.

d) The distance between the pump and driver shaft ends (distance between shaft ends, or DBSE) shall be greater than the seal cartridge length for all pumps other than OH type or at least 5 in. (125 mm) and shall permit removal of the coupling, bearing housing, bearings, seal, and rotor, as applicable, without disturbing the driver, driver coupling hub, pump coupling hub, or the suction and discharge piping. For BB and VS pump types, this dimension, DBSE, shall always be greater than the total seal length, *l*, listed in Table 7. NOTE The DBSE dimension usually corresponds to the nominal coupling spacer length.

e) Provision shall be made for the attachment of alignment equipment without the requirement to remove the spacer or dismantle the coupling in any way.

NOTE One way of achieving this is to provide at least 1 in. (25 mm) of bare shaft between the coupling hub and the bearing housing where alignment brackets can be located.

f) Couplings operating at speeds in excess of 3800 r/min shall meet the requirements of API 671 for component balancing and assembly balance check.

g) If specified, major coupling components (hubs, spacer/flex element, and weight-matched hardware) shall be balanced in accordance with ISO 21940-11, to the balance grade specified by the purchaser.

Lo más conveniente es utilizar un acoplamiento de un proveedor que garantice el cumplimiento de estos requerimientos.

El proveedor Flender en su catálogo presenta un modelo *N-ARPEX* compatible con API 610.

El acoplamiento se selecciona de acuerdo al catálogo en base al momento torsor que deberá transmitir.

$$T_N = 9550 \cdot P_N / n_N$$

$$P_N = \text{Potencia de accionamiento calculada} = 97 \text{ CV} = 72,3 \text{ kW}$$

$$T_N = 9550 \cdot 73 \text{ kW} / 3000 \text{ rpm}$$

$$T_N = 238,75 \text{ Nm} = \mathbf{0,24 \text{ kNm}}$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

TORSIONALLY RIGID ALL-STEEL COUPLINGS | N-ARPEX ARN-6/-8/-10 SERIES

GENERAL


Coupling suitable for use in potentially explosive atmospheres.

Complies with the current ATEX Directive for:

CE Ex II 2G Ex h IIC T6 ... T2 Gb X

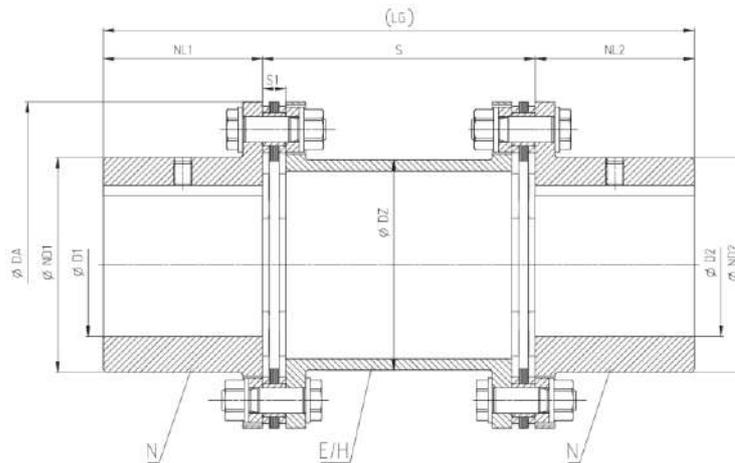
Ex II 2D Ex h IIIC T85 °C ... 250 °C Db X

Ex I M2 Ex h Mb X

Benefits

N-ARPEX couplings of the ARN-6/-8/-10 series are outstanding for their application-optimized construction. The NEN, BEB, MCECM, MFEFM series meet the requirement of **API 610**. Coupling type in accordance with **API 671** is also possible. For speeds of over 1,800 rpm the five-part version with pre-assembled intermediate unit is used.

A special catching device acts to secure the intermediate spacer in the event of plate breakage. Application of the N-ARPEX couplings in potentially explosive atmospheres in accordance with the current ATEX Directive is permitted.



Size DA	Rated torque T_{KN}	Maximum speed n_{Kmax}	Dimensions in mm								Preferred dimension V	LG	Article no. ¹⁾		Weight m
			D1/D2 Keyway DIN 6885-1 max.	ND1/ ND2	NL1/ NL2	DZ	S1	Shaft distance S		E spacer (NEN)			H spacer (NHN)	kg	
86-6	0.35	24000	42	56	45	45	8	53	300	100	190	2LC0370-0AA	2LC0370-0AL	1.9	
102-6	0.5	20000	55	72	55	60	8.7	54	300	100	210	2LC0370-1AA	2LC0370-1AL	2	
122-6	0.95	17000	65	85	65	73	8.8	65	300	100	230	2LC0370-2AA	2LC0370-2AL	5.1	
133-6	1.25	15000	75	96	75	85	9.6	65	300	100	250	2LC0370-3AA	2LC0370-3AL	6.4	
159-6	2.1	13000	80	104	80	97	11.6	80	300	100	260	2LC0370-4AA	2LC0370-4AL	9.6	
174-6	2.5	12000	90	118	85	116	12.8	80	300	100	270	2LC0370-5AA	2LC0370-5AL	11.8	
184-6	3.8	11000	95	124	90	123	14.6	95	350	140	320	2LC0370-6AA	2LC0370-6AL	16.4	
203-6	5	10000	100	135	95	128	15	100	350	140	330	2LC0370-7AA	2LC0370-7AL	21.3	
217-6	6.2	9500	110	143	105	140	15.4	105	350	140	350	2LC0370-8AA	2LC0370-8AL	24.4	
251-6	10.5	8000	120	160	110	160	20.6	130	350	180	400	2LC0371-0AA	2LC0371-0AL	38	
268-6	13.8	7500	130	170	130	166	22	140	350	180	440	2LC0371-1AA	2LC0371-1AL	48.6	
291-6	18.2	7000	145	190	140	188	22.8	140	350	180	460	2LC0371-2AA	2LC0371-2AL	62.8	
318-6	23	6500	155	205	150	197	23.2	150	400	200	500	2LC0371-3AA	2LC0371-3AL	83.9	
343-6	28	6000	170	230	160	223	24	150	400	200	520	2LC0371-4AA	2LC0371-4AL	104	

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Diseño de Skid

Para diseñar el skid donde iran montados la bomba junto al acoplamiento y motor, se consultan los requerimientos de API 610 para dicho diseño.

Standard Baseplates

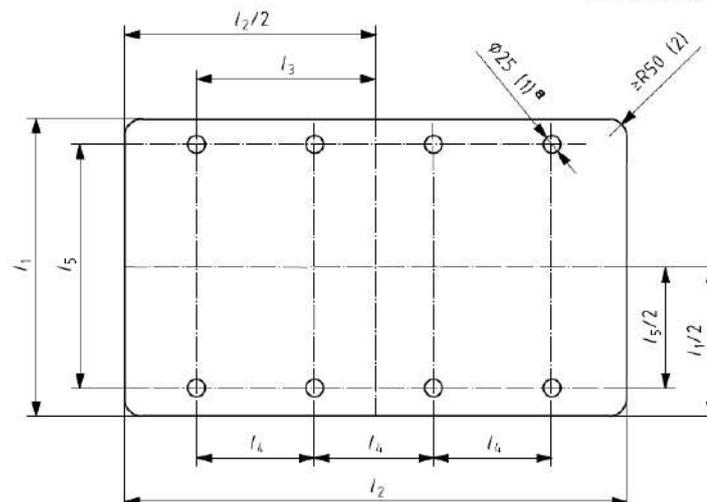
Table D.1—Dimensions of Standard Baseplates

Dimensions in inches (millimeters)

Baseplate Number	Number of Holes per Side	l_1 ± 0.5 (13)	l_2 ± 1.0 (25)	l_3 ± 0.12 (3)	l_4 ± 0.12 (3)	l_5 ± 0.12 (3)
2.5	3	36.0 (915)	60.5 (1535)	24.25 (615)	24.25 (615)	33.0 (840)
3	3	36.0 (915)	72.5 (1840)	30.25 (770)	30.25 (770)	33.0 (840)
3.5	4	36.0 (915)	84.5 (2145)	36.25 (920)	24.16 (615)	33.0 (840)
4	4	36.0 (915)	96.5 (2450)	42.25 (1075)	28.16 (715)	33.0 (840)
5	3	42.0 (1065)	72.5 (1840)	30.25 (770)	30.25 (770)	39.0 (990)
5.5	4	42.0 (1065)	84.5 (2145)	36.25 (920)	24.16 (615)	39.0 (990)
6	4	42.0 (1065)	96.5 (2450)	42.25 (1075)	28.16 (715)	39.0 (990)
6.5	5	42.0 (1065)	108.5 (2755)	48.25 (1225)	24.12 (615)	39.0 (990)
7	4	49.0 (1245)	84.5 (2145)	36.25 (920)	24.16 (615)	46.0 (1170)
7.5	4	49.0 (1245)	96.5 (2450)	42.25 (1075)	28.16 (715)	46.0 (1170)
8	5	49.0 (1245)	108.5 (2755)	48.25 (1225)	24.12 (615)	46.0 (1170)
9	4	55.0 (1395)	84.5 (2145)	36.25 (920)	24.16 (615)	52.0 (1320)
9.5	4	55.0 (1395)	96.5 (2450)	42.25 (1075)	28.16 (715)	52.0 (1320)
10	5	55.0 (1395)	108.5 (2755)	48.25 (1225)	24.12 (615)	52.0 (1320)
11	4	61.0 (1550)	84.5 (2145)	36.25 (920)	24.16 (615)	58.0 (1475)
11.5	4	61.0 (1550)	96.5 (2450)	42.25 (1075)	28.16 (715)	58.0 (1475)
12	5	61.0 (1550)	108.5 (2755)	48.25 (1225)	24.12 (615)	58.0 (1475)

NOTE See Figure D.1 for explanation of dimensions.

Dimensions in inches (millimeters)



^a For 3/4 in. (20 mm) anchor bolts.

Figure D.1—Standard Baseplate

	<p align="center">DESARROLLO BCV-01 (Q253m3, H64m)</p> <p align="center">BOMBAS CENTRIFUGAS OH2</p> <p align="center">DE ACUERDO A API 610</p>	<p align="center">UTN FRA Nº:</p> <p align="center">2020-G1-T2-GE-000-101</p>	<p align="center">Rev. 0</p> <p align="center">Pag. 67 de 67</p>
<p align="center">PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

Bibliografía

Listados de Equipos de diferentes Proyectos / Licitaciones

Catalogo FLOWSERVE - PS-10-5 HPX – Hydrocarbon Processing Pump

Catalogo GOULDS 3700

Catalogo GRUNDFOS - NB/NK – Bombas Normalizadas de Aspiración Axial

Catalogo KSB RPH – Bomba de proceso OH” de tipo heavy duty según ISO 13709 / API 610

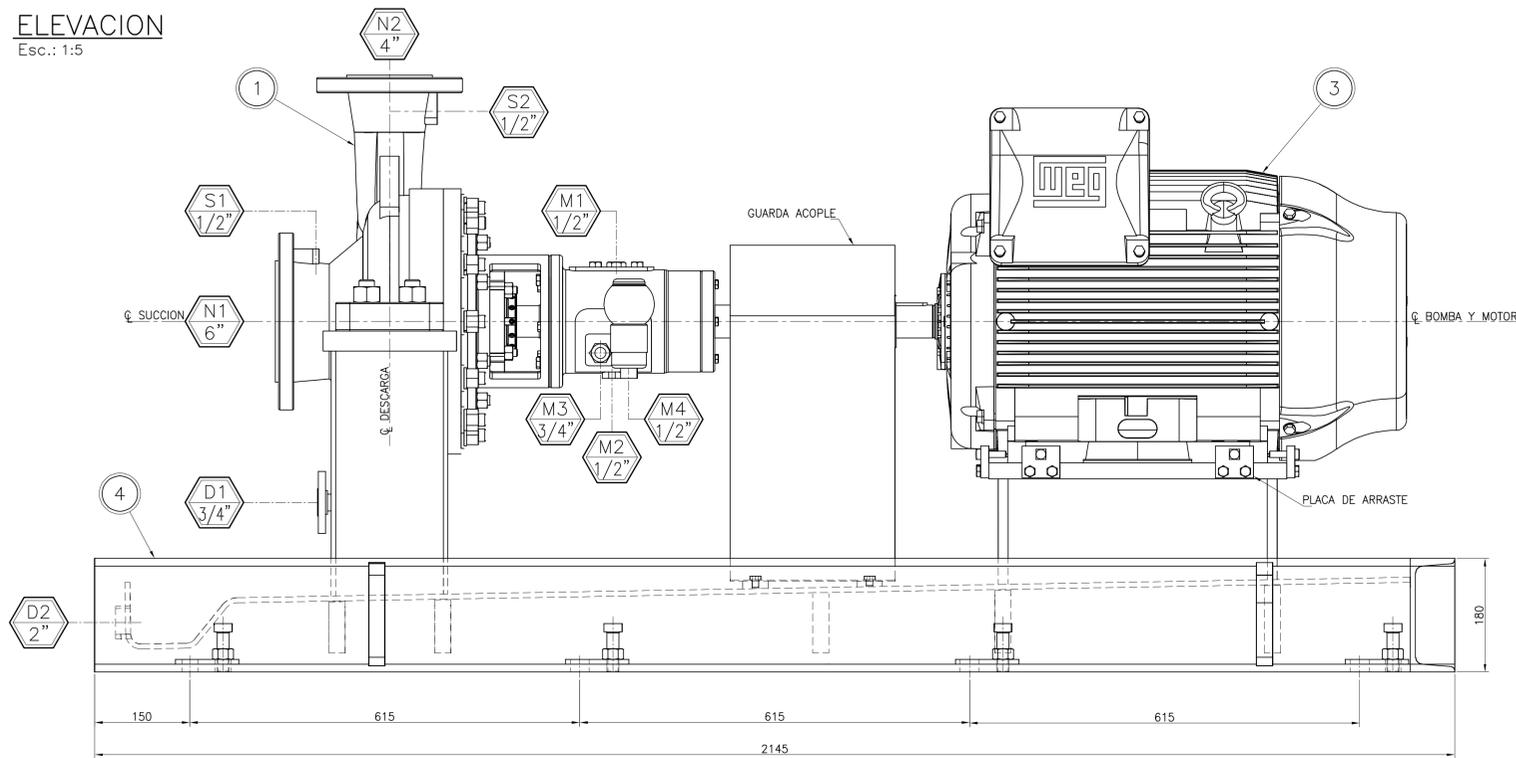
Catalogo OMEL - HDR – Bombas Centrifugas de Proceso para servicio pesado HDR API 610

Catalogo RUHRPUMPEN - SCE – Bomba API 610 de proceso, de una etapa, montada en eje central OH2

Catalogo SULZER - OHH and OHHL ISO 13709 (API 610) Type OH2 Single Stage End Suction Process Pumps

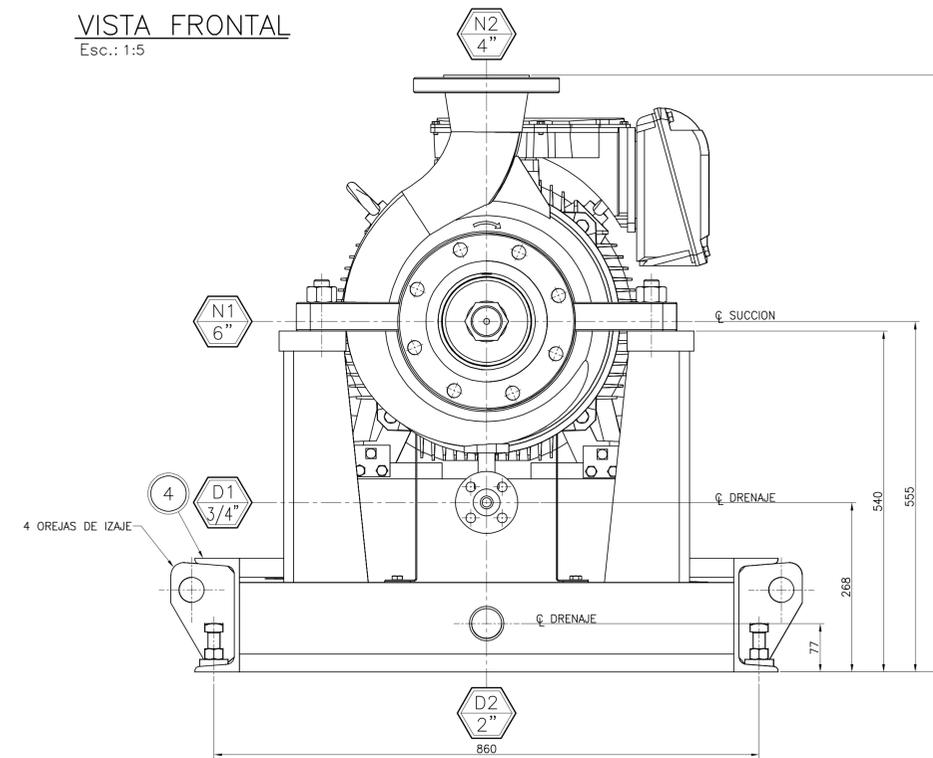
ELEVACION

Esc.: 1:5



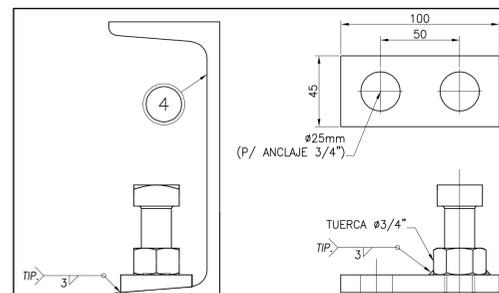
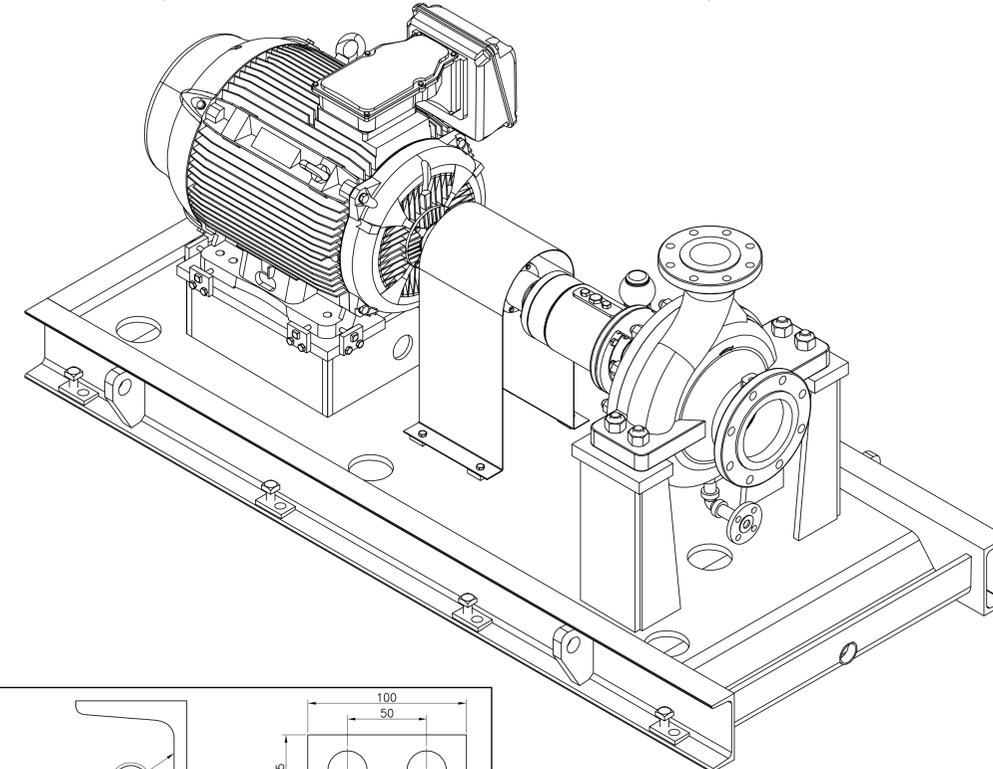
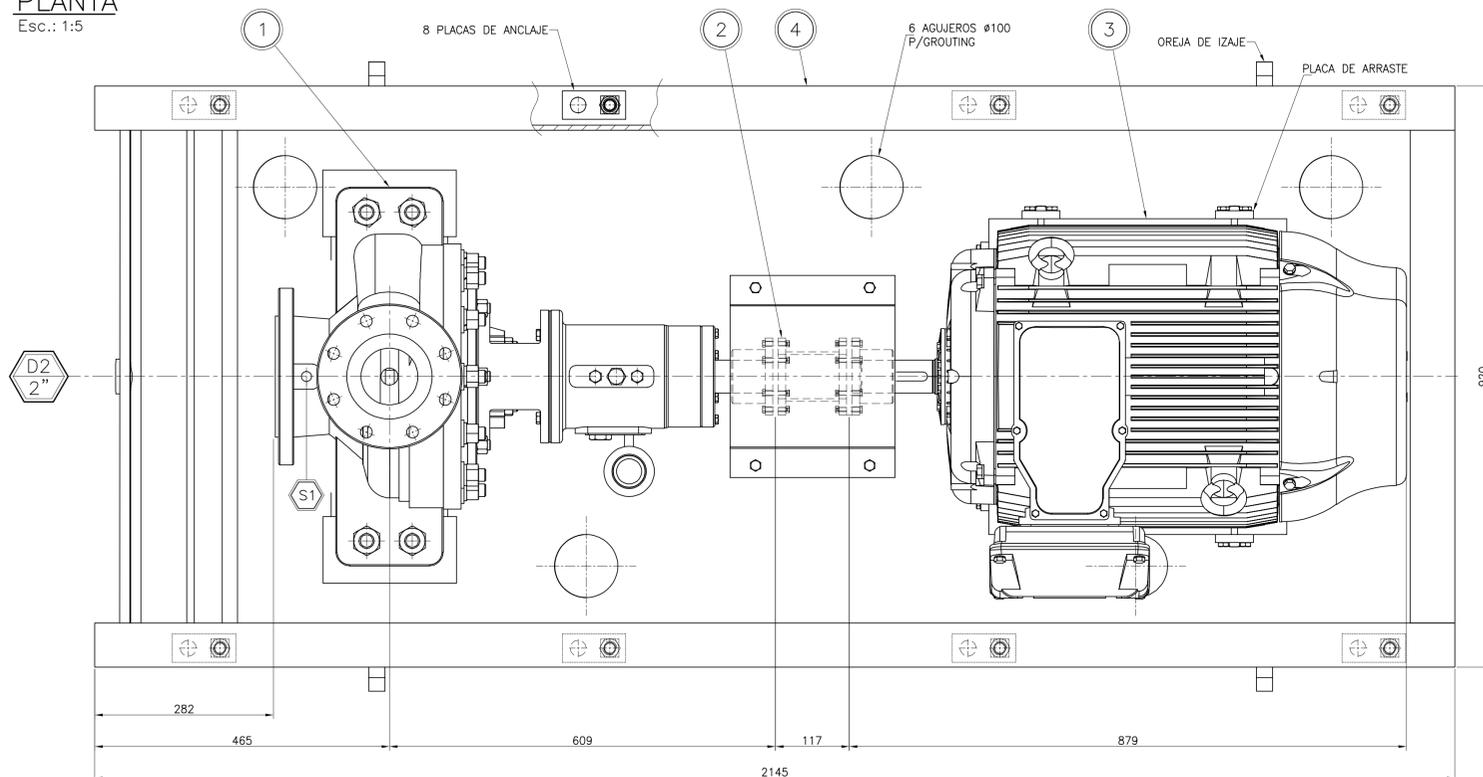
VISTA FRONTAL

Esc.: 1:5



PLANTA

Esc.: 1:5



CARGAS EN CONEXIONES

	SUCCION	DESCARGA
Fx	3113	1156
Fy	2046	1179
Fz	2491	1423
Fr	1370	773
Mx	2305	1329
My	1180	678
Mz	1763	1003
Mr	3132	1803

F=FUERZA (N) M=MOMENTO (Nm)

DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS

DOCUMENTO NUMERO	TITULO DEL DOCUMENTO
2020-G1-T2-GE-000-001	ALCANCE DEL PROYECTO
2020-G1-T2-GE-000-002	DEFINICION DE SERIE
2020-G1-T2-GE-000-101	DESARROLLO BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-GA-000-102	CORTE BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-101	RODOTE IMPULSOR BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-102	CARCASA VOLUTA BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-103	EJE BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-104	CUERPO UNION BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-105	PLACA TRASERA BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-106	CAJA PORTARODAMIENTO BOMBA BCV-01

LISTA DE PESOS

POS.	DESCRIPCION	PESO	DOCUMENTO NUMERO
01	CONJUNTO BOMBA	220 KG	2020-G1-T2-DT-000-102
02	ACOPLEMENTO FLEXIBLE	6 kg	-
03	MOTOR ELECTRICO	610 kg	COMERCIAL
04	SKID BASTIDOR	315 KG	-

PESO TOTAL: 1151 kg

LISTA DE CONEXIONES

MARCA	CANT.	#N	TIPO	SERIE	SERVICIO	UBICACION	OBSERVACION
N1	1	6"	RF	300#	SUCCION	CUERPO BOMBA	-
N2	1	4"	RF	300#	DESCARGA	CUERPO BOMBA	-
D1	1	3/4"	RF	300#	DRENAJE	CUERPO BOMBA	-
D2	1	2"	NPT	3000#	DRENAJE SKID	SKID	-
S1	1	1/2"	NPT	3000#	SELLO SUCCION	CUELLO SUCCION	-
S2	1	1/2"	NPT	3000#	SELLO DESCARGA	CUELLO DESCARGA	-
M1	1	1/2"	NPT	3000#	TAPON LLENADO ACEITE	CAJA PORTARODAMIENTO	-
M2	1	1/2"	NPT	3000#	TAPON LLENADO ACEITE	CAJA PORTARODAMIENTO	-
M3	1	3/4"	NPT	3000#	VISOR NIVEL DE ACEITE	CAJA PORTARODAMIENTO	C/D/O DE BUEY
M4	1	1/2"	NPT	3000#	CONEXION ACETERA	CAJA PORTARODAMIENTO	-

NOTAS GENERALES:

- TODAS LAS MEDIDAS EN mm, SALVO SE INDIQUE OTRA UNIDAD
- PINTURA:
 - PREPARACION SUPERFICIE EXTERIOR: CHORREADO ABRASIVO EN SECO (ISO 8501-1) Sa 2 1/2 - RUGOSIDAD TOTAL (RT), μm 25/35
 - IMPRIMACION: BASE DE ZINC Y SILICATO DE ETILO (DOS COMPONENTES), - 70 μm
 - ESMALTE EPOXIDICO DE TERMINACION CON ALTO CONTENIDO DE SOLIDOS CON OXIDO DE HIERRO MICACEO ("AUTOPRIMANTE"), 6 PINTURA ANTICORROSIVA EPOXIDICA CON ALTO CONTENIDO DE SOLIDOS (DOS COMPONENTES) - 100 μm
 - PINTURA: ESMALTE POLIURETANICO POLIURETANICO - 100 μm CROMATICIDAD: RAL 9006 (ALUMINIO)

DATOS GENERALES

TAG:	BCV-01	VOLTS:	380 v
Q Diseño:	253 m3	FRECUENCIA:	
H Diseño:	64 mts	RPM:	
CODIGO DE DISEÑO:	API 610		

MOTOR ELÉCTRICO

FABRICANTE:	WEG	VOLTS:	380 v
MODELO:	W22 12215463	FRECUENCIA:	50 Hz
POTENCIA:	100 HP	RPM:	2970
EFICIENCIA:	IE2		

ACOPLEMENTO

FABRICANTE:	FLENDER	TAMAÑO:	2LC0370-2AA
MODELO:	N-ARPEX	GUARDA-ACOPLE:	ALUMINIO

SELLO MECÁNICO

FABRICANTE:	EAGLE-BURGMANN
MODELO:	LL9UC #50mm
CODIGO DE DISEÑO:	API 682

REV	DESCRIPCION	FECHA	PROY.	EJEC.	CONTR.	APROB.
0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1	G1	G1
1	EMISION PARA APROBACION	20/10/23	G1	G1	G1	G1

PROYECTO FINAL - GRUPO N°01

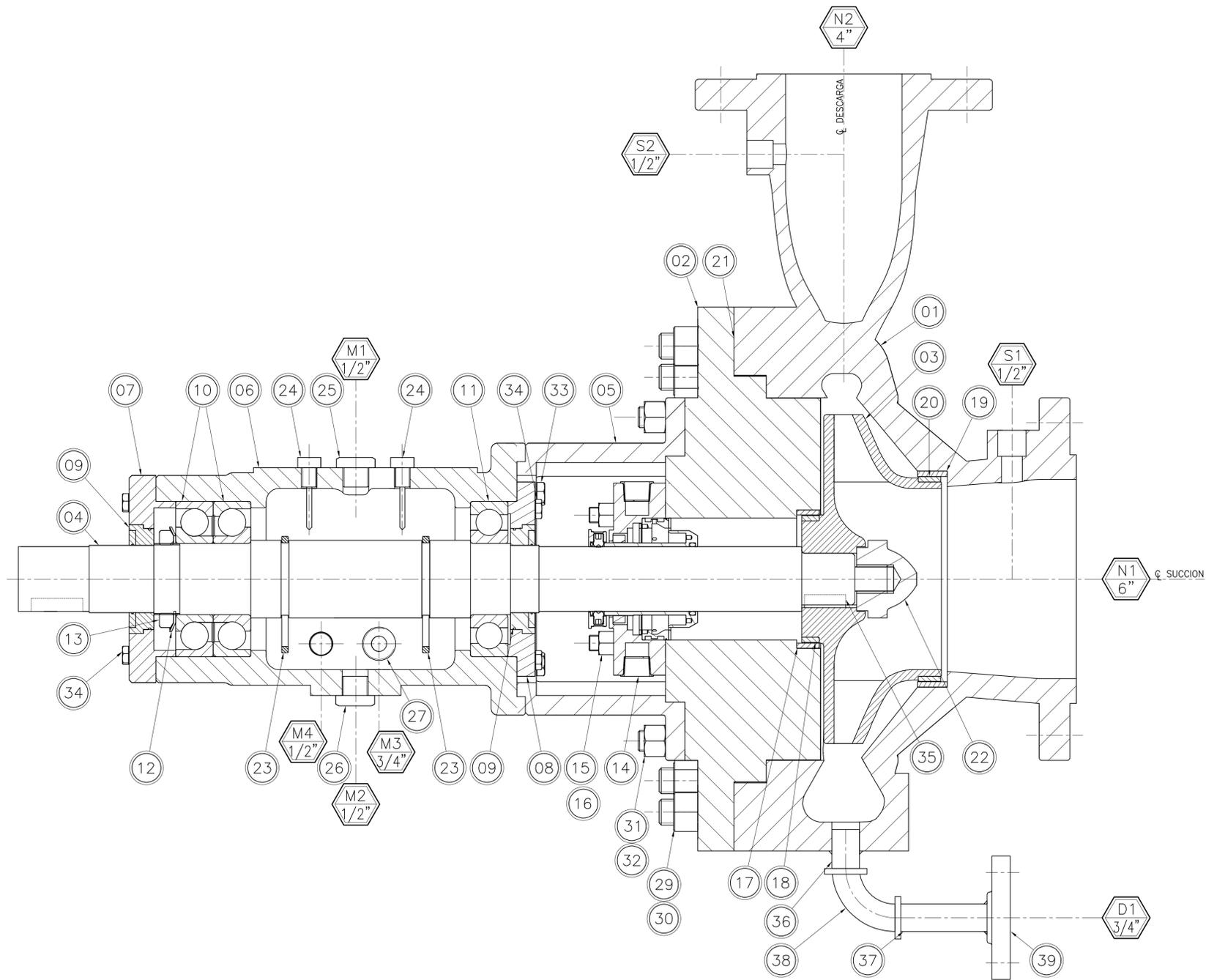
Docentes:	Alumnos:
• Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico	• BLASCO, Juan Ignacio
• Ayudante: Ing. MUZYKA, Hernan	• VILLAVERDE CONTINO, Camila
• Ayudante: Ing. TRONCOSO, Agustín	

PROYECTO FINAL	
AREA GENERAL	
BOMBA BCV-01	
CONJUNTO GENERAL	
CONJUNTO GENERAL	

CORTE

Esc.: 1:2

DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS	
DOCUMENTO NUMERO	TITULO DEL DOCUMENTO
2020-G1-T2-GE-000-001	ALCANCE DEL PROYECTO
2020-G1-T2-GE-000-002	DEFINICION DE SERIE
2020-G1-T2-GE-000-101	DESARROLLO BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-GA-000-101	CONJUNTO GENERAL BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-101	RODETE IMPULSOR BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-102	CARCASA VOLUTA BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-103	EJE BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-104	CUERPO UNION BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-105	PLACA TRASERA BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-106	CAJA PORTARODAMIENTO BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-LE-000-101	LISTADO DE MATERIALES BOMBA BCV-01



NOTAS GENERALES:
 1. TODAS LAS MEDIDAS EN mm, SALVO SE INDIQUE OTRA UNIDAD
 2- VER NOTAS GENERALES EN PLANO N° 2020-G1-T2-GA-000-101 - CONJUNTO GENERAL-

LISTA DE CONEXIONES							
MARCA	CANT.	ØN	TIPO	SERIE	SERVICIO	UBICACION	OBSERVACION
N1	1	6"	RF	300#	SUCCION	CUERPO BOMBA	-
N2	1	4"	RF	300#	DESCARGA	CUERPO BOMBA	-
D1	1	3/4"	RF	300#	DRENAJE	CUERPO BOMBA	-
D2	1	2"	NPT	3000#	DRENAJE SKID	SKID	-
S1	1	1/2"	NPT	3000#	SELLO SUCCION	CUELLO SUCCION	-
S2	1	1/2"	NPT	3000#	SELLO DESCARGA	CUELLO DESCARGA	-
M1	1	1/2"	NPT	3000#	TAPON LLENADO ACEITE	CAJA PORTARODAMIENTO	-
M2	1	1/2"	NPT	3000#	TAPON LLENADO ACEITE	CAJA PORTARODAMIENTO	-
M3	1	3/4"	NPT	3000#	VISOR NIVEL DE ACEITE	CAJA PORTARODAMIENTO	C/OJO DE BUEY
M4	1	1/2"	NPT	3000#	CONEXION ACETERA	CAJA PORTARODAMIENTO	-

NOTA IMPORTANTE
 VER LISTADO DE PARTES EN DOCUMENTO N°
 • 2020-G1-T2-LE-000-101 LISTADO DE MATERIALES BOMBA BCV-01

REQUERIMIENTOS P/PIEZAS MECANIZADAS		REQUERIMIENTOS P/CONSTRUCCIONES SOLDADAS	
Variaciones para dimensiones sin tolerancias - ISO 2768-11 (Clase m)		Variaciones para dimensiones sin tolerancias - ISO 13920 (Clase B)	
LONGITUDES	Max. del 0.5	LONGITUDES	Max. del 3
RECTITUD	Max. del 0.5	RECTITUD	Max. del 0.5
PARALELISMO	Max. del 0.5	PARALELISMO	Max. del 0.5
ANGULOS	Max. del 10	ANGULOS	Max. del 10
TERMINADO DE SUPERFICIES	Eliminación de rebabas	TERMINADO DE SUPERFICIES	Eliminación de rebabas

REV	DESCRIPCION	FECHA	PROY.	EJEC.	CONTR.	APROB.
0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1	G1	G1
A	EMISION PARA APROBACION	20/10/23	G1	G1	G1	G1

PROYECTO FINAL - GRUPO N°01
 Docentes:
 • Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico
 • Ayudante: Ing. MUZYKA, Hernan
 • Ayudante: Ing. TRONCOSO, Agustín
 Alumnos:
 • BLASCO, Juan Ignacio
 • VILLAVERDE CONTINO, Camila

UTN
 AREA GENERAL
 BOMBA BCV-01
 CORTE
 CONJUNTO GENERAL

PROYECTO FINAL

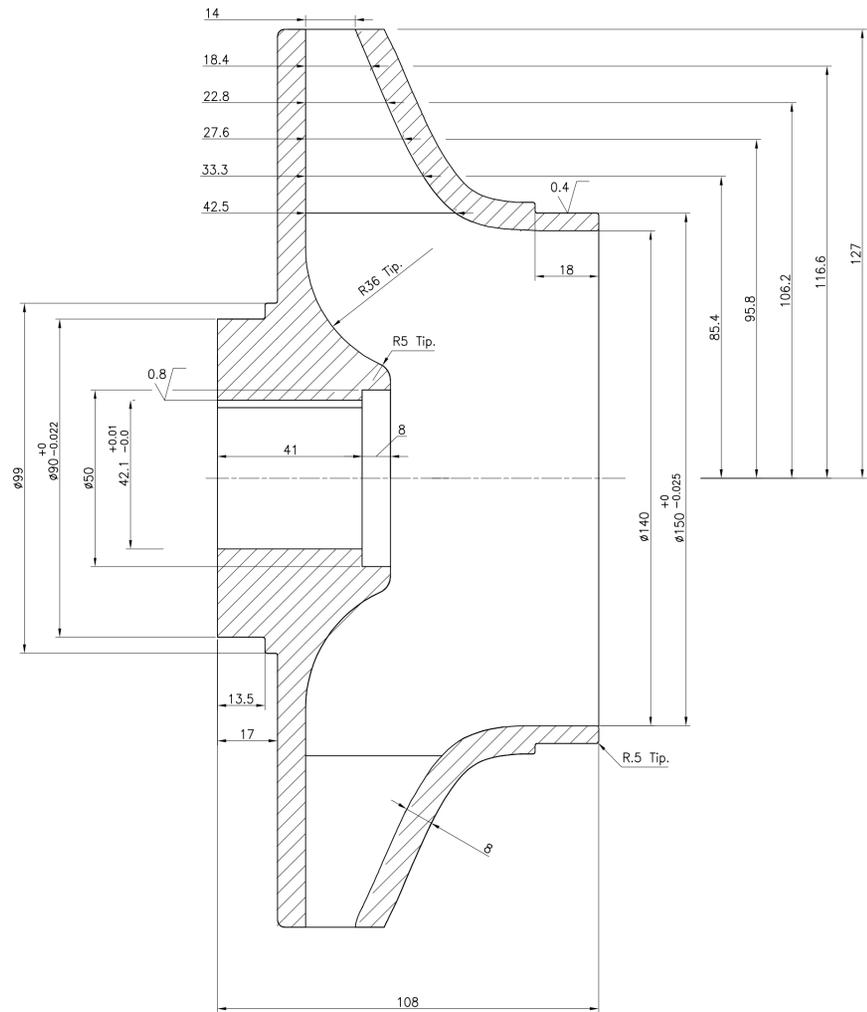
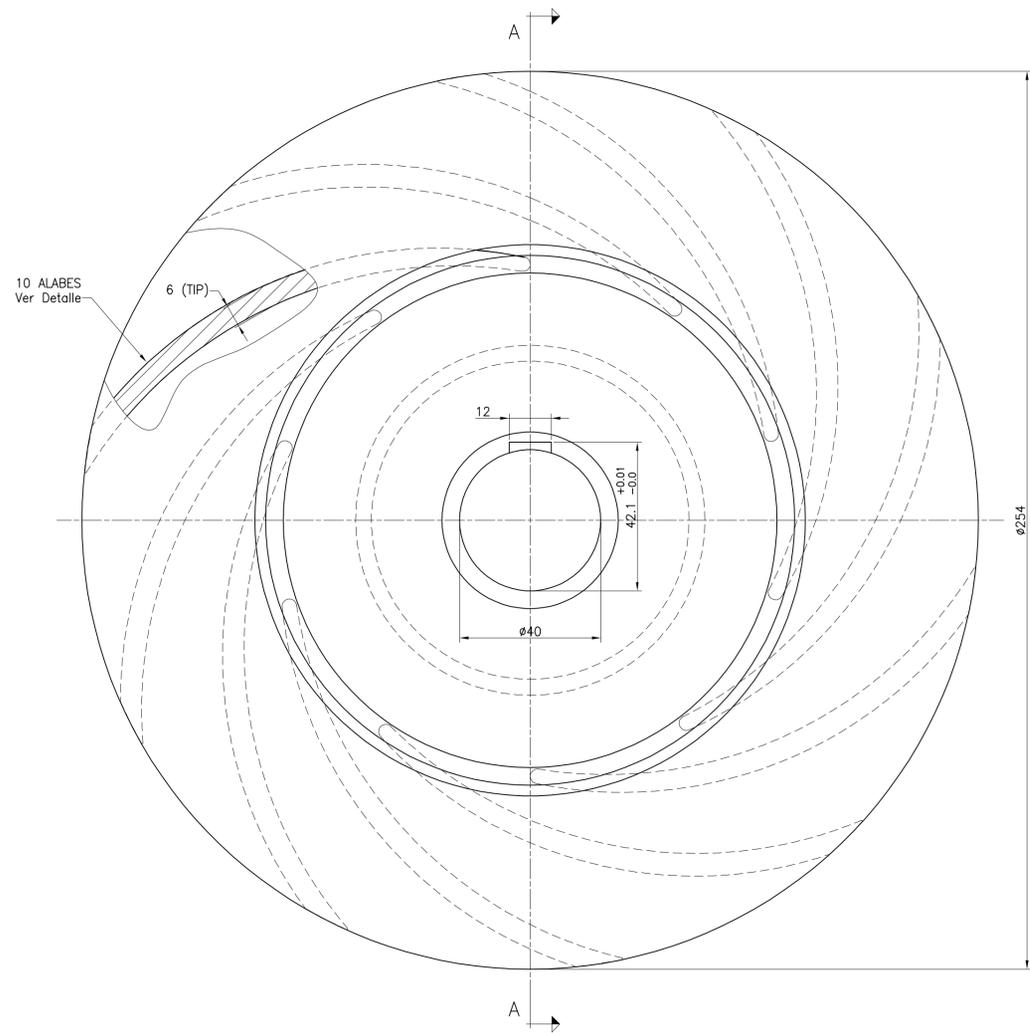
UTN FRA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DOCUMENTO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO, MODIFICARLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA.

2020-G1-T2-GA-000-102

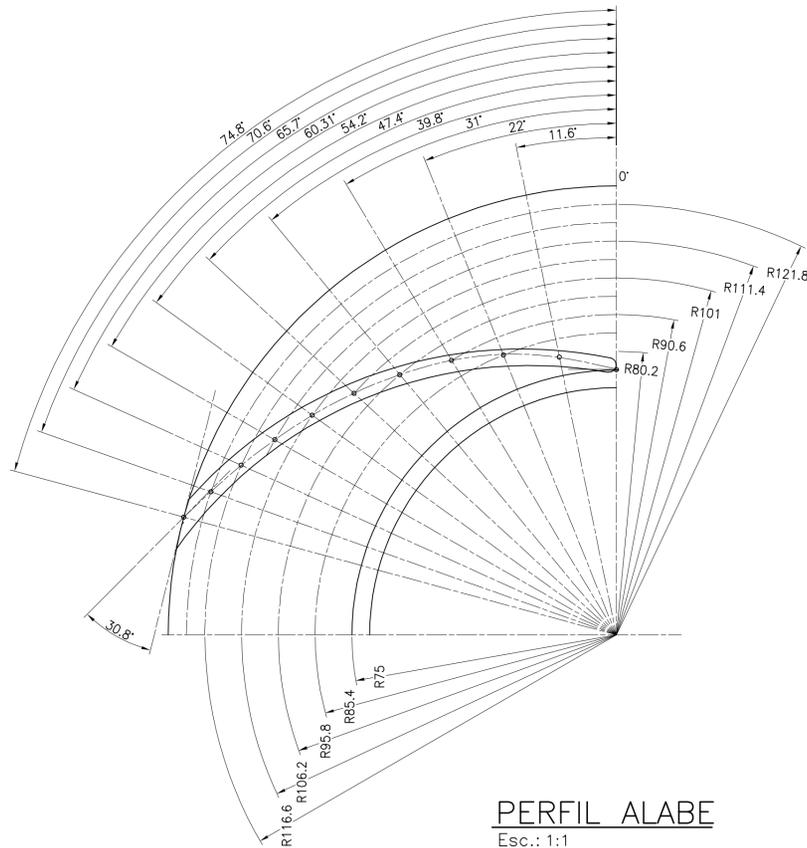
ESC.: 1:2 HOJA: 1 de 1

RODETE IMPULSOR

Esc.: 1:1



CORTE A-A
Esc.: 1:1



PERFIL ALABE
Esc.: 1:1

DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS

DOCUMENTO NUMERO	TITULO DEL DOCUMENTO
2020-G1-T2-GE-000-001	ALCANCE DEL PROYECTO
2020-G1-T2-GE-000-002	DEFINICION DE SERIE
2020-G1-T2-GE-000-101	DESARROLLO BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-GA-000-101	CONJUNTO GENERAL BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-GA-000-102	CORTE BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-102	CARCASA VOLUTA BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-103	EJE BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-104	CUERPO UNION BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-105	PLACA TRASERA BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-106	CAJA PORTARODAMIENTO BOMBA BCV-01

NOTAS GENERALES:

- TODAS LAS MEDIDAS EN mm, SALVO SE INDIQUE OTRA UNIDAD
- VER NOTAS GENERALES EN PLANO N° 2020-G1-T2-GA-000-101 - CONJUNTO GENERAL-
- LA TRANSICIÓN ENTRE SECCIONES DEBERÁ SER SUAVE Y LA SUPERFICIE DEBERÁ ESTAR LIBRE DE RESTOS O IMPERFECCIONES DEBIDAS A LA COLADA.
- ELIMINAR CANTOS VIVOS 0.5x45°
- MATERIAL: ASTM A48 Clase 25
CANTIDAD DE ALABES: 10
PESO: 6 Kg

REV	DESCRIPCIÓN	FECHA	PROY.	EJEC.	CONTR.	APROB.
0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1	G1	G1
A	EMISION PARA APROBACION	20/10/23	G1	G1	G1	G1

PROYECTO FINAL - GRUPO N°01	
Docentes: • Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico • Ayudante: Ing. MUZYKA, Hernan • Ayudante: Ing. TRONCOSO, Agustín	Alumnos: • BLASCO, Juan Ignacio • VILLALVERDE CONTINO, Camila

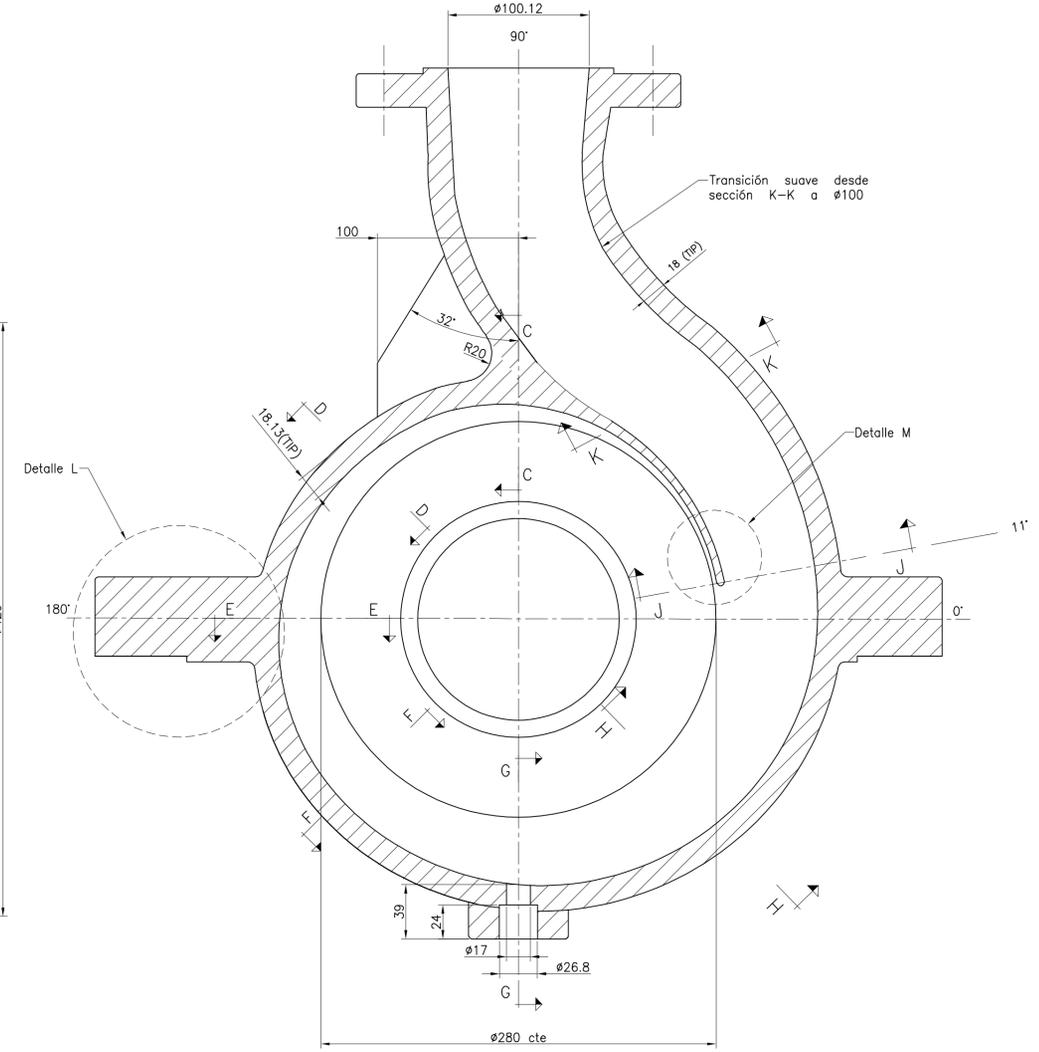
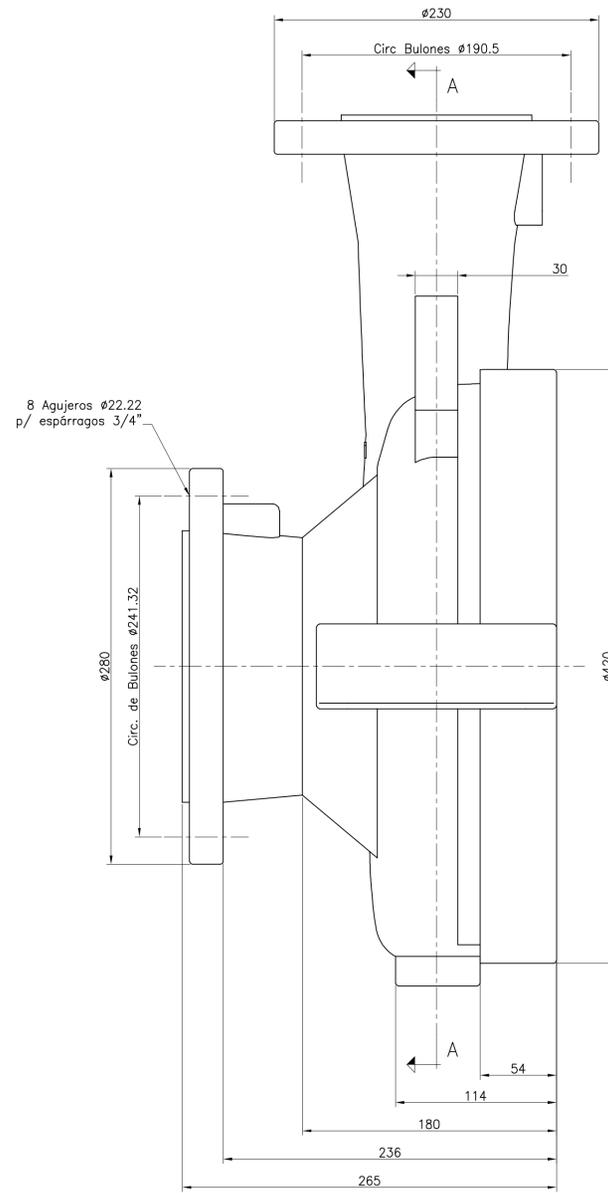
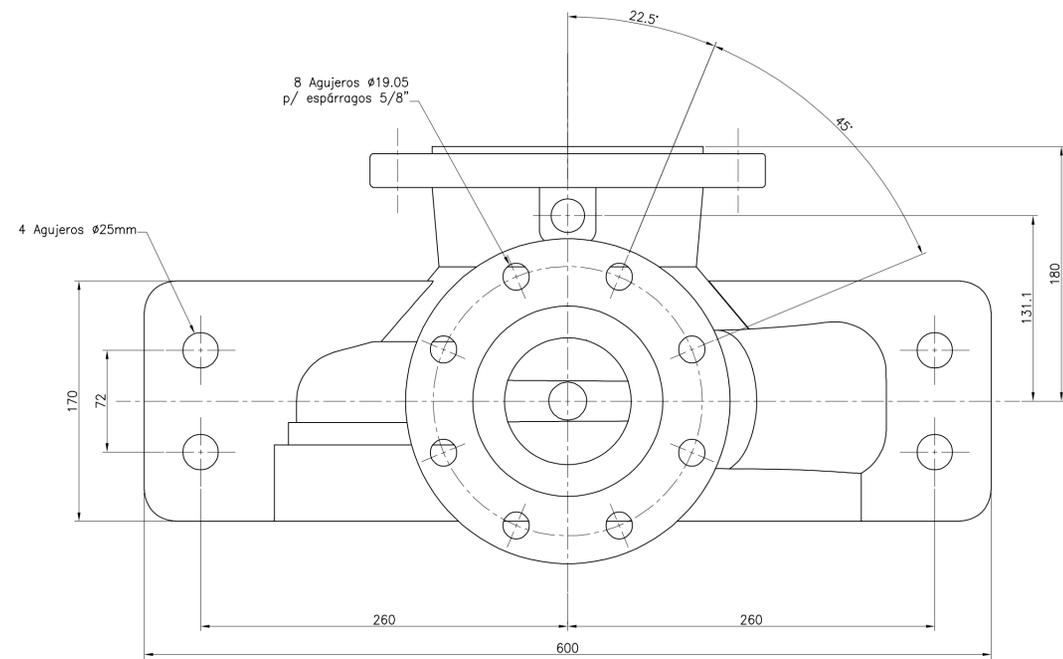
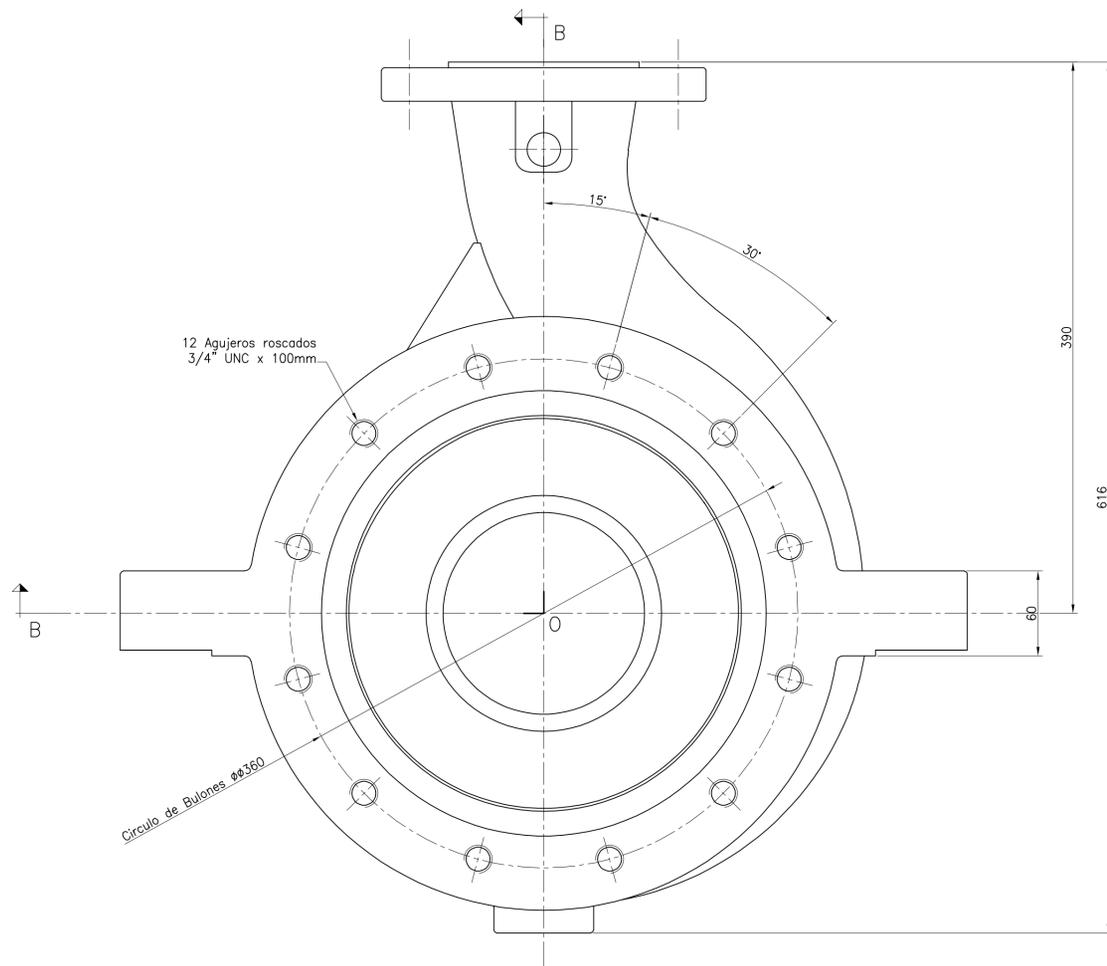
REQUERIMIENTOS P/PIEZAS MECANIZADAS	
Variaciones para dimensiones sin tolerancias - ISO 7/88-1 (Clase m)	
LONGITUDES	Hasta 6 30 120 400 1000 2000
REDONDEOS Y BISELES	Hasta 3 6 11.0
ANGULOS	Hasta 10 50 120 400
TERMINADO DE SUPERFICIES	
simbolo-RAM 4517	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
RAZONADO-en mm 505 (µm)	12.5 3.2 0.63 0.08
Eliminar cantos vivos y rebabas	



AREA GENERAL
BOMBA BCV-01
RODETE IMPULSOR
PLANO DE DETALLE

CARCASA VOLUTA

Esc.: 1:2



CORTE A-A

Esc.: 1:2

NOTAS GENERALES:

- TODAS LAS MEDIDAS EN mm, SALVO SE INDIQUE OTRA UNIDAD
 - VER NOTAS GENERALES EN PLANO N° 2020-G1-T2-GA-000-101 - CONJUNTO GENERAL-
 - LA TRANSICIÓN ENTRE SECCIONES DEL CANAL ESPIRAL DEBERÁ SER SUAVE Y LA SUPERFICIE DEBERÁ ESTAR LIBRE DE RESTOS O IMPERFECCIONES DEBIDAS A LA COLADA.
 - LA TERMINACIÓN DE LA CARA DE CONTACTO DE BRIDAS SERÁ SMOOTH FINISH 125-250 μ m Ra
 - LAS CARAS DE BRIDA EXPUESTAS SIN PINTAR SERÁN PROTEGIDAS DURANTE EL ALMACENAJE MEDIANTE RECUBRIMIENTO OLEOSO Y EMBALAJE PLÁSTICO.
 - ELIMINAR CANTOS VIVOS 0.5x45°
 - MATERIAL: PESO
- ASTM A-216 WCB
40 KG

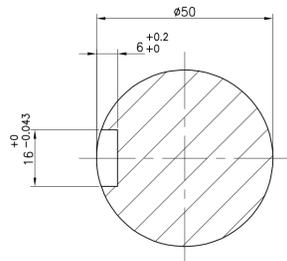
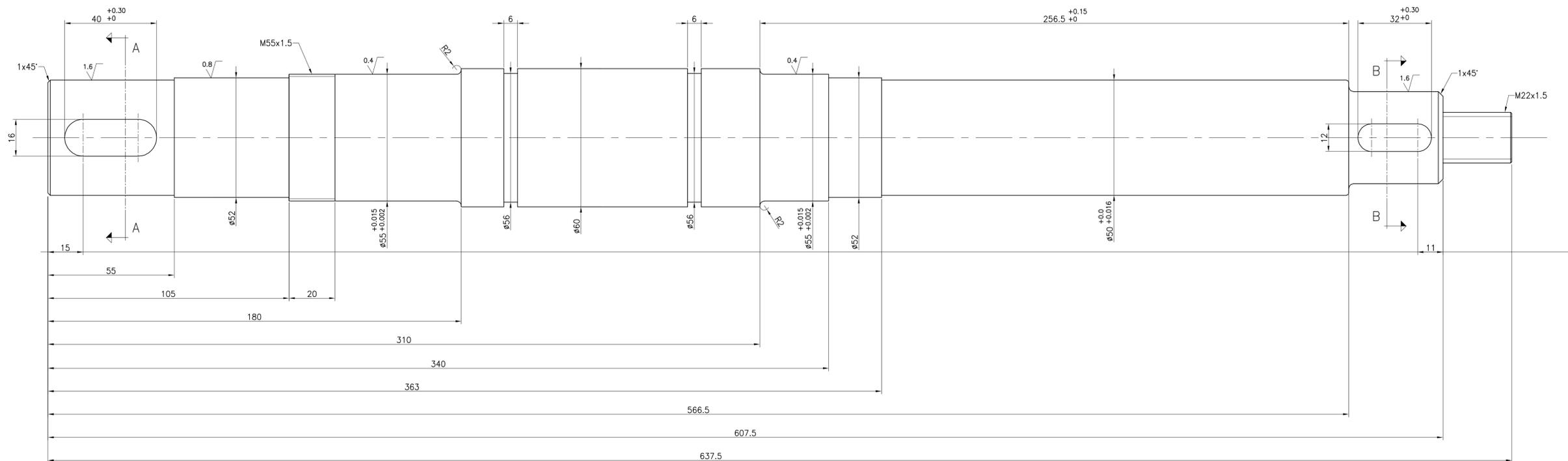
REQUERIMIENTOS P/PIEZAS MECANIZADAS	
Variaciones para dimensiones en tolerancias - ISO 2768-1 (ver tolerancias en especificación)	
LONGITUDES (clase m)	Hasta 6 30 120 400 1000 2000
REDONDEOS Y BISELES (clase m)	Hasta 0.5 3 6
ANGULOS (clase m)	Hasta 10 50 120 400
TERMINADO DE SUPERFICIES	
simbolo-IRAM 4517	12.5 3.2 0.63 0.063
R0.0320-IRAM 505 (m)	12.5 3.2 0.63 0.063
Eliminar cantos vivos y rebabas	

DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS	
DOCUMENTO NUMERO	TITULO DEL DOCUMENTO
2020-G1-T2-GE-000-001	ALCANCE DEL PROYECTO
2020-G1-T2-GE-000-002	DEFINICION DE SERIE
2020-G1-T2-GE-000-101	DESARROLLO BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-GA-000-101	CONJUNTO GENERAL BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-GA-000-102	CORTE BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-101	RODETE IMPULSOR BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-103	EJE BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-104	CUERPO UNION BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-105	PLACA TRASERA BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-106	CAJA PORTARODAMIENTO BOMBA BCV-01

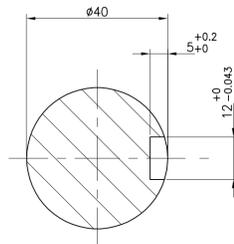
REV	DESCRIPCIÓN	FECHA	PROY.	EJEC.	CONTR.	APROB.
0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1	G1	G1
A	EMISION PARA APROBACION	20/10/23	G1	G1	G1	G1

PROYECTO FINAL - GRUPO N°01	
Docentes:	Alumnos:
• Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico	• BLASCO, Juan Ignacio
• Ayudante: Ing. MUZYKA, Hernán	• VILLAVERDE CONTINO, Camila
• Ayudante: Ing. TRONCOSO, Agustín	

PROYECTO FINAL	
UTN TUPAC KATARI	AREA GENERAL BOMBA BCV-01 CARCASA VOLUTA PLANO DE DETALLE
UTN FRA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DOCUMENTO CON PROHIBICIÓN DE REPRODUCIRLO, MODIFICARLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACIÓN ESCRITA.	2020-G1-T2-DT-000-102 ESC.: 1:2.5 HOJA: 1 de 2



CORTE A-A
Esc.: 1:1



CORTE B-B
Esc.: 1:1

NOTAS GENERALES:

- TODAS LAS MEDIDAS EN mm, SALVO SE INDIQUE OTRA UNIDAD
- VER NOTAS GENERALES EN PLANO N° 2020-G1-T2-GA-000-101 - CONJUNTO GENERAL - LA TRANSICIÓN ENTRE SECCIONES DEBERÁ SER SUAVE Y LA SUPERFICIE DEBERÁ ESTAR LIBRE DE RESTOS O IMPERFECCIONES DEBIDAS A LA COLADA.
- ELIMINAR CANTOS VIVOS 0.5x45°
- MATERIAL: ASTM A-576 Gr. 1045
PESO: 10 Kg

REV	DESCRIPCIÓN	FECHA	PROY.	EJEC.	CONTR.	APROB.
0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1	G1	G1
A	EMISION PARA APROBACION	20/10/23	G1	G1	G1	G1

DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS	
DOCUMENTO NUMERO	TITULO DEL DOCUMENTO
2020-G1-T2-GE-000-001	ALCANCE DEL PROYECTO
2020-G1-T2-GE-000-002	DEFINICION DE SERIE
2020-G1-T2-GE-000-101	DESARROLLO BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-GA-000-101	CONJUNTO GENERAL BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-GA-000-102	CORTE BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-101	RODete IMPULSOR BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-102	CARCASA VOLUTA BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-104	CUERPO UNION BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-105	PLACA TRASERA BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-106	CAJA PORTARODAMIENTO BOMBA BCV-01

PROYECTO FINAL - GRUPO N°01	
Docentes: • Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico • Ayudante: Ing. MUZYKA, Hernán • Ayudante: Ing. TRONCOSO, Agustín	Alumnos: • BLASCO, Juan Ignacio • VILLAVERDE CONTINO, Camila
PROYECTO FINAL	
 AREA GENERAL BOMBA BCV-01 EJE PLANO DE DETALLE	2020-G1-T2-DT-000-103 ESC.: 1:50 HOJA: 1 de 1
UTN FRA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DOCUMENTO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO, MODIFICARLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA.	

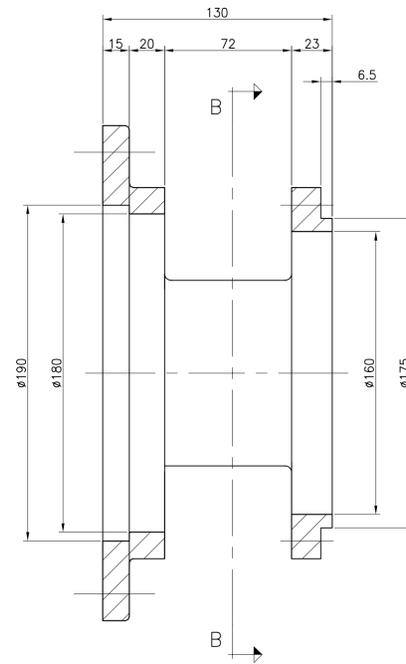
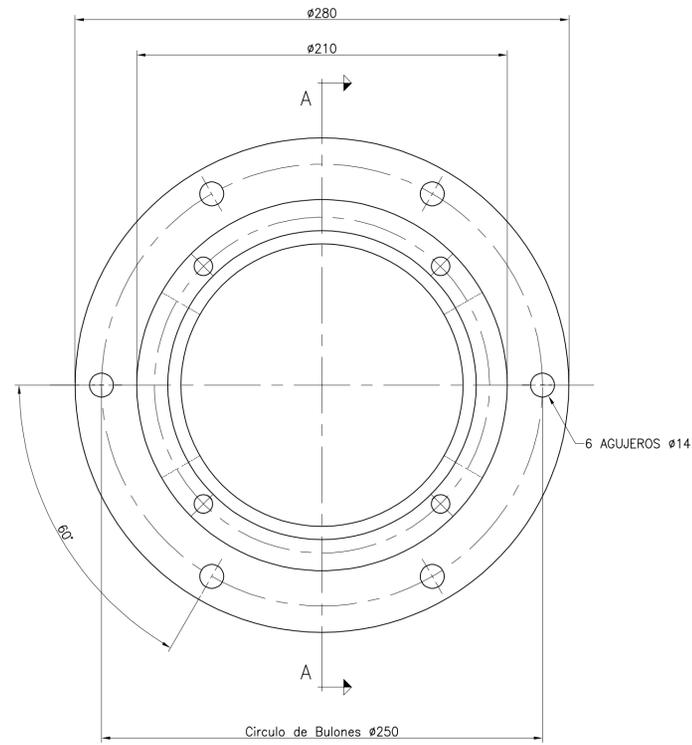
REQUERIMIENTOS P/PIEZAS MECANIZADAS
(Para especificaciones en: mm)

Variaciones por dimensiones en tolerancias - ISO 2768-1	
LONGITUDES	Más de 0.5 6 30 120 400 1000 2000
(clase m)	Hasta 6 30 120 400 1000 2000 4000
REDONDEOS Y BISELES	Más de 0.5 3 6
(clase m)	Hasta 0.2 0.5 1.0
ANGULOS	Más de 10 50 120 400
(clase m)	Hasta 10 50 120 400
TERMINADO DE SUPERFICIES	15° 20° 25° 30° 45°
simbolo-IRAM 4517	1° 10° 15° 20° 25° 30° 45°
R0.03200-1m-IRAM 505 (µm)	12.5 3.2 0.63 0.063

Eliminar cantos vivos y rebabas

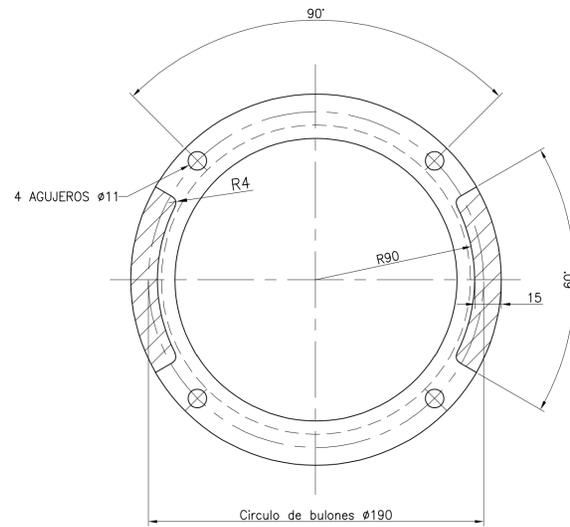
CUERPO UNION

Esc.: 1:2



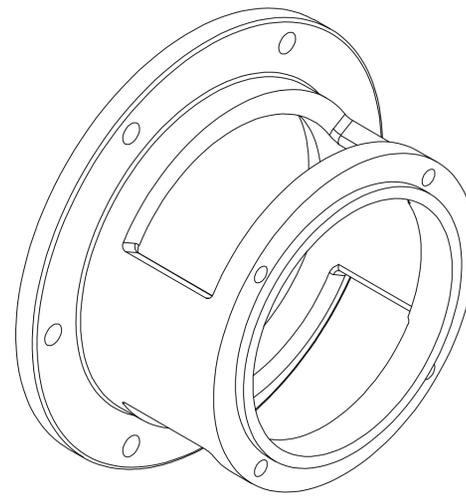
CORTE A-A

Esc.: 1:2



CORTE B-B

Esc.: 1:2



DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS

DOCUMENTO NUMERO	TITULO DEL DOCUMENTO
2020-G1-T2-GE-000-001	ALCANCE DEL PROYECTO
2020-G1-T2-GE-000-002	DEFINICION DE SERIE
2020-G1-T2-GE-000-101	DESARROLLO BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-GA-000-101	CONJUNTO GENERAL BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-GA-000-102	CORTE BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-101	RODETE IMPULSOR BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-102	CARCASA VOLLUTA BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-103	EJE BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-105	PLACA TRASERA BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-106	CAJA PORTARODAMIENTO BOMBA BCV-01

NOTAS GENERALES:

- TODAS LAS MEDIDAS EN mm, SALVO SE INDIQUE OTRA UNIDAD
- VER NOTAS GENERALES EN PLANO N° 2020-G1-T2-GA-000-101 - CONJUNTO GENERAL-
- ELIMINAR CANTOS VIVOS 0.5x45°
- MATERIAL: ASTM A-216 WCB

REV	DESCRIPCIÓN	FECHA	PROY.	EJEC.	CONTR.	APROB.
0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1	G1	G1
A	EMISION PARA APROBACION	20/10/23	G1	G1	G1	G1

PROYECTO FINAL - GRUPO N°01

Docentes:	Alumnos:
• Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico	• BLASCO, Juan Ignacio
• Ayudante: Ing. MUZYKA, Hernán	• VILLAVERDE CONTINO, Camila
• Ayudante: Ing. TRONCOSO, Agustín	

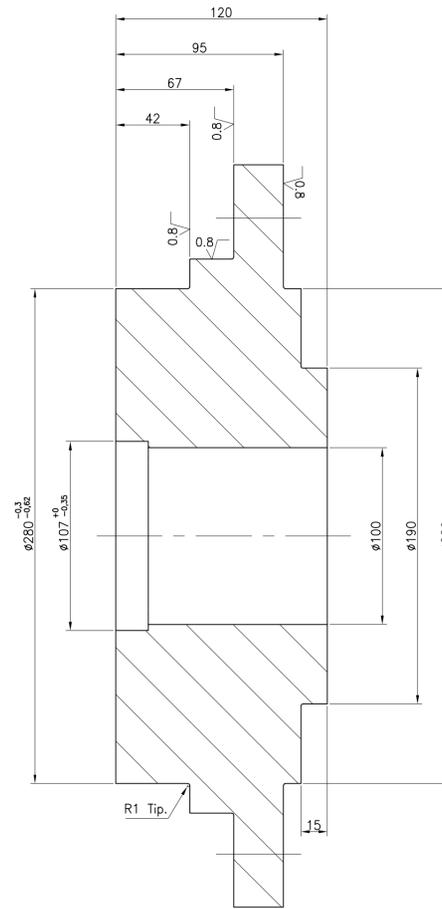
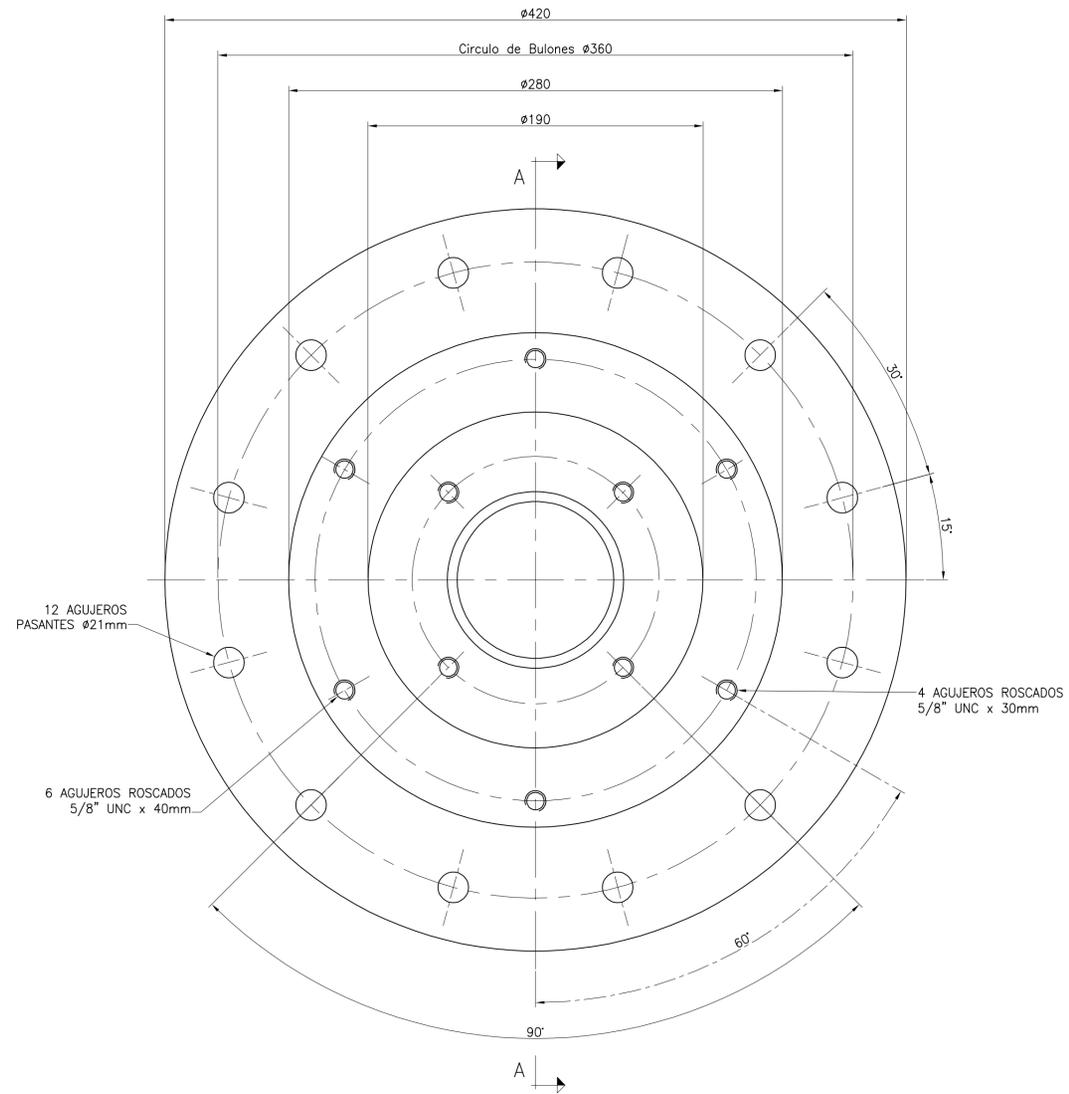
REQUERIMIENTOS P/PIEZAS MECANIZADAS	
Variaciones para dimensiones sin tolerancias - ISO 7/68-1 (clase m)	
LONGITUDES	0.5 1 2 3 4 5 6 8 10 12 15 20 25 30 40 50 60 80 100 120 150 200 250 300 400 500 600 800 1000 1200 1500 2000
REDONDEOS Y BISELES	0.2 0.5 1 1.5 2 3 4 5 6 8 10 12 15 20 25 30 40 50 60 80 100 120 150 200 250 300 400 500 600 800 1000 1200 1500 2000
ANGULOS	10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250
TERMINADO DE SUPERFICIES	
simbolo-RAM	4517
Eliminar cantos vivos y rebabas	



AREA GENERAL
BOMBA BCV-01
CUERPO DE UNION
PLANO DE DETALLE

PLACA TRASERA

Esc.: 1:2



CORTE A-A

Esc.: 1:2

DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS

DOCUMENTO NUMERO	TITULO DEL DOCUMENTO
2020-G1-T2-GE-000-001	ALCANCE DEL PROYECTO
2020-G1-T2-GE-000-002	DEFINICION DE SERIE
2020-G1-T2-GE-000-101	DESARROLLO BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-GA-000-101	CONJUNTO GENERAL BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-GA-000-102	CORTE BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-101	RODETE IMPULSOR BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-102	CARCASA VOLLUTA BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-103	EJE BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-104	CUERPO UNION BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-106	CAJA PORTARODAMIENTO BOMBA BCV-01

NOTAS GENERALES:

- TODAS LAS MEDIDAS EN mm, SALVO SE INDIQUE OTRA UNIDAD
- VER NOTAS GENERALES EN PLANO N° 2020-G1-T2-GA-000-101 - CONJUNTO GENERAL-
- ELIMINAR CANTOS VIVOS 0.5x45°
- MATERIAL: ASTM A48 Clase 25

REV	DESCRIPCIÓN	FECHA	PROY.	EJEC.	CONTR.	APROB.
0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1	G1	G1
A	EMISION PARA APROBACION	20/10/23	G1	G1	G1	G1

PROYECTO FINAL - GRUPO N°01	
Docentes: • Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico • Ayudante: Ing. MUZYKA, Hernan • Ayudante: Ing. TRONCOSO, Agustín	Alumnos: • BLASCO, Juan Ignacio • VILLAVERDE CONTINO, Camila

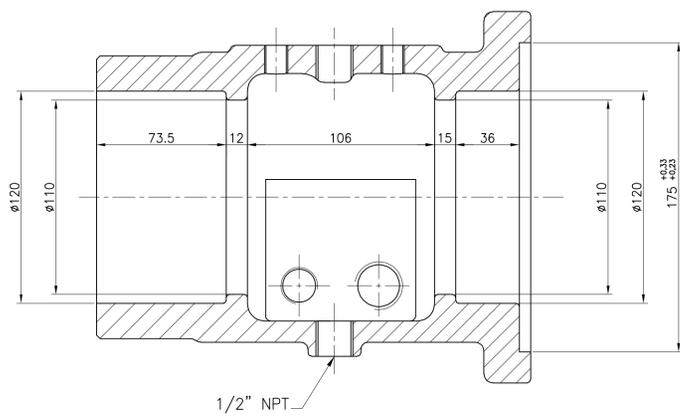
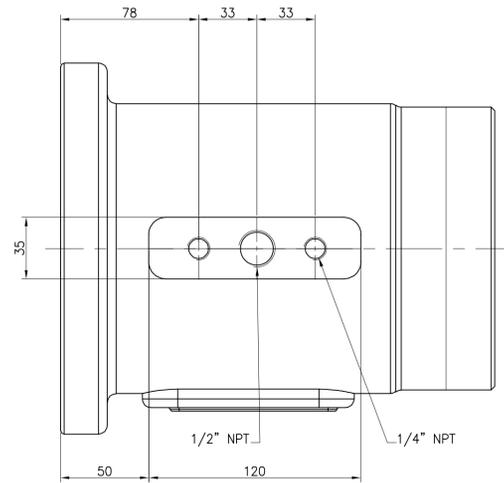
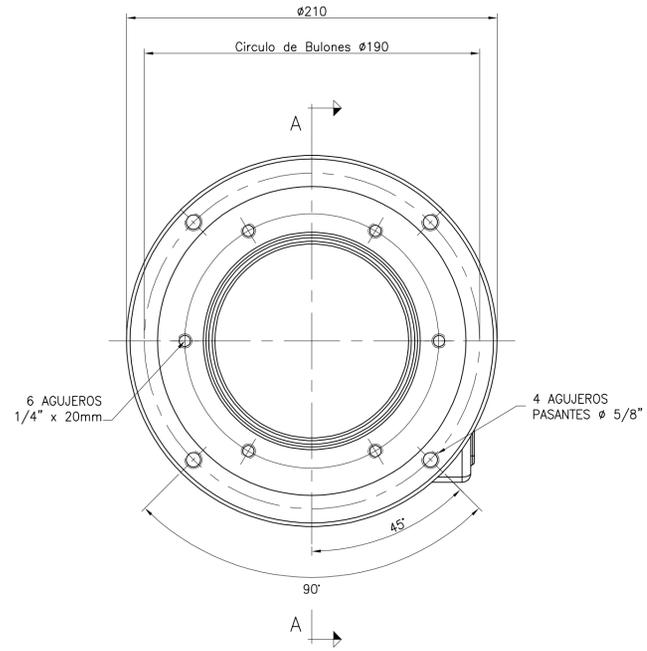
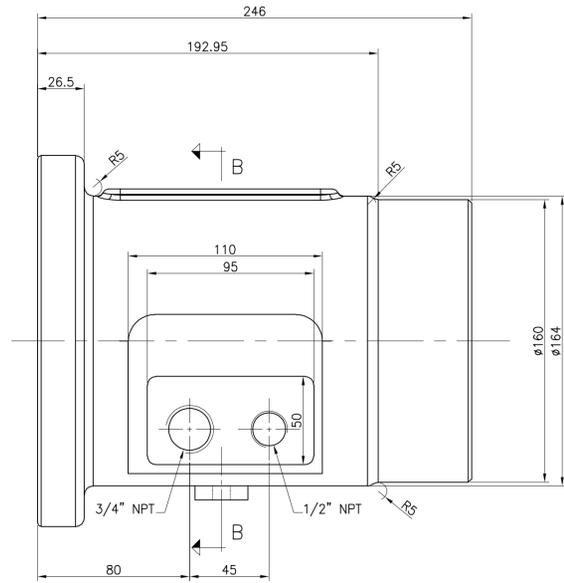
PROYECTO FINAL	
AREA GENERAL BOMBA BCV-01 PLACA TRASERA PLANO DE DETALLE	

UTN FRANCO ARGENTINA	UTN FRA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DOCUMENTO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO, MODIFICARLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA.	2020-G1-T2-DT-000-105	ESC.: 1:2	HOJA: 1 de 1	REVISION
----------------------------	---	-----------------------	-----------	--------------	----------

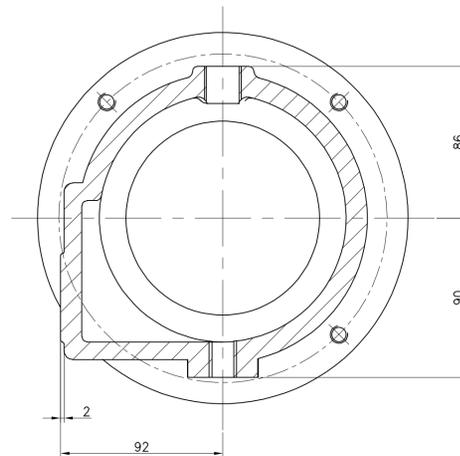
REQUERIMIENTOS P/PIEZAS MECANIZADAS	
Variaciones para dimensiones sin tolerancias - ISO 7/68-1 (Clase m)	
LONGITUDES (Clase m)	Men. de: 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000
REDONDEOS Y BISELES (Clase m)	Men. de: 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000
ANGULOS (Clase m)	Men. de: 10, 15, 20, 25, 30, 40, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165, 180, 195, 210, 225, 240, 255, 270, 285, 300, 315, 330, 345, 360
TERMINADO DE SUPERFICIES	
simbolo-RAM 4517	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100
R0.050-in Rm 0.05 (µm)	12.5, 3.2, 0.63, 0.08
Eliminar cantos vivos y rebabas	

CAJA PORTARODAMIENTOS

Esc.: 1:2



CORTE A-A
Esc.: 1:2



CORTE B-B
Esc.: 1:2

DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS

DOCUMENTO NUMERO	TITULO DEL DOCUMENTO
2020-G1-T2-GE-000-001	ALCANCE DEL PROYECTO
2020-G1-T2-GE-000-002	DEFINICION DE SERIE
2020-G1-T2-GE-000-101	DESARROLLO BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-GA-000-101	CONJUNTO GENERAL BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-GA-000-102	CORTE BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-101	RODETE IMPULSOR BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-102	CARCASA VOLUTA BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-103	EJE BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-104	CUERPO UNION BOMBA BCV-01
2020-G1-T2-DT-000-105	PLACA TRASERA BOMBA BCV-01

NOTAS GENERALES:

- TODAS LAS MEDIDAS EN mm, SALVO SE INDIQUE OTRA UNIDAD
- VER NOTAS GENERALES EN PLANO N° 2020-G1-T2-GA-000-101 - CONJUNTO GENERAL-
- ELIMINAR CANTOS VIVOS 0.5x45°
- MATERIAL: ASTM A-216 WCB

REV	DESCRIPCIÓN	FECHA	PROY.	EJEC.	CONTR.	APROB.
0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1	G1	G1
A	EMISION PARA APROBACION	20/10/23	G1	G1	G1	G1

PROYECTO FINAL - GRUPO N°01

Docentes:	Alumnos:
• Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico	• BLASCO, Juan Ignacio
• Ayudante: Ing. MUZYKA, Hernan	• VILLAVERDE CONTINO, Camila
• Ayudante: Ing. TRONCOSO, Agustín	

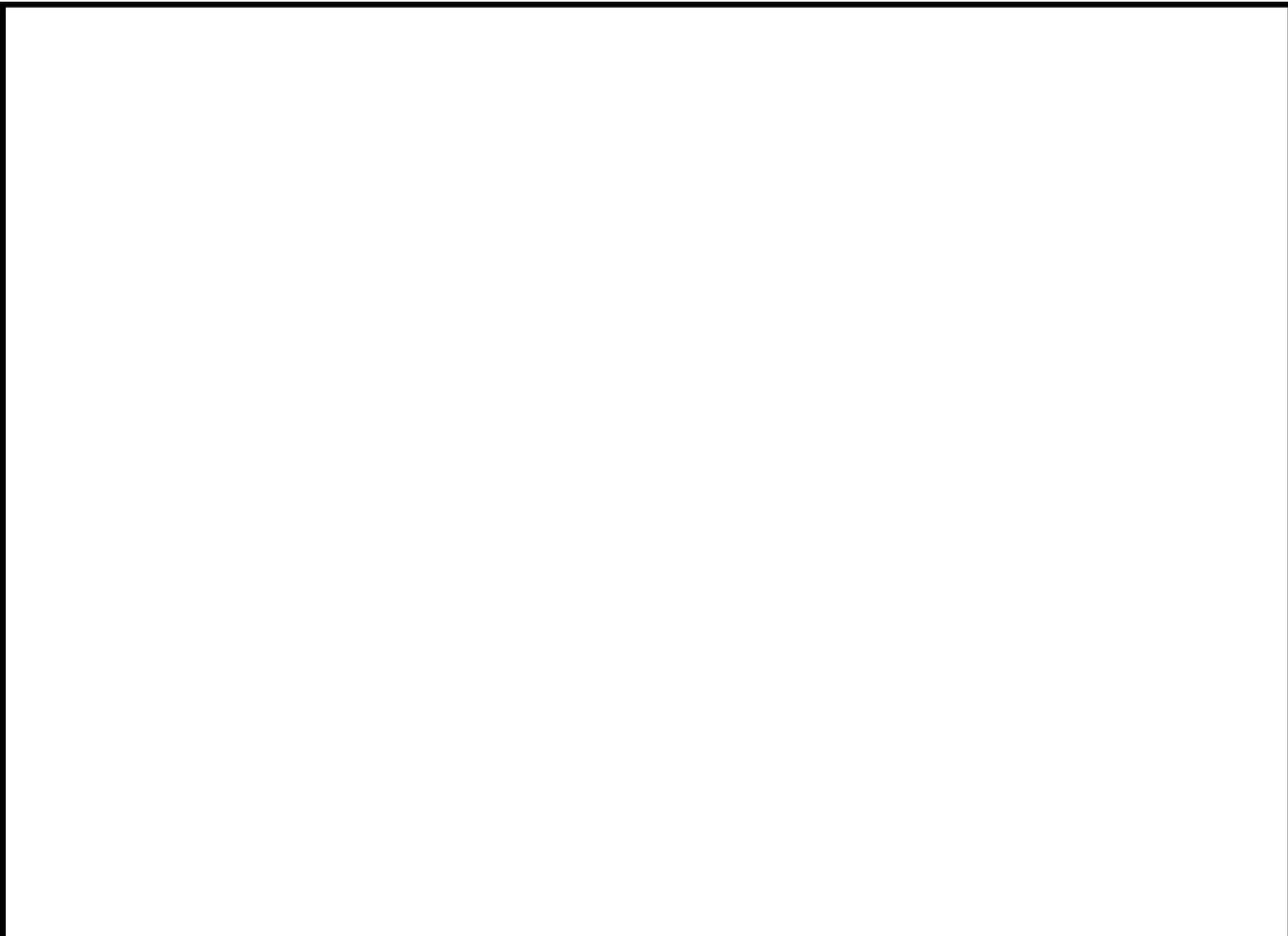
REQUERIMIENTOS P/PIEZAS MECANIZADAS	
Variaciones para dimensiones sin tolerancias - ISO 7/68-1 (clasificación de precisión)	
LONGITUDES (clase m)	Hasta 16 30 120 400 1000 2000 4000
REDONDEOS Y BISELES (clase m)	Hasta 0.2 0.5 1 1.5 2 3 4 6 10 15 20 30 40 50 60 80 100 120 150 200 300 400 500 600 800 1000 1200 1500 2000 3000 4000
ANGULOS (clase m)	Hasta 10 30 45 60 75 90 105 120 135 150 165 180 195 210 225 240 255 270 285 300 315 330 345 360
TERMINADO DE SUPERFICIES	
simbolo-RAM 4517	12.5 3.2 0.63 0.08
eliminar cantos vivos y rebabas	



AREA GENERAL
BOMBA BCV-01
CAJA PORTARODAMIENTO
PLANO DE DETALLE

PROYECTO FINAL

UTN FRA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DOCUMENTO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO, MODIFICARLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA.	2020-G1-T2-DT-000-106	ESC.: 1:2	HOJA: 1 de 1	REVISION
---	-----------------------	-----------	--------------	----------



0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1		
A	PARA APROBACION	08/06/20	G1	G1		
REV.	DESCRIPCION	FECHA	PROJ.	EJEC.	VERIF.	APROB

PROYECTO MAQUINA SERIADA – GRUPO N°01

<p>Docentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico Gaston • Ayudante: MUZYCA, Hernan • Ayudante: TRONCOSO, Agustín 	<p>Alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • BLASCO, Juan Ignacio • VILLAVERDE CONTINO, Camila
---	--

	PROYECTO FINAL	
	GENERAL	
	DESARROLLO BCV-03 (Q50m3, H50m)	
BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610		

UTN FRA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DOCUMENTO CON PROHIBICIÓN DE REPRODUCIRLO, MODIFICARLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACIÓN ESCRITA.	2020-G1-T2-GE-000-301		 REVISION
	ESC.: S/E	JOB: PF2020	

	<p align="center">DESARROLLO BCV-03 (Q50m3, H50m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p align="center">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-301</p>	<p align="center">Rev. 0 Pag. 2 de 68</p>
<p align="center">PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

Indice:

Trabajo Practico N°2	3
Máquina de Serie Base Empírica	3
Objetivo.....	3
Introducción	3
Alcance	3
Normas y Teorías Aplicables:	4
Diseño del Rodete	5
BCV 03: Desarrollo de Cálculos	15
Primera Aproximación:.....	15
Cálculo de la voluta - Dimensiones principales	29
Aros de desgaste	31
Verificación de cargas por FEA	33
Selección de Sello Mecánico	38
Categoría	38
Tipo	38
Arreglo	40
Sello arreglo 1 – tipo A.....	43
Plan de sello.....	44
Cámara de sello API 610	46
Selección de sello mecánico en catalogo EagleBurgmann	47
Selección de rodamientos	49
Selección de sello de aceite.....	51
Verificación vida útil de rodamientos.....	60
Selección de motor eléctrico	62
Selección de acoplamiento eje-motor.....	65
Diseño de Skid.....	67
Bibliografía	68

	<p style="text-align: center;">DESARROLLO BCV-03 (Q50m³, H50m)</p> <p style="text-align: center;">BOMBAS CENTRIFUGAS OH2</p> <p style="text-align: center;">DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA N°:</p> <p style="text-align: center;">2020-G1-T2-GE-000-301</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0</p> <p style="text-align: center;">Pag. 3 de 68</p>
<p>PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

Trabajo Practico N°2

Máquina de Serie Base Empírica

Objetivo

El objetivo de este documento es determinar la serie de Bombas Centrifugas OH2 de acuerdo a “API 610 - Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries” descritas en el documento “2020-G1-T2-000-001 – Alcance de Proyecto” a desarrollar por el Grupo N° 01 en la materia “Proyecto Final” de la carrera de Ingeniería Mecánica correspondientes a la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda a desarrollar durante el ciclo lectivo 2020.

Introducción

Impulsar líquidos a través de tuberías más o menos largas venciendo a veces con esto grandes desniveles geodésicos o diferencias de presión, es una exigencia tan importante y tan difundida en la técnica moderna que las maquinas que cumplen con esta tarea, las bombas, pueden ser consideradas como las que se instalan y aprovechan (junto con el motor eléctrico) con mayor frecuencia.

Las bombas rotativas han conquistado una situación de suma importancia, representan maquinas universales, no solo en cuanto al número de unidades en servicio, sino también en la multiplicidad de sus diseños y su adaptabilidad a las condiciones de servicio más diversas.

Las principales ventajas de estas bombas son:

- Ocupan mínimo espacio.
- Bajo peso.
- Marcha tranquila y equilibrada. (no existen fuerzas de inercia libres)
- Posibilidad de accionarlas a altas RPM.
- Gran seguridad de marcha.
- Desgaste mínimo.

Las principales desventajas de estas bombas son:

- Rendimiento inferior a las bombas de embolo.
- Altura de aspiración reducida.

Alcance

Como se detalló anteriormente en los documentos “2020-G1-T2-GE-000-001 - Maquina Seriada - Bombas Centrifugas - Alcance del Proyecto” y “2020-G1-T2-GE-000-002 - Maquina Seriada - Bombas Centrifugas - Definición de Serie” el alcance de este proyecto es el desarrollo, calculo y diseño para las siguientes bombas centrifugas tipo OH2

Caudal y Altura Promedio. Q=253 m³/h; H=64 mts

Para el caudal considerado como “Promedio” la serie a desarrollar será una carcasa con conexión de entrada Ø 6”, conexión de salida de Ø 4” e impulsor nominal Ø 10”. Adicionalmente se diseñará como

	<p align="center">DESARROLLO BCV-03 (Q50m³, H50m)</p> <p align="center">BOMBAS CENTRIFUGAS OH2</p> <p align="center">DE ACUERDO A API 610</p>	<p align="center">UTN FRA N°:</p> <p align="center">2020-G1-T2-GE-000-301</p>	<p align="center">Rev. 0</p> <p align="center">Pag. 4 de 68</p>
<p align="center">PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

mínimo un impulsor de un diámetro mayor al nominal y un impulsor de diámetro menor al nominal. Por lo tanto, la serie constará como mínimo con opciones de una carcasa y 3 impulsores.

Caudal y Altura. Q=50 m³/h; H=50 mts

Para el caudal considerado como “Mínimo con rendimiento aceptable” la serie a desarrollar será una carcasa con conexión de entrada Ø 4”, conexión de salida de Ø 3” e impulsor nominal Ø 8”.

Adicionalmente se diseñará como mínimo un impulsor de un diámetro mayor al nominal y un impulsor de diámetro menor al nominal. Por lo tanto, la serie constará como mínimo con opciones de una carcasa y 3 impulsores.

Caudal y Altura. Q=15 m³/h; H=80 mts

Para los caudales que hemos quitado del análisis por “Bajo rendimiento” la serie a desarrollar será una carcasa con conexión de entrada Ø 2”, conexión de salida de Ø 1.5” e impulsor nominal Ø 9”.

Adicionalmente se diseñará como mínimo un impulsor de un diámetro mayor al nominal y un impulsor de diámetro menor al nominal. Por lo tanto, la serie constará como mínimo con opciones de una carcasa y 3 impulsores.

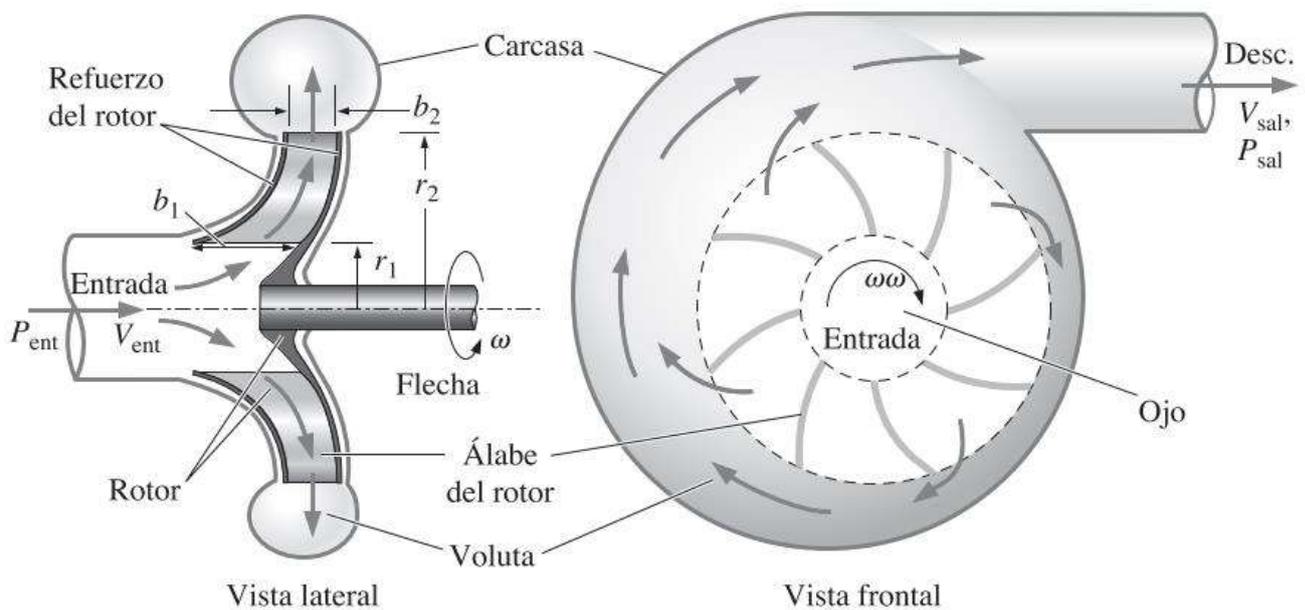
Normas y Teorías Aplicables:

- API 610 – Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries
- API 682 4th Ed. – Shaft Sealing Systems for Centrifugal and Rotary Pumps
- Ecuación de Euler para Bombas Centrifugas.
- ASME B16.5 – Pipe Flanges and Flanged Fittings
- AISC 329-09 – Detailing for Steel Construction.
- AISI S100 - North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members.
- AWS D1.1 – Structural Welding Code – Steel.
- SSPC - Steel Structures Painting Manual.
- ASTM - American Society for Testing and Materials

Diseño del Rodete

Para avanzar con el trazado y diseño de los rodetes, debemos entrar en el cálculo de sus dimensiones, ángulos característicos de las paletas y la determinación de estas últimas.

Para ello debemos distinguir las tres formas fundamentales (rodetes radiales, rodetes diagonales y rodetes axiales). En nuestro caso nos basaremos en rodetes radiales.



Vista lateral y frontal de una bomba centrífuga típica. El fluido ingresa en forma axial en el punto medio de la bomba (el ojo), es lanzado hacia la parte exterior de los alabes del rotor (o impulsor o rodete), luego pasa por el difusor de expansión (voluta) y se descarga por un lado de la bomba. Se define r_1 y r_2 como las ubicaciones radiales de los alevos del rotor en la entrada y la salida, respectivamente; b_1 y b_2 son los anchos de los alabes en la entrada y la salida del rotor, respectivamente.

Para proyectar una bomba, siempre se debe conocer la altura de elevación efectiva H y el caudal Q , los cuales hemos obtenido en etapas anteriores de este trabajo mediante un estudio de mercado. Otro dato conocido es el número de revoluciones n del motor de accionamiento, el cual será igual al número de revoluciones de la bomba para evitar cajas de engranajes de transmisión.

Las dimensiones principales del rodete que determinaremos son las siguientes:

- Diámetros d_1 y d_2
- Anchos b_1 y b_2
- Ángulos β_1 y β_2

Además, en el trazado completo, intervendrán el diámetro del eje d , y el diámetro del tubo de aspiración d_a

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

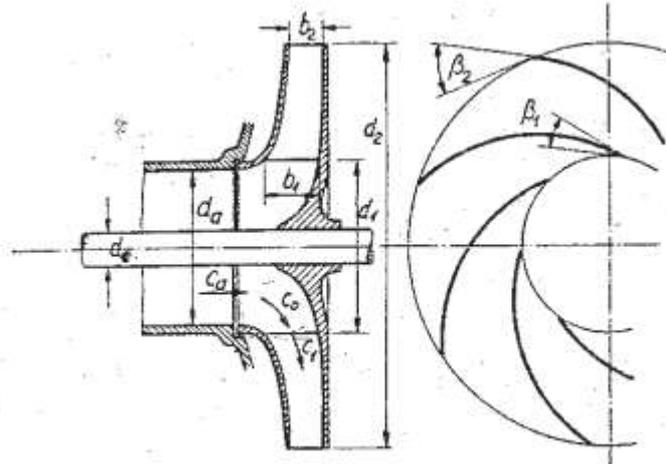


FIG. 124. — Dimensiones principales del rodete radial.

Para lograr una primera aproximación de los diámetros del rodete, aplicamos el siguiente método:

$$H = \eta_{man} \cdot \frac{u_2}{g} \cdot c_{2u}$$

Si utilizamos:

$$c_{2u} = \varepsilon \cdot u_2$$

La relación:

$$H = \varepsilon \cdot \eta_{man} \cdot \frac{2 \cdot u_2^2}{2 \cdot g} = \mu \cdot \frac{u_2^2}{2 \cdot g} \quad ; (Ec. 132)$$

Y la Relación de la altura efectiva a una “altura de velocidad” que corresponde a la velocidad u_2 en la circunferencia exterior del rodete.

$$\mu = \frac{H}{\frac{u_2^2}{2} \cdot g}$$

Introduciendo u_2 :

$$u_2 = d_2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60}$$

Logramos la siguiente ecuación:

$$H = \frac{\mu \cdot \pi^2}{2 \cdot g \cdot 60^2} \cdot d_2^2 \cdot n^2 = K_u \cdot d_2^2 \cdot n^2 \quad ; (Ec. 133)$$

Los dos valores μ y K_u se obtienen de los gráficos de las figuras 125 y 126 respectivamente. En ellos las curvas superiores corresponden a bombas radiales con paletas directrices, y las inferiores aproximadamente a bombas sin directrices detrás del rodete.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Estos valores son aplicables para rodetes con una relación de diámetro $d_2/d_1 = 1.7 - 2.3$, que es la gama normal para rodetes radiales.



Figura 125 – El coeficiente μ en función del ángulo β_2 para bombas radiales

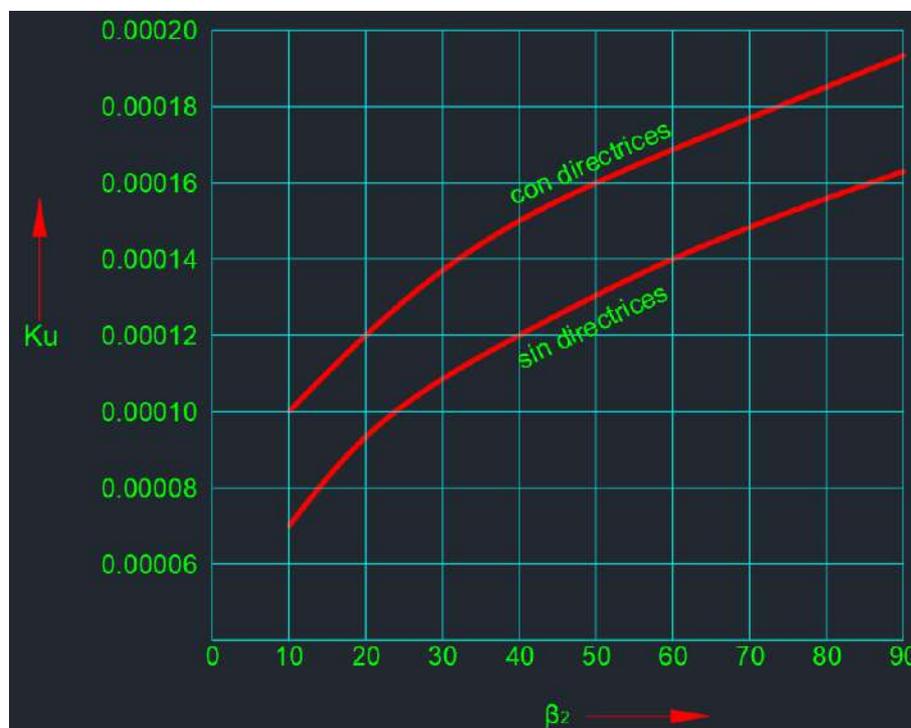


Figura 126 – El coeficiente K_u en función del ángulo β_2 para bombas radiales

Una vez determinado el diámetro exterior d_2 mediante las ecuaciones precedentes, hallamos también (eligiendo una relación conveniente d_2/d_1) el diámetro d_1 .

	DESARROLLO BCV-03 (Q50m³, H50m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610	UTN FRA N°: 2020-G1-T2-GE-000-301	Rev. 0 Pag. 8 de 68
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

En cuanto al diámetro d_a del tubo de aspiración, se debe conocer el diámetro del eje d_e y la velocidad de aspiración c_a , para lo cual se adoptan valores $c_a \approx 2 - 6$ m/seg

Para el cálculo del diámetro del eje sería necesario saber la potencia de accionamiento N . Como primera aproximación se puede estimar el rendimiento total η de la bomba, encontrándose por consiguiente la potencia N por:

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{75 \cdot \eta}$$

Para la dimensión del eje hay que tener en cuenta que su flexión (a causa del peso del rodete) no debe ni alcanzar el juego hidráulico en el intersticio J , ni apoyarse marcadamente en el eje sobre los prensaestopas para evitar desgastes rápidos. Además, su número crítico de revoluciones no debe encontrarse próximo al número de revoluciones de servicio de la bomba. Evidentemente, la determinación exacta de los diámetros del eje es un problema aparte. En general, y para lograr una idea más o menos correcta de d_e , se supone para el cálculo previo del eje una tensión de torsión τ bastante reducida, o sea para bombas con distancias de los soportes un valor:

$$\tau \approx 150 - 200 \text{ kg/cm}^2$$

Y para bombas largas (de múltiples escalones) un valor:

$$\tau \approx 70 - 90 \text{ kg/cm}^2$$

Con la potencia aproximada N y la tensión admisible τ resulta entonces el diámetro del eje:

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_d}{\pi \cdot \tau}} \quad [cm] \quad \text{: (Ec. 134)}$$

Siendo M_d el momento de torsión que se obtiene de

$$M_d = 71.620 \cdot \frac{N}{n} \quad [cm \cdot kg] \quad \text{: (Ec. 135)}$$

Finalmente hallamos el diámetro del tubo de aspiración por

$$Q + Q''_j \approx Q = (d_a^2 - d_e^2) \cdot \frac{\pi}{4} \cdot c_a$$

O sea

$$d_a = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot c_a} + d_e^2} \quad \text{: (Ec. 136)}$$

	DESARROLLO BCV-03 (Q50m3, H50m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610	UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-301	Rev. 0 Pag. 9 de 68
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Este diámetro debe ser bastante menor que d_1 para que forme un codo suave en la entrada del rodete y las paletas no tengan cantos de entrada en este codo, donde existe una velocidad elevada de la corriente (potencial) cerca de la pared exterior.

El ancho b_1 del rodete se determina según la ecuación de continuidad:

$$b_1 \cdot d_1 \cdot \pi \cdot c_{0m} = Q + Q_j$$

Si el borde de entrada se halla bastante lejos del codo de entrada, la velocidad meridional c_{0m} se torna prácticamente igual a c_0 . Encontramos, pues para el ancho b_1 :

$$b_1 = \frac{Q}{\eta_v} \cdot \frac{1}{d_1 \cdot \pi \cdot c_0} \quad ; (Ec. 137)$$

Es usual adoptar para la velocidad c_0 la misma magnitud que para c_a , o hacerla un poco más grande que c_a . Por una parte, se quiere evitar que una velocidad elevada de ataque del flujo en los bordes de entrada de las paletas origine pérdidas sensibles por “choque”. Además, una velocidad elevada aumenta fuertemente el peligro de la cavitación y disminuye la altura de aspiración. Por otra parte, no conviene retardar la corriente justamente en el codo de entrada para evitar las consecuencias perjudiciales que intervendrían en forma marcada en este lugar respecto a desprendimientos de la capa límite. En síntesis, resulta una velocidad meridional c_0 según:

$$c_0 = k \cdot c_a$$

Siendo normalmente $k \approx 1.0$ a 1.05

La determinación del ángulo de entrada β_1 de los alabes exige conocimiento de la velocidad c_1 , porque:

$$\tan \beta_1 = \frac{c_1}{u_1}$$

Pero depende del estrechamiento del flujo, lo que quiere decir que, para cierto número de paleta z y cierto espesor s_1 de estas, la velocidad c_1 depende a su vez del ángulo β_1 porque:

$$c_1 = c_0 \cdot \tau_1$$

Y

$$\tau_1 = \frac{t_1 \cdot \sin \beta_1}{t_1 \cdot \sin \beta_1 - s_1}$$

$$t_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_1}{z}$$

Encontramos pues:

$$\tan \beta_1 = \frac{c_0 \cdot \tau_1}{u_1}$$

	DESARROLLO BCV-03 (Q50m3, H50m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610	UTN FRA N°: 2020-G1-T2-GE-000-301	Rev. 0 Pag. 10 de 68
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

O sea:

$$\tan \beta_1 = \frac{c_0}{u_1} \cdot \frac{t_1 \cdot \sin \beta_1}{t_1 \cdot \sin \beta_1 - s_1}$$

Desarrollando esta relación se tiene:

$$\sin \beta_1 - \frac{s_1}{t_1} = \frac{c_0}{u_1} \sqrt{1 - \sin^2 \beta_1}$$

O sea:

$$\left[1 + \left(\frac{c_0}{u_1} \right)^2 \right] \cdot \sin^2 \beta_1 - 2 \cdot \frac{s_1}{t_1} \cdot \sin \beta_1 = \left(\frac{s_1}{t_1} \right)^2 - \left(\frac{c_0}{u_1} \right)^2$$

Y la solución de esta ecuación de segundo grado la hallamos por:

$$\sin \beta_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{c_0}{u_1} \right)^2} \cdot \left[\frac{s_1}{t_1} + \frac{c_0}{u_1} \sqrt{1 + \left(\frac{c_0}{u_1} \right)^2 - \left(\frac{s_1}{t_1} \right)^2} \right] \quad \text{: (Ec. 138)}$$

En el caso presente (entrada radial: $\alpha_1 = 90^\circ$) se logra, pues, la determinación de β_1 en forma puramente analítica. En general, siendo $\alpha_1 \neq 90^\circ$, hay que estimar el coeficiente de estrechamiento, calcular y β_1 y probar si este ángulo resulta con τ_1 . La estimación de τ_1 se facilita por medio del cálculo del valor de estrechamiento τ_0 en base al ángulo β_0 :

$$\tan \beta_0 = \frac{c_0}{u_1}$$

Según:

$$\tau_0 = \frac{t_1 \cdot \sin \beta_0}{t_1 \cdot \sin \beta_0 - s_1}$$

El coeficiente real τ_1 será un poco menor que τ_0 , siendo evidentemente β_1 mayor que β_0 . Para evitar canales demasiado estrechos en la entrada del rodete, el ángulo β_1 debe ser por lo menos de 15° , es decir:

$$\beta_1 \geq 15^\circ$$

En caso contrario se tuene que aumentar la velocidad c_1 , es decir, reducir el ancho b_1 .

Para realizar estos cálculos hay que elegir cierto número de paletas z y el espesor s_1 de las mismas. Naturalmente se adoptará un espesor, lo más delgado posible, respecto a las posibilidades de construcción de las paletas. En cuanto al número de alabes z , la siguiente figura (Fig.127) muestra valores de z en función del ángulo medio de las paletas:

$$\beta_m = \frac{(\beta_1 + \beta_2)}{2}$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Para diversas relaciones de los diámetros d_2/d_1 . Estos valores se han establecido según la experiencia de la practica; son aproximadamente coincidentes con la condición para el numero óptimo. Pero para poder utilizar este diagrama hay que conocer el ángulo de salida β_2 de las paletas, que normalmente resulta al fin del cálculo. Con otras palabras, no queda otro remedio que estimar z .

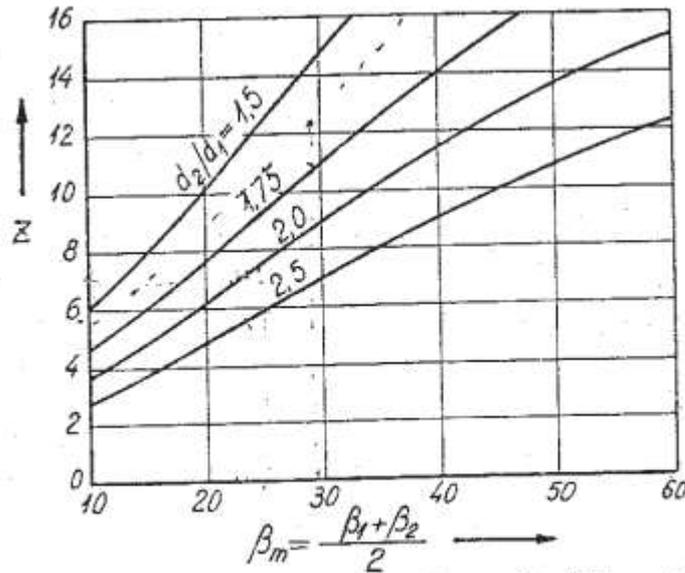


FIG. 127. — Determinación del número de álabes en función del ángulo medio β_m de las paletas para bombas radiales.

Al introducir en la ecuación fundamental:

$$H_{t\infty} = \frac{u_2}{g} \cdot c_{2u}$$

La relación que resulta de la figura 100:

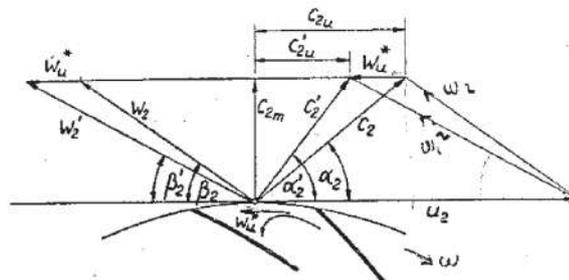


FIG. 100. — Diagrama de velocidad de salida considerando el número finito de álabes, teniendo en cuenta el remolino relativo.

$$c_{2u} = u_2 - \frac{c_{2m}}{\tan \beta_2}$$

Logramos:

$$H_{t\infty} = \frac{u_2^2}{g} \cdot \left(1 - \frac{c_{2m}}{u_2} \cdot \cotan \beta_2 \right) \quad \text{: (Ec. 139)}$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

O sea, para el ángulo β_2 resulta:

$$\tan \beta_2 = \frac{u_2 \cdot c_{2m}}{u_2 - H_{t\infty} \cdot g} \quad ; (Ec. 140)$$

A su vez tenemos que deducir la altura teórica de Euler $H_{t\infty}$ por:

$$H_{t\infty} = H \cdot \frac{\Delta_p}{\eta_h}$$

En la que hay que estimar el rendimiento hidráulico η_h .

En cuanto al coeficiente de la corrección Δ_p . Que depende de la ecuación (98) de la forma de las paletas, desconocida todavía, se puede adoptar para este cálculo previo de aproximación los valores de los diagramas de la siguiente figura:

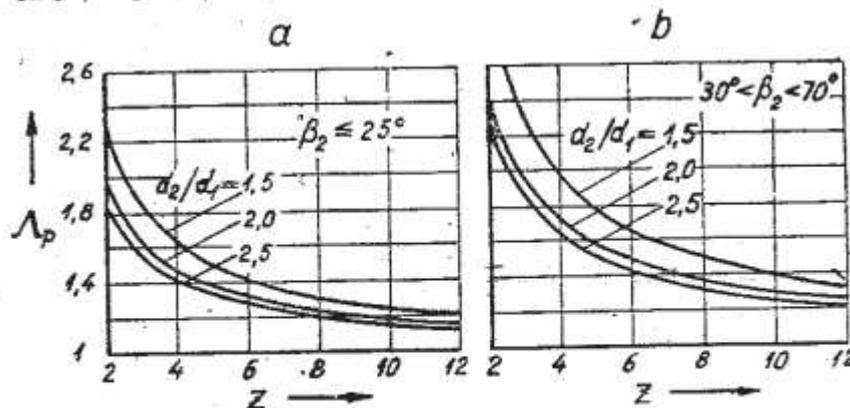


FIG. 128. — El factor de corrección aproximado Δ_p para bombas centrifugas en función del número de paletas z , de la relación de los diámetros del rodete d_2/d_1 y de los ángulos de salida β_2 .

En la ecuación 140 encontramos los tres valores u_2 , c_{2m} y β_2 que determinan la altura teórica de Euler. Siendo la velocidad meridional c_{2m} una función del ancho b_2 del rodete:

$$b_2 = \frac{Q}{\eta_v} \cdot \frac{1}{\pi \cdot d_2 \cdot c_{2m} \cdot \tau_2} \quad ; (Ec. 141)$$

Tenemos tres posibilidades para determinar la forma completa del rodete en su circunferencia exterior:

1. Podemos elegir u_2 (por ejemplo, en base a un cálculo previo por la ecuación 133) y fijar cierto ancho b_2 o respectivamente cierta velocidad c_{2m} .
2. Podemos elegir u_2 y prescribir cierto ángulo β_2
3. Podemos elegir el ángulo β_2 y cierta velocidad c_{2m} y respectivamente cierto ancho b_2 .

De la ecuación 140 deducimos para el caso 1, donde los valores u_2 y b_2 (c_{2m}) están supuestos, la solución para la incógnita β_2 .

$$\tan \beta_2 = \frac{c_{2m}}{u_2 - \frac{g}{u_2} \cdot H_{t\infty}} \quad ; (Ec. 142)$$

	DESARROLLO BCV-03 (Q50m3, H50m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610	UTN FRA N°: 2020-G1-T2-GE-000-301	Rev. 0 Pag. 13 de 68
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Si se refiere a c_{2m} , e introduciendo la ecuación 141 si se adopta el ancho b_2 .

:

$$\tan \beta_2 = \frac{Q}{\eta_v} \cdot \frac{1}{u_2 - \frac{g}{u_2} \cdot H_{t\infty}} \cdot \frac{1}{\pi \cdot d_2 \cdot c_{2m} \cdot \tau_2} \quad \text{: (Ec. 143)}$$

En el caso 2, en que se adoptan u_2 y β_2 , resulta de la ecuación 140:

$$c_{2m} = \tan \beta_2 \cdot \left(u_2 - \frac{g}{u_2} \cdot H_{t\infty} \right) \quad \text{: (Ec. 144)}$$

O sea:

$$b_2 = \frac{Q}{\eta_v} \cdot \frac{1}{\pi \cdot d_2 \cdot \tau_2} \cdot \frac{1}{\tan \beta_2 \cdot \left(u_2 - \frac{g}{u_2} \cdot H_{t\infty} \right)} \quad \text{: (Ec. 145)}$$

Para el caso 3, con determinados valores para β_2 y c_{2m} (respectivamente b_2) hallamos conforme a la ecuación 140:

$$u_2^2 = \frac{c_{2m}}{2 \cdot \tan \beta_2} + \sqrt{\left(\frac{c_{2m}}{2 \cdot \tan \beta_2} \right)^2 + g \cdot H_{t\infty}} \quad \text{: (Ec. 146)}$$

En la que se puede reemplazar fácilmente c_{2m} por b_2 por medio de la fórmula 141. En cuanto a c_{2m} es conveniente tomarlo más o menos en una gama entre c_0 y c_1 .

En todas las relaciones que incluyen el ancho b_2 interviene también el coeficiente de ensanchamiento τ_2 , que a su vez depende del ángulo β_2 . En el caso 1, donde resta calcular β_2 no queda otro remedio que estimar τ_2 y probarlo después de haber fijado β_2 . Si los bordes de las paletas son afiladas (ver figura 119) se toma $\tau_2=1$.

Es de importancia el ángulo de salida α_3 que nos da la dirección de salida del flujo absoluto y que hallamos según la figura 120, por la relación:

$$\tan \alpha_3 = \frac{c_{3m}}{c_{3u}}$$

Siendo

$$H_t = \frac{u_2}{g} \cdot c_{3u} = \frac{H_{t\infty}}{\Delta_p}$$

Resulta

$$\tan \alpha_3 = \frac{\Delta_p}{g \cdot H_{t\infty}} \cdot u_2 \cdot c_{2m} \cdot \tau_2 \quad \text{: (Ec. 147)}$$

	DESARROLLO BCV-03 (Q50m³, H50m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610	UTN FRA N°: 2020-G1-T2-GE-000-301	Rev. 0 Pag. 14 de 68
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Este ángulo α_3 debe ser mayor que $\approx 5^\circ$ para bombas con directrices y debe ser mayor que $\approx 12^\circ$ para bombas que solo poseen una caja espiral.

Una vez determinada la forma de salida del rodete, se debe comprobar el número de paletas z , elegido al principio del cálculo por medio de la figura 127. Si difiere esencialmente de las indicaciones que da ese diagrama, hay que rectificar el cálculo en base a un nuevo número z mejorado. Por fin, puede volverse a calcular el coeficiente de corrección Δ_p , aprovechando las formulas (98) y (100). Con esto se logra, naturalmente, una buena comprobación del cálculo, que hasta ahora se apoyaba solamente sobre los valores en primera aproximación de la figura 125, o respectivamente en los de la figura 128.

Se reconoce que la determinación de las dimensiones principales de un rodete radial exige un cálculo por tanteos hasta que por fin resulte un rodete que cumpla con las diferentes condiciones que, por una parte, señala la experiencia, y por otra el constructor impone a menudo de antemano.

Donde:

- H → Altura de elevación efectiva
- Q → Caudal
- γ → Densidad del fluido
- η → Rendimiento total de la bomba
- η_v → Rendimiento Volumétrico
- c_a → Velocidad de aspiración
- c_{0m} → Velocidad Meridional
- g → Aceleración de la gravedad específica
- μ → Relación de la altura efectiva a una “altura de velocidad” que corresponde a la velocidad u_2 en la circunferencia exterior del rodete.
- d_1 → Diámetro interior del rodete
- d_2 → Diámetro exterior del rodete
- d_a → Diámetro del tubo de aspiración
- d_e → Diámetro del eje
- b_1 → Ancho garganta salida rodete
- b_2 → Ancho garganta entrada rodete
- α_3 → Angulo dirección de salida del flujo absoluto
- β_1 → Angulo entrada rodete
- β_2 → Angulo salida rodete
- τ_2 → Coeficiente de ensanchamiento
- n → Numero de revoluciones del motor / eje
- N → Potencia de accionamiento
- τ → tensión de torsión en el eje
- M_d → Momento de torsión
- k → Coeficiente para Velocidad Meridional (1.0 a 1.05).

	<p style="text-align: center;">DESARROLLO BCV-03 (Q50m³, H50m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-301</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pag. 15 de 68</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

BCV 03: Desarrollo de Cálculos

Primera Aproximación:

Q=50 m³/h =13,889 lts /seg
H=50 mts

Para los cálculos utilizaremos 5 cifras significativas

Potencia de accionamiento

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{75 \eta}$$

$$Q = 50 \frac{m^3}{h} = 13,889 \frac{l}{seg}$$

$\eta =$ adoptamos 0,8 de los máximos en los gráficos de fabricantes

$$\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$H = 50m$$

$$N = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,013889 \frac{m^3}{seg} \cdot 50m}{75 \cdot 0,8} = 11,57 \text{ CV} \cong 12 \text{ CV}$$

Diámetro del eje

Cálculo por torsión pura:

El momento torsor que va a resistir es:

$$M_d = 71620 \frac{N}{n} = 71620 \cdot \frac{12 \text{ CV}}{3000 \text{ rpm}} = 276,311 \text{ kgcm}$$

Debemos adoptar el material para obtener la tensión admisible necesaria para calcular el diámetro del eje. Para esto ingresamos en la norma API 610 12th edition (2021) Anexo G: *Material Class Selection Guidance*

Primero seleccionamos el tipo de servicio de la bomba para obtener la clase de material ingresando a la tabla G.1

	DESARROLLO BCV-03 (Q50m3, H50m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610	UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-301	Rev. 0 Pag. 16 de 68
	PROYECTO FINAL – GRUPO N°01		

Table G.1—Materials Class Selection Guidance

Service	Temperature Range		Pressure Range	Materials Class	Ref. Note
	°F	°C			
Fresh water, condensate, cooling tower water (pH > 6)	< 200	< 93	All	S-5	—
Process water (pH > 6)	< 200	< 93	All	S-5 or S-6	a
Boiling water and boiler feedwater (pH > 6)	> 200	> 93	All	S-6 or C-6	a
Boiler circulator (pH > 6)	> 200	> 93	All	C-6	—
Foul water, reflux drum water, water draw, and hydrocarbons containing these waters, including reflux streams	< 350	< 175	All	S-8 or S-6	b
	> 350	> 175	All	C-6	—

Obtenemos **Material Class: S-5 o S-6**

Con esta clasificación ingresamos a la tabla H1 e intersectamos con la parte de la bomba en cuestión que en este caso es el eje de la misma (shaft)

Table H.1—Material Classes for Pump Parts

Part	Material Classes and Abbreviations										
	Material Class	S-4 ^k	S-5 ^k	S-6 ^{f,k}	S-8 ^k	S-9 ^k	C-6	A-7	A-8	D-1 ⁱ	D-2 ⁱ
	Full Compliance Material ^{a,b}	STL	STL	STL	STL	STL	12 % CR	AUS	316 AUS	Duplex	Super Duplex
	Trim Material ^{a,b}	STL	STL 12 % CR	12 % CR	316 AUS	Ni-Cu Alloy	12 % CR	AUS ^{c,d}	316 AUS ^d	Duplex	Super Duplex
Pressure casing	Yes	Carbon steel	Carbon steel	Carbon steel	Carbon steel	Carbon steel	12 % CR	AUS	316 AUS	Duplex	Super duplex
Inner case parts (bowls, diffusers, diaphragms)	No	Carbon steel	Carbon steel	12 % CR	316 AUS	Ni-Cu alloy	12 % CR	AUS	316 AUS	Duplex	Super duplex
Impeller	Yes	Carbon steel	Carbon steel	12 % CR	316 AUS	Ni-Cu alloy	12 % CR	AUS	316 AUS	Duplex	Super duplex
Case wear rings ^j	No	Cast iron	12 % CR hardened	12 % CR hardened	Hard-faced 316 AUS ^e	Ni-Cu alloy	12 % CR hardened	Hard-faced AUS ^e	Hard-faced 316 AUS ^e	Hard-faced duplex ^e	Hard-faced super duplex ^e
Impeller wear rings ^j	No	Cast iron	12 % CR hardened	12 % CR hardened	Hard-faced 316 AUS ^e	Ni-Cu alloy	12 % CR hardened	Hard-faced AUS ^e	Hard-faced 316 AUS ^e	Hard-faced duplex ^e	Hard-faced super duplex ^e
Shaft ^d	Yes	Carbon steel	4140 alloy steel	12 % CR	316 AUS	Ni-Cu alloy	12 % CR	AUS	316 AUS	Duplex	Super duplex
Throat bushings ^j	No	Cast iron	12 % CR hardened	12 % CR hardened	316 AUS	Ni-Cu alloy	12 % CR hardened	AUS	316 AUS	Duplex	Super duplex

Obtenemos **Acero aleado SAE 4140**

Ingresando con este material y el formato del mismo (barra) e intersectando con la normativa ASTM, que es la que utilizaremos en el proyecto, obtenemos el material.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Table H.2—Material Specifications for Pump Parts

Material Class	Applica-tions	ISO	USA		Europe			Japan
			ASTM	UNS ^a	EN ^b	Grade	Material No.	JIS
Cast iron	General castings	185 Gr 300	A48/A48M Class 25/30/40	F11701/F 12101	EN 1561	EN-GJL-250 EN-GJL-300	JL 1040JL 1050	G 5501 FC 250/300
Carbon steel	Wrought/ forgings	683-18-C25	A266 Class 4	K03506	EN 10222-2	P 280 GH	1.0426	G 3202, CI SFVC 2A
	Pressure castings	4991 C23-45 AH	A216/A216M Gr WCB	J03002	EN10213	GP 240 GH	1.0619	G 5151, CI SCPH 2
	Bar stock: pressure	683-18-C25	A696 Gr B	G10200	EN 10273	P 295 GH	1.0481	G 4051, CI S25C
	Bar stock: general	683-18-C45e	A576 Gr 1045	G10450	EN 10083-2	C 45	1.0503	G 4051, CI S45C
	Bolts and studs	2604-2-F31	A193/A193M Gr B7	G41400	EN 10269	42 Cr Mo 4	1.7225	G 4107, Class 2, SNB7
	Nuts	683-1-C45	A194/A194M Gr 2H	K04002	EN 10269	C 35 E	1.1181	G 4051, CI S45C
	Plate	9328-4, P 355 TN/ PL 355 TN	A516/A516M Gr 65/70	K02403/ K02700	EN 10028-3	P 355 N P 355 NL1	1.0562 1.0566	G 3106, Gr SM400B
	Pipe	9329-2 PH26	A106/A106M Gr B or C	K03006	EN 10208-1	L 245 GA	1.0459	G 3456, Gr STPT 370/410
Fittings	—	—	A105/A105M	K03504	—	—	—	G 4051 S25C G 3202 SFVC 2A
	—	—	A234/234M Gr WPB/WPC	K03006/K 03501	—	—	—	G 3202 SFVC2B
4140 alloy steel	Bar stock	—	A434 Class BB A434 Class BC	G41400 ^c	EN 10083-1	42 Cr Mo 4	1.7225	G 4105, CI SCM 440
	Bolts and studs	2604-2-F31	A193/A193M Gr B7	G41400	EN 10269	42 Cr Mo 4	1.7225	G 4107, Class 2, SNB7
	Nuts	683-1-C45	A194/A194M	K04002	EN 10269	C 45 E	1.1191	G 4051, CI S45C

El material adoptado es: **ASTM A434 Clase BB**

Ingresando a las especificaciones del material ASTM A434 obtenemos la tension de fluencia del mismo

 **A 434**

TABLE 1 Tensile Properties

NOTE 1—The mechanical properties of hot-wrought bars ordered for cold finishing, shall be governed by the cold-finished size.

Class	Diameter, in. (mm)	Yield Strength, min, ksi (MPa) ^d	Tensile Strength, min, ksi (MPa)	Elonga-tion in 2 in. or 50 mm, min, %	Reduc-tion of Area, min, %	SAE or AISI Representative Grade Types ^e
BB ^c	1½ (38.1) and under	90 (620)	110 (760)	20	50	3100, 4100, 8600, 8700
	Over 1½ to 2½ (38.1 to 63.5), incl	80 (550)	105 (720)	20	50	
	Over 2½ to 4 (63.5 to 114), incl	75 (520)	100 (690)	20	50	
	Over 4 to 7 (114 to 178), incl	75 (520)	95 (660)	20	50	
	Over 7 to 9½ (178 to 241.3), incl	65 (450)	90 (620)	18	40	
BC ^c	1½ (38.1) and under	110 (760)	130 (900)	16	50	3100, 4100, 6100, 8600, 8700
	Over 1½ to 2½ (38.1 to 63.5), incl	105 (720)	125 (860)	16	50	
	Over 2½ to 4 (63.5 to 114), incl	95 (660)	115 (790)	16	45	
	Over 4 to 7 (114 to 178), incl	85 (590)	110 (760)	16	45	3100, 4100
	Over 7 to 9½ (178 to 241.3), incl	80 (550)	105 (720)	15	40	4300, 9800
BD ^c	1½ (38.1) and under	130 (900)	155 (1070)	14	35	4100, 4300, 9800
	Over 1½ to 2½ (38.1 to 63.5), incl	120 (830)	150 (1030)	14	35	
	Over 2½ to 4 (63.5 to 114), incl	110 (760)	140 (960)	14	35	
	Over 4 to 7 (114 to 178), incl	105 (720)	135 (930)	14	35	
	Over 7 to 9½ (178 to 241.3), incl	100 (690)	130 (900)	14	35	

^d The carbon content of all steels listed in this column may vary up to 0.55% max, as agreed upon by the manufacturer and the purchaser.

^e Determined by the 0.2% offset method.

^c Class BB, BC, BD hot-wrought; Class BB, BC cold-finished.

	<p style="text-align: center;">DESARROLLO BCV-03 (Q50m3, H50m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-301</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pag. 18 de 68</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Vemos que la tensión varía de acuerdo al diámetro del material. Adoptamos una tensión de fluencia de 550 Mpa

$$\sigma_f = 550 \text{ Mpa} = 5608 \text{ kg}'/\text{cm}^2$$

Adoptamos un coeficiente de seguridad de 1,7

$$\sigma_{adm} = 3300 \text{ kg}'/\text{cm}^2$$

$$\sigma_{adm \text{ torsion}} = 1650 \text{ kg}'/\text{cm}^2$$

Si bien los valores de tensión del material nos permitirían adoptar una tensión admisible de 1650 kgm/cm², para el cálculo del eje de la bomba se debe tener en cuenta que la flexión producida a causa del peso del rodete, no debe modificar el juego hidráulico entre el rodete y la caja envolvente. Debido a que este valor de intersticio es muy reducido, para evitar pérdidas, se debe utilizar valores de tensión admisible mucho menores para reducir las deformaciones elásticas. Por lo tanto, se adopta una tensión admisible de $\sigma = 250 \text{ kg}/\text{cm}^2$

Adoptando una tensión admisible de $\sigma = 150 \text{ kg}/\text{cm}^2$

$$d_{eje} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_d}{\pi \cdot \sigma}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1790,5 \text{ kgcm}}{\pi \cdot 250 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}} = 1,778 \text{ cm}$$

$$d_{eje} = 25 \text{ mm}$$

Lo que significa una tensión efectiva τ :

$$\tau = \frac{16 \cdot M_d}{d_{eje}^3 \cdot \pi} = \frac{16 \cdot 1790,5 \text{ kgcm}}{(4 \text{ cm})^3 \cdot \pi} = 90,0636 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Diámetros del rodete

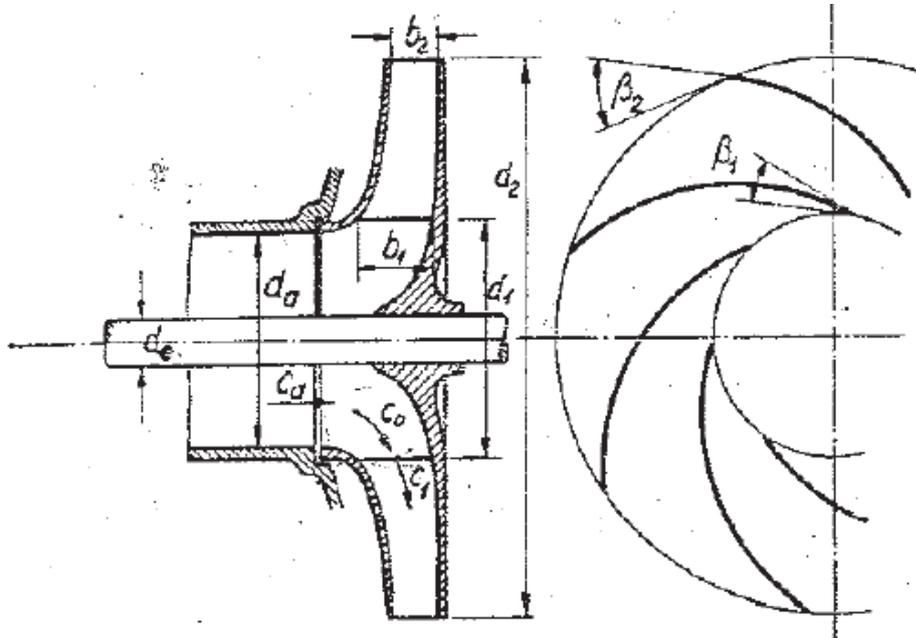


FIG. 124. — Dimensiones principales del rodete radial.

$$d_2 = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{H}{K_u}}$$

Ingresando a la tabla con el ángulo $\beta_2 = 20^\circ$ adoptado e intersectando la curva para bombas sin paletas directrices:

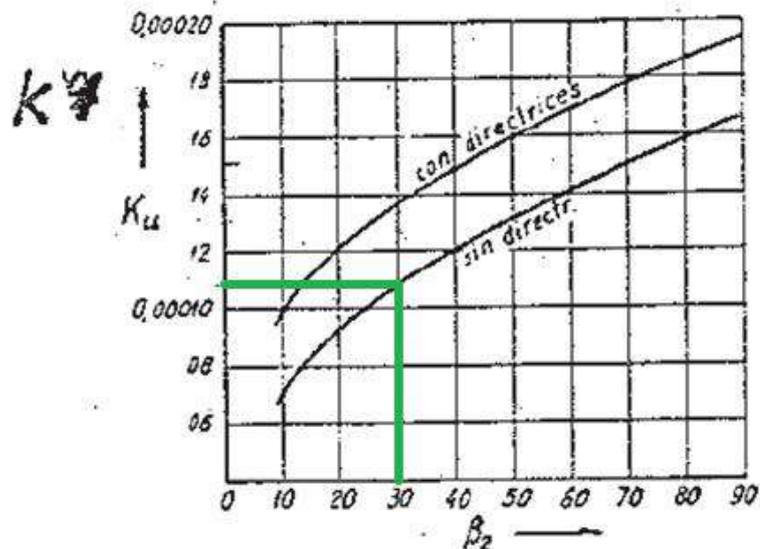


FIG. 126. — El coeficiente K_u en función del ángulo β_2 para bombas radiales.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

$$K_u = 0,00015$$

$$d_2 = \frac{1}{3000} \cdot \sqrt{\frac{50m}{0,000102}} = 0,19245m = 203mm$$

Adoptamos la relación $\frac{d_2}{d_1} = 2$

$$d_1 = 102 \text{ mm}$$

Procedemos a calcular la velocidad circunferencial u_1

$$u_1 = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot n}{60} = 16,0221 \frac{m}{seg}$$

Diámetro del tubo de aspiración

Para determinar el diámetro de aspiración debemos conocer el diámetro del eje y la velocidad de aspiración.

La velocidad de aspiración $2 \leq C_a \leq 6 \frac{m}{seg}$

Adoptamos $C_a = 5 \frac{m}{seg}$

Caudal de aspiración

$$Q + Q'' = 1,01 \cdot Q = 1,01 \cdot 13,889 \frac{l}{seg} = 14,0277 \frac{l}{seg}$$

$$d_a = \sqrt{\frac{4 \cdot Q'}{\pi \cdot C_a} + d_{eje}^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 14,0277 \frac{l}{seg}}{\pi \cdot 50 \text{ dm/seg}} + (0,25 \text{ dm})^2} = 0,6478 \text{ dm} = 65 \text{ mm}$$

$$C_a = \frac{4 \cdot Q'}{\pi \cdot (d_a^2 - d_{eje}^2)}$$

Geometría de Alabes

Adoptamos como rendimiento volumétrico

$$\eta_v = 90\%$$

$$C_0 = k \cdot C_a$$

$$1 \leq k \leq 1,05$$

Adoptamos $k=1$

$$C_0 = C_a$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

El **ancho del alabe** b_1 queda según la fórmula:

$$b_1 = \frac{Q}{\eta_v} = \frac{1}{d_1 \cdot \pi \cdot C_0} = \frac{1}{0,975m \cdot \pi \cdot 5 \frac{m}{seg}} = 0,367m = 36 \text{ mm}$$

La determinación de **numero de Alabes** se realiza ingresando al gráfico con el ángulo medio

$$\beta_m = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} = \frac{(16^\circ \sim 20^\circ) + 30^\circ}{2}$$

$$\beta_m = 22,5^\circ \sim 25^\circ$$

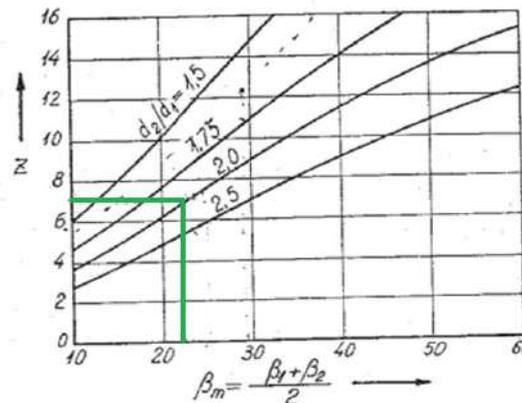


FIG. 127. — Determinación del número de álabes en función del ángulo medio β_m de las paletas para bombas radiales.

$$Z = 7$$

La **separación entre alabes** t_1 queda:

$$t_1 = \frac{d_1 \cdot \pi}{z} = \frac{97,5mm \cdot \pi}{10} = 43,7578 \text{ mm}$$

El **espesor de alabes** lo adoptamos $s_1=5 \text{ mm}$

$$\text{sen}(\beta_1) = \frac{1}{1 + \left(\frac{C_0}{u_1}\right)^2} \cdot \left[\frac{s_1}{t_1} + \frac{C_0}{u_1} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{C_0}{u_1}\right)^2 - \left(\frac{s_1}{t_1}\right)^2} \right]$$

$$\text{sen}(\beta_1) = \frac{1}{1 + \left(\frac{5 \frac{m}{seg}}{23,56194 \frac{m}{seg}}\right)^2} \cdot \left[\frac{5mm}{43,7578mm} + \frac{5 \frac{m}{seg}}{15,3152 \frac{m}{seg}} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{5 \frac{m}{seg}}{15,3152 \frac{m}{seg}}\right)^2 - \left(\frac{5mm}{43mm}\right)^2} \right]$$

$$\text{sen}(\beta_1) = 0,40899 \Rightarrow \beta_1 = 23^\circ 53' > 15^\circ \text{ Se acepta}$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Factor de estrechamiento

$$\tau_1 = \frac{t_1 \cdot \text{sen}(\beta_1)}{\text{sen}(\beta_1) - s_1} = \frac{43\text{mm} \cdot 0,40899}{0,40899 - 5\text{mm}} = 1,3876$$

$$c_1 = c_0 \cdot \tau_1 = 1,3876 \cdot 5 \frac{\text{m}}{\text{seg}} = 6,8642 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Velocidad circunferencial

$$u_2 = \frac{d_2}{d_1} \cdot u_1 = 2,15,3152 \frac{\text{m}}{\text{seg}} = 30,6305 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Adoptamos velocidad meridional $C_{2m} = 7 \text{ m/seg}$, mayor que C_0 y menor que C_1 .

Factor de corrección aproximado Δp

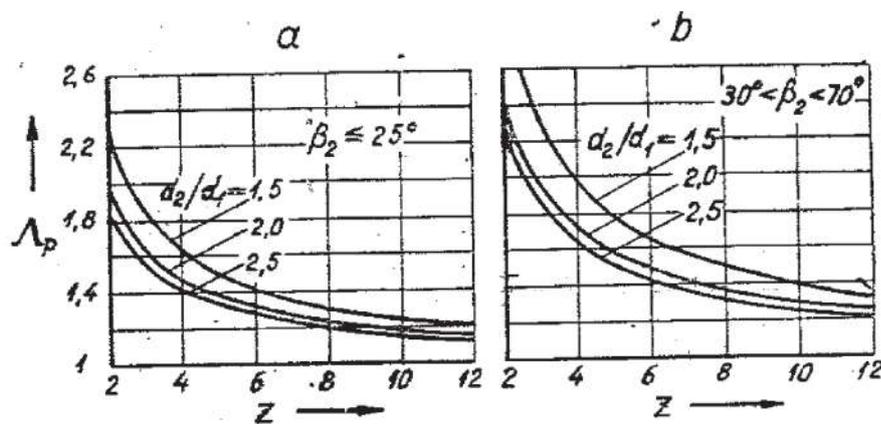


FIG. 128. — El factor de corrección aproximado Λ_p para bombas centrifugas en función del número de paletas z , de la relación de los diámetros del rodete d_2/d_1 y de los ángulos de salida β_2 .

Figura 128 (a)

$$\Delta p = 1,4$$

Altura teórica de Euler $H_{t\infty}$

$$\eta_h = e/76 \text{ y } 87\%$$

Adoptamos un rendimiento hidráulico $\eta_h = 85\%$

$$H_{t\infty} = H \cdot \frac{\Delta p}{\eta_h} = 50 \cdot \frac{1,4}{0,85} = 81,17 \text{ m}$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Ancho b_2 del rodete

Elegimos una construcción con paletas afiladas, $\tau_2 = 1$

$$b_2 = \frac{Q}{\eta_v} \cdot \frac{1}{d_2 \cdot \pi \cdot C_{2m}} = \frac{13,889}{0,90} \cdot \frac{1}{1,95 \cdot \pi \cdot 5} = 5,4989 \text{ mm} = 6 \text{ mm}$$

Redondeamos $b_2 = 6 \text{ mm}$

Corrección de la velocidad meridional a la salida

$$C_{2m} = C_{3m} = 7 \cdot \frac{5,4989}{6} = 4,582 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

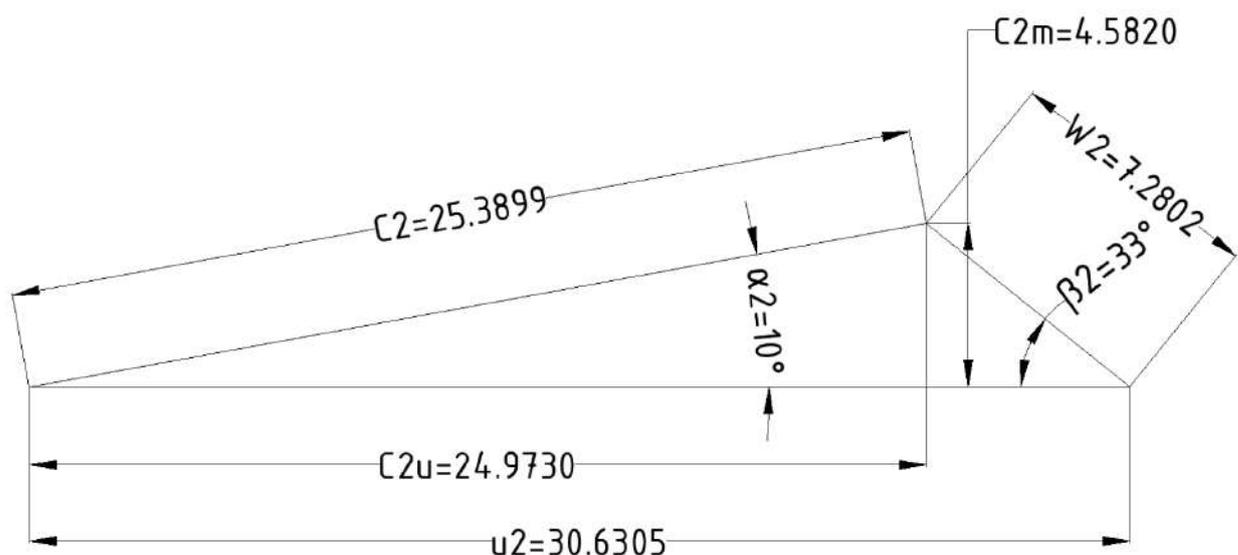
Angulo de salida β_2

$$\tan \beta_2 = \frac{Q}{\eta_v} \cdot \frac{1}{u_2 - \frac{g}{u_2} \cdot H_{t\infty}} \cdot \frac{1}{d_2 \cdot \pi \cdot b_2} =$$

$$\tan \beta_2 = \frac{13,889}{0,9} \cdot \frac{1}{31,887 - \frac{98,1}{31,887} \cdot 81,17} \cdot \frac{1}{2,03 \cdot \pi \cdot 0,06} = 0,6628$$

$$\beta_2 = 33^\circ 30' \cong 30^\circ \text{ adoptado}$$

Triangulo de velocidades de salida teóricos



Luego aplicando el factor de corrección por la influencia del número finito de paletas obtenido del método Pfleiderer (Δp), se obtienen los parámetros de velocidades reales

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

$$\tan \alpha_3 = \frac{\Delta p}{g \cdot H_{t\infty}} \cdot u_2 \cdot C_{2m} \cdot \tau_2 =$$

$$\tan \alpha_3 = \frac{1,38}{9,81 \cdot 81,17} \cdot 31,887 \cdot 4,58249 = 0,2532$$

$$\alpha_3 = 14,2^\circ$$

$$C_{2u} = u_2 - \frac{C_{2m}}{\tan \beta_2} = 30,6305 - \frac{4,582 \frac{m}{seg}}{0,6628} = 24,973 \frac{m}{seg}$$

$$C_{3u} = \frac{C_{2u}}{\Delta p} = \frac{24,973 \frac{m}{seg}}{1,38} = 18,096 \frac{m}{seg}$$

$$C_3 = \frac{C_{3u}}{\cos \alpha_3} = \frac{18,096 \frac{m}{seg}}{\cos(14,2^\circ)} = 18,668 \frac{m}{seg}$$

$$w^*_u = C_{2u} - C_{3u} = (24,973 - 18,096) \frac{m}{seg} = 6,8768 \frac{m}{seg}$$

Método de Stoloda

TABLA 5. — El factor K_R para bombas centrífugas.

β_2	10	20	30	40	60	90
z 4-8	1,4	1,1	0,9	0,75	0,60	0,55
z 8-16	1,4	1,15	1,0	0,85	0,70	0,65

(página 144)

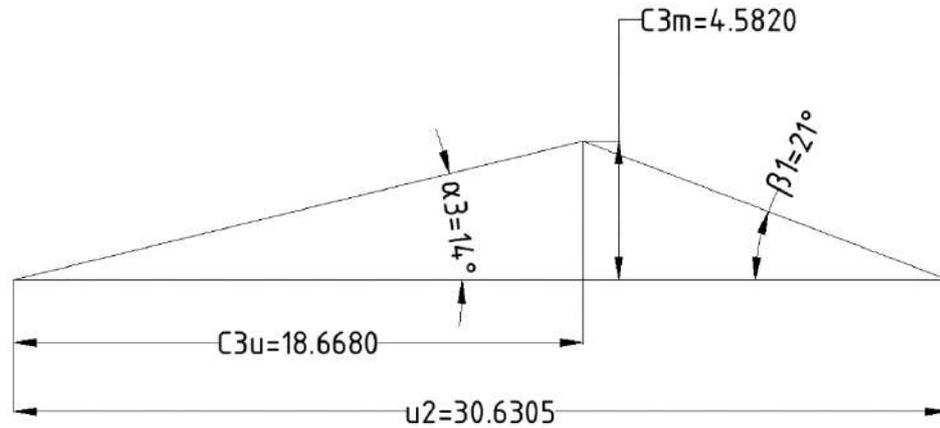
$$w^*_u = K_R \frac{\pi \cdot \beta_2}{Z} \cdot u_2 = 1 \cdot \frac{\pi \cdot 33^\circ}{8} \cdot 30,6305 = 6,918 \frac{m}{seg}$$

Coefficiente de corrección Δ_s (influencia del numero finito de paletas)

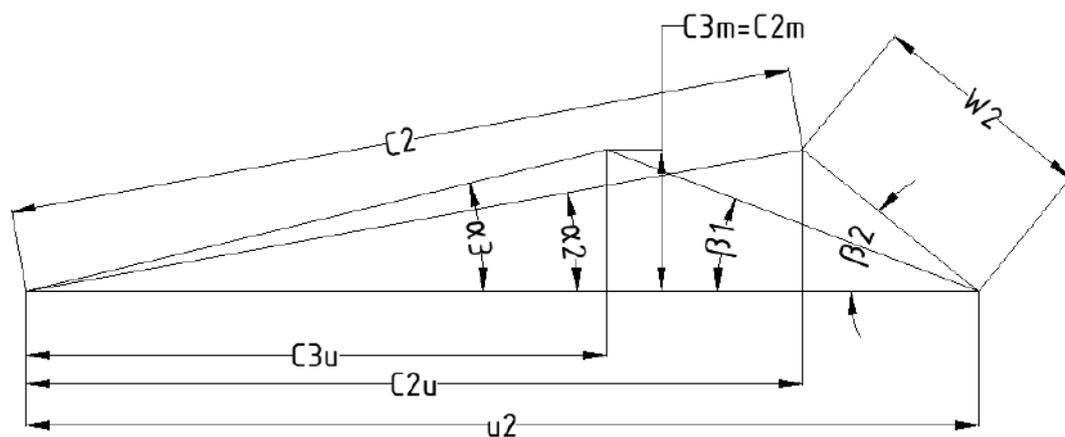
$$\Delta_s = 1 + \frac{w^*_u}{C_{2u} - w^*_u} = 1 + \frac{6,2264 \frac{m}{seg}}{27,86117 \frac{m}{seg} - 7,2983 \frac{m}{seg}} = 1,3831$$

Lo que puede considerarse bastante concordante con $\Delta_p = 1.38$, teniendo en cuenta el valor aproximado de K_R
Triangulo de velocidades real

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01



Triángulos de velocidades superpuestos



A continuación, probamos si las relaciones entre los diferentes diámetros son razonables.

$$N_R \approx \frac{1.5}{10^{10}} \cdot \gamma \cdot n^3 \cdot d_2^4 \cdot (d_2 + 5e)$$

NR = Potencia de rozamiento del disco ó Potencia debida a la viscosidad.

e = e1 + e2 + e3 + Para nuestro caso, adoptamos e = 10 mm

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

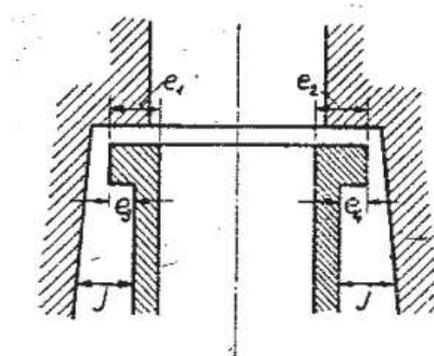


FIG. 121. — Esquema para el cálculo de la potencia de rozamiento del rodete.

$$e = e_1 + e_2 + e_3 + e_4,$$

$$N_R \approx \frac{1.5}{10^{10}} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 3000^3 rpm \cdot 0,203^4 mts \cdot (0,203 mts + 5 \cdot 0,010 mts)$$

$$N_R \approx 1,7400 CV$$

Y hallamos la relación:

$$\frac{N_R}{N} = \sigma = \frac{1,7400 CV}{12 CV} = 0,15033$$

O sea, el rozamiento del disco absorbe 15,033% de la potencia de accionamiento. Este valor alto resulta en primer lugar, a causa del número de revoluciones elevado.

Suponiendo una pérdida por rozamiento mecánico del 2,5%, o sea un rendimiento mecánico $\eta_m = 97.5\%$, encontramos para el rendimiento total:

$$\eta = \eta_h \cdot \eta_v \cdot (\eta_m - \sigma)$$

$$\eta = 0,76 \cdot 0,90 \cdot (0,975 - 0,15)$$

$$\eta = 0,5607 = 56\%$$

Es decir, un valor bastante menor que el del rendimiento total elegido al principio del cálculo. Evidentemente la bomba exigirá mayor potencia de accionamiento. Por lo tanto, despejamos en base al rendimiento total obtenido, re adoptamos la potencia total necesaria:

	<p align="center">DESARROLLO BCV-03 (Q50m³, H50m)</p> <p align="center">BOMBAS CENTRIFUGAS OH2</p> <p align="center">DE ACUERDO A API 610</p>	<p align="center">UTN FRA Nº:</p> <p align="center">2020-G1-T2-GE-000-301</p>	<p align="center">Rev. 0</p> <p align="center">Pag. 27 de 68</p>
<p align="center">PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

$$N = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,013889 \frac{m^3}{seg} \cdot 50m}{75 \cdot 0,56} = 16,51 CV$$

Encontramos la coincidencia de los cálculos con una potencia de accionamiento $N \approx 97 CV$ y un rendimiento total $\eta = 62\%$. Nada se altera en cuanto a la bomba y sus dimensiones. Naturalmente con el mismo eje ya elegido aumentan las tensiones en esta hasta:

$$\tau = 90,063 \frac{kg}{cm^2} \cdot \frac{16 CV}{12 CV}$$

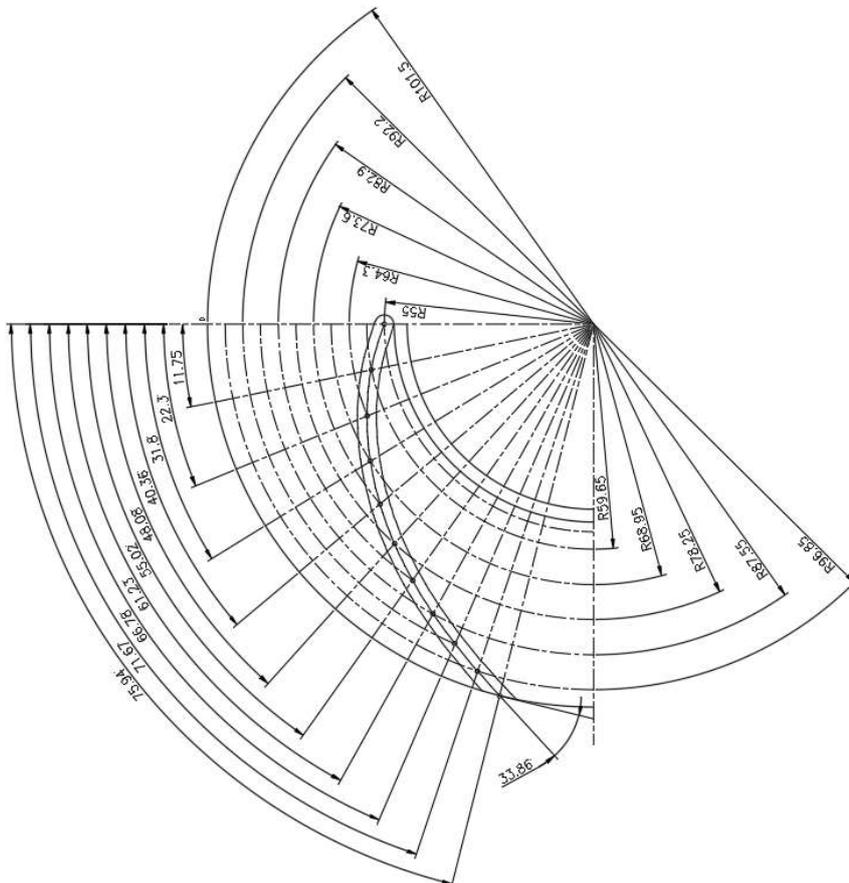
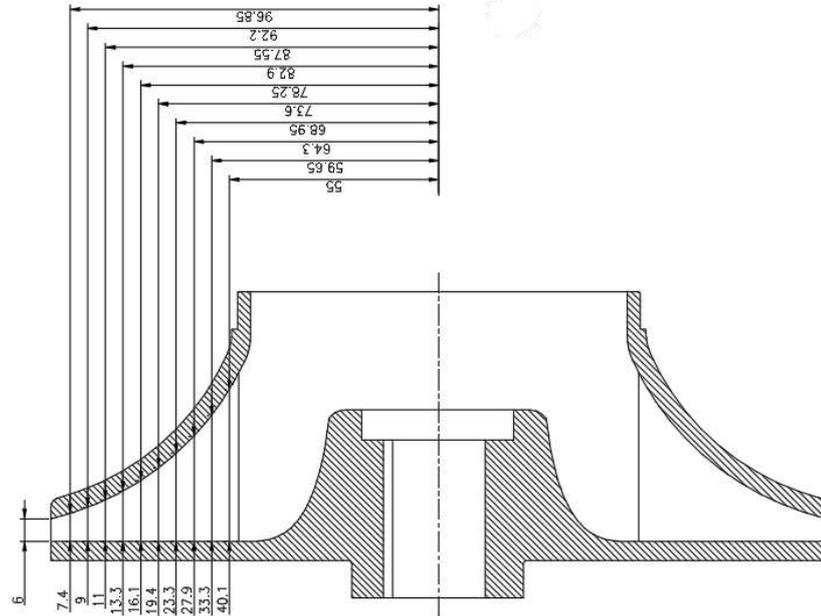
$$\tau = 128,5 \frac{kg}{cm^2}$$

Es decir, un valor que es completamente admisible.

En base a los valores obtenidos, realizamos el esquema del rodete.

- $d_{eje} = 25 \text{ mm}$
- $d_1 = 110 \text{ mm}$
- $d_2 = 203 \text{ mm}$
- $d_a = 65 \text{ mm}$
- $b_1 = 36 \text{ mm}$
- $b_2 = 6 \text{ mm}$
- $Z = 8$
- $S_1 = 5 \text{ mm}$ (espesor)
- $T_1 = 43,19 \text{ mm}$ (solo para chequear)
- $\beta_1 = 20,8^\circ$
- $\beta_2 = 33^\circ$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01



	<p style="text-align: center;">DESARROLLO BCV-03 (Q50m3, H50m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-301</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pag. 29 de 68</p>
<p>PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

Cálculo de la voluta - Dimensiones principales

Boca de Succión

Primero se determinan las bridas de succión y de descarga

De acuerdo al diámetro de aspiración del rodete $d_a=85\text{mm}$, se determina:

Db_s= Diámetro brida succión = 3" → Diámetro interior 77,92mm

Con esto se obtiene una Velocidad de succión de:

$$V_{succion} = \frac{Q \cdot 10^4}{\pi \cdot \left(\frac{D_{interior}}{2}\right)^2}$$

$$V_{succion} = \frac{0,01388 \frac{m^3}{seg} \cdot 10^4}{\pi \cdot \left(\frac{7,7792 \text{ cm}}{2}\right)^2} = 2,9125 \frac{m}{seg} \rightarrow \text{Verifica}$$

Cumpliendo con las velocidades recomendadas de entre 2,7 a 5,5 m/seg

Descarga

El diámetro de descarga se determina de acuerdo a la velocidad recomendada a la salida (e/ 3.6 y 12.2 m/seg).

Con **Db_d= Diámetro brida descarga = 2"** → Diámetro interior 52,48mm

$$V_{descarga} = \frac{Q \cdot 10^4}{\pi \cdot \left(\frac{D_{interior}}{2}\right)^2}$$

$$V_{descarga} = \frac{0,0694 \frac{m^3}{seg} \cdot 10^4}{\pi \cdot \left(\frac{10,226 \text{ cm}}{2}\right)^2} = 8,45 \frac{m}{seg} \rightarrow \text{Verifica}$$

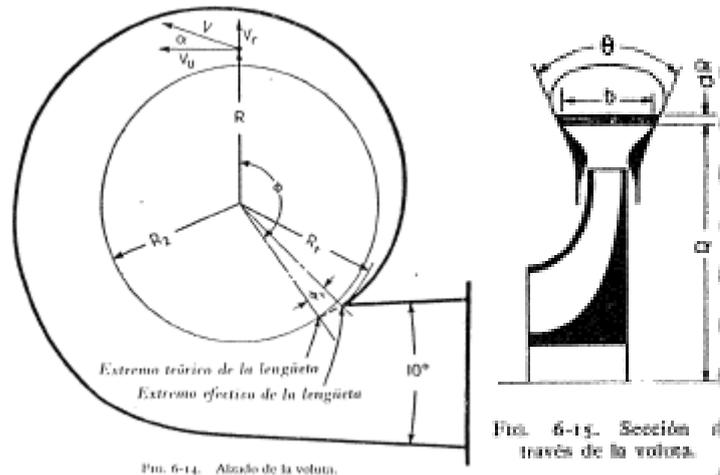
Una vez determinadas las bridas de entrada y salida se procede al cálculo de la espiral.

Espiral

Para determinar la sección espiral de la carcasa se utiliza el método de secciones triangulares. Este método consiste en asignarle valores de Radios a la carcasa en las distintas secciones. Para esto se comienza desde el radio máximo del mayor rodete admisible para esa carcasa. A partir de ese valor, se va aumentando el radio a lo largo de las secciones formando el caracol característico de la envuelta.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Primero se asignan los radios y luego se aplica la siguiente formula y se obtiene el ángulo ϕ en el que ese radio se encuentra ubicado.



$$\Phi = \frac{360 \cdot R_2 \cdot c'_{2u}}{Q} \cdot \int_{R_2}^R b \cdot \frac{dR}{R}$$

siendo

c'_{2u} = Componente tangencial de la velocidad absoluta de salida

Q = Caudal

b = ancho de alabe

R_2 = Radio maximo de rodete admisible dentro de la carcasa

R = Radio en cada punto de la carcasa

Si colocamos un nombre a la constante que multiplica la integral de la formula tenemos:

$$\Phi = a \int_{R_2}^R b \cdot \frac{dR}{R}$$

siendo

$$a = \frac{360 \cdot R_2 \cdot c'_{2u}}{Q}$$

Para simplificar estos cálculos utilizamos una tabla

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Q	50	m ³ /h		13,88888889	lts/seg	0,01388889	m ³ /seg					
H	50	m										
d2	20,3	cm										
b2	0,6	cm										
V'u2	17,27	m/seg										
A	492,40224											
R [cm]	ΔR [cm]	Rmedio [cm]	b medio [cm]	bΔR/Rmedio [cm]	Δφ [°]	φ0 [°]	ΔA [cm ²]	Aφ [cm ²]	Qφ [m ³ /seg]	V media [m/seg]	perdidas (-10%)	
11	0,2	11,1	0,86547005	0,015594055	7,67854762		0,17309401					
11,2						7,67854762		0,17309401	0,00029624	17,1144144	15,402973	
	0,24	11,32	1,11950417	0,023735071	11,687202		0,268681					
11,44						19,3657496		0,44177501	0,000747135	16,9121246	15,2209121	
	0,28	11,58	1,41972631	0,034328443	16,9034021		0,39752337					
11,72						36,2691518		0,83929838	0,001399273	16,6719353	15,0047418	
	0,32	11,88	1,76613647	0,0475727	23,4249039		0,56516367					
12,04						59,6940556		1,40446205	0,011769678	0,0083802	0,00754218	
	0,36	12,22	2,15873466	0,063596111	31,3148675		0,77714448					
12,4						91,0089231		2,18160653	0,017943926	0,0082251	0,00740259	
	0,4	12,6	2,59752086	0,08246098	40,6039711		1,03900834					
12,8						131,612894		3,22061487	0,025949676	0,00805737		
	1,4	13,5	3,63675135	0,377144584	185,706838		5,09145188					
14,2						317,319732		8,31206676	0,062564874	0,00752699	0,00677429	
	1,44	14,92	5,27642611	0,509252922	250,75728		7,5980536					
15,64						568,077012		15,9101204	0,112005851	0,00703991	0,00633592	

Quedan así determinados los radios para cada ángulo φ.

Luego se procede al dibujo de las secciones triangulares proyectadas en el plano transversal y su posterior redondeo de vértices. Este cambio de geometría se realiza siempre manteniendo el área requerida para esa sección determinada. $A1^*=A1$

La equivalencia de áreas se realiza mediante mediciones del software AutoCad comparando ambas geometrías, iterando con valores de radios para los vértices

En las 3 dimensiones, se ubica cada una de estas secciones de acuerdo al ángulo φ de la tabla y luego mediante geometrías de transición se obtiene la superficie interior de la voluta.

Aros de desgaste

Colocaremos anillos de desgaste en la carcasa y en el rodete. La norma API 610 fija los huelgos mínimos que debemos adoptar entre los mismos, ya que esto determinará el caudal de fuga que tendrá la bomba.

Para el huelgo ingresamos en la tabla 6 de la norma con el diámetro del rodete en el lugar de apoyo del aro de cierre. Este será 105mm

	DESARROLLO BCV-03 (Q50m3, H50m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610	UTN FRA N°: 2020-G1-T2-GE-000-301	Rev. 0 Pag. 32 de 68
	PROYECTO FINAL – GRUPO N°01		

Table 6—Minimum Internal Running Clearances

Diameter of Rotating Member at Clearance in.	Minimum Diametral Clearance in.	Diameter of Rotating Member at Clearance mm	Minimum Diametral Clearance mm
< 2.000	0.010	< 50	0.25
2.000 to 2.499	0.011	50 to 64.99	0.28
2.500 to 2.999	0.012	65 to 79.99	0.30
3.000 to 3.499	0.013	80 to 89.99	0.33
3.500 to 3.999	0.014	90 to 99.99	0.35
4.000 to 4.499	0.015	100 to 114.99	0.38
4.500 to 4.999	0.016	115 to 124.99	0.40

La norma determina huelgo mínimo del 0,38mm

Ahora tenemos que calcular el caudal de líquido que fugará por los aros, para esto determinaremos el área del huelgo entre aros y la presión que actúa sobre los mismos.

Superficie del juego:

$$A = \frac{1}{2} \pi \cdot D \cdot s = \frac{1}{2} \pi \cdot 8,5 \cdot 0,038$$

$$A = 0,441 \text{ cm}^2$$

Presión a través de los aros será:

$$H_L = \frac{3 u_2^2 - u_1^2}{4 \cdot 2g} = \frac{3 (40,05)^2 - (23,56)^2}{4 \cdot 19,62}$$

$$H_L = 44,83m$$

La configuración de los aros será la más sencilla posible, anillos lisos. Del libro Church pág. 92, tabla 6-1 se determina el coeficiente de derrame

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

	VELOCIDAD R. P. M.				$Q_L = 2 \frac{CA}{10^4} \sqrt{2gH_L}$ Donde: Q_L es la fuga en ambos lados del rodete en m ³ p. s. C = Coeficiente de descarga. A = Superficie del juego en cm ² . H_L = Altura o presión a través del aro de cierre sobre el nivel de aspiración en m.					
	1400	1700	2000	2500						
Capacidad para rendimiento máximo (normal) l. p. s.	17	20,5	23,6	30						
Altura total para rendimiento máximo (normal). Metros.	17	26,82	35,81	56,1						
Altura o presión a través del aro de cierre. H_L en metros.	10,67	16,91	22,55	35,36						
Altura o presión a través del aro de cierre en tanto por ciento de la altura total.	62,5	63,0	63,0	63,0						
N.º	AROS DE CIERRE	Tanto por ciento de pérdidas por fuga a las velocidades de r. p. m.				Coeficiente de descarga a las velocidades de r. p. m.				OBSERVACIONES
		1400	1700	2000	2500	1400	1700	2000	2500	
1	 JUEGO SOBRE EL DIAMETRO	1,52	1,80	2,00	2,18	0,176	0,200	0,220	0,244	Las pérdidas de fuga inferiores de un 46,6 a un 41 % con respecto a las del aro de cierre n.º 2. Las pérdidas de fuga son mayores cuanto más pequeño es el solapado. Sobre el coeficiente de descarga tiene muy poco efecto la mayor o menor superposición de ambos aros de cierre (fijo y giratorio).
2	 JUEGO SOBRE EL DIAMETRO	2,35	3,32	3,52	3,70	0,330	0,368	0,368	0,414	
3	 JUEGO SOBRE EL DIAMETRO	3,08	3,60	3,86	4,17	0,356	0,400	0,424	0,468	
4	 JUEGO SOBRE EL DIAMETRO	3,16	3,62	3,87	4,07	0,366	0,402	0,426	0,456	
5	 JUEGO 0,3 mm SOBRE EL DIAMETRO	3,68	4,17	4,38	4,50	0,426	0,462	0,482	0,504	

El coeficiente de derrame queda $C = 0,244$

Por lo tanto el caudal de fuga queda:

$$Q_L = \frac{CA}{10^4} \sqrt{2gH_L}$$

$$Q_L = \frac{0,244 \cdot 0,441}{10^4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 44,83m}$$

$$Q_L = 0,00031912 \text{ m}^3 \text{ ps}$$

Ahora calculamos el porcentaje del caudal total que estaría fugando para determinar si es aceptable.

$$\frac{0,000319212}{0,01388} \cdot 100 = 2,3\%$$

El caudal representa un 2.3% del total, se admiten caudales de fuga de hasta un 10% por lo tanto es aceptable.

Verificación de cargas por FEA

Para el diseño de la carcasa de la bomba, se debe adoptar un espesor practicable dentro de la tecnología de fundición de ese tipo de piezas y teniendo en cuenta contemplar los espesores para corrosión

$$e_c = 5mm + 3mm = 8mm$$

Tensión admisible

El material habitual utilizado en la industria para estos equipos y seleccionado para la carcasa de la bomba es fundición de acero **ASTM-216 WCB**.

	DESARROLLO BCV-03 (Q50m3, H50m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610	UTN FRA N°: 2020-G1-T2-GE-000-301	Rev. 0 Pag. 34 de 68
	PROYECTO FINAL – GRUPO N°01		

De acuerdo a este standard, las tensiones mínimas son las indicadas en la TABLE 2 Tensile Requirements



5.3 Heat treatment shall be performed after castings have been allowed to cool below the transformation range.

6. Temperature Control

6.1 Furnace temperatures for heat treating shall be effectively controlled by pyrometer.

7. Chemical Composition

7.1 The steel shall be in accordance with the requirements as to chemical composition prescribed in Table 1.

8. Tensile Requirements

8.1 Steel used for the castings shall be in accordance with the requirements as to tensile properties prescribed in Table 2.

TABLE 2 Tensile Requirements

	Grade WCA	Grade WCB	Grade WCC
Tensile strength, ksi [MPa]	60 to 85 [415 to 585]	70 to 95 [485 to 655]	70 to 95 [485 to 655]
Yield strength, ^A min, ksi [MPa]	30 [205]	36 [250]	40 [275]
Elongation in 2 in. [50 mm], min, % ^B	24	22	22
Reduction of area, min, %	35	35	35

^A Determine by either 0.2 % offset method or 0.5 % extension-under-load method.

^B When ICI test bars are used in tensile testing as provided for in Specification A 703/A 703M, the gage length to reduced section diameter ratio shall be 4 to 1.

La norma API 610 tiene como requisito:

6.3.4 For pressure casing components, the tensile stress used in the design shall not exceed 0.25 times the minimum ultimate tensile strength or 0.67 times the minimum yield strength for that material, whichever is lower, with MAWP across the full range of specified operating temperatures. For castings, the minimum ultimate tensile strength and minimum yield strength for that material shall be multiplied by the appropriate casting factor, as shown in Table 4.

Table 4—Casting Factors

Type of Nondestructive Examination	Casting Factor
Visual, magnetic particle, and/or liquid penetrant	0.8
Spot radiography	0.9
Ultrasonic	0.9
Full radiography	1.0

$$0,25 \times \text{Minimum ultimate tensile strength} = 0,25 \times 485 \text{ MPa} = \mathbf{121,25 \text{ MPa}}$$

$$0,67 \times \text{Minimum yeild strength} = 0,67 \times 250 \text{ MPa} = \mathbf{167,5 \text{ MPa}}$$

Por lo tanto, las tensiones generadas en la carcasa analizadas deberán ser menores a **121 MPa** para verificar el diseño.

Cargas aplicadas

Para esta verificación se utilizará el software Autodesk Inventor en el que se modela la carcasa y se aplican las cargas consideradas para obtener las tensiones y deformaciones correspondientes, mediante calculo por elementos finitos.

Las cargas a aplicar para la simulación son:

- Presión interna de diseño. Esta carga será según API 610 la presión máxima de descarga más la presión diferencial máxima incrementada en un 10%, o 40bar, lo que sea mayor.
 $Pd' = 6,278 \text{ bar} + 1.1 \times 6,27 \text{ bar} = 14 \text{ bar} < 40\text{bar} \rightarrow \mathbf{Pdiseño = 40bar = 4MPa}$

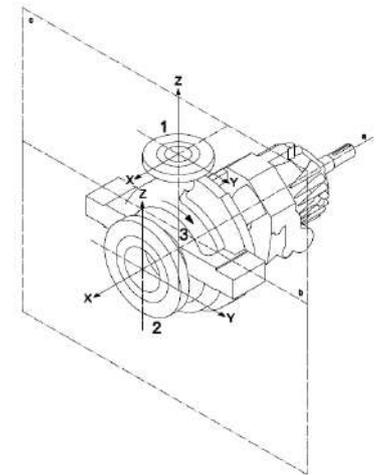
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

b) Cargas en conexiones. La norma API 610 fija ciertas cargas a verificar en las conexiones de acuerdo al tipo de bomba y el tamaño nominal de la conexión.

Table 5—Nozzle Loadings

Location/Orientation	Nozzle-loading Force as a Function of Flange Size—USC Units lbf								
	Nominal Size of Flange (NPS)								
	≤ 2	3	4	6	8	10	12	14	16
Each top nozzle									
F_X	160	240	320	560	850	1200	1500	1600	1900
F_Y	130	200	260	460	700	1000	1200	1300	1500
F_Z	200	300	400	700	1100	1500	1800	2000	2300
F_R	290	430	570	1010	1560	2200	2600	2900	3300
Each side nozzle									
F_X	160	240	320	560	850	1200	1500	1600	1900
F_Y	200	300	400	700	1100	1500	1800	2000	2300
F_Z	130	200	260	460	700	1000	1200	1300	1500
F_R	290	430	570	1010	1560	2200	2600	2900	3300
Each end nozzle									
F_X	200	300	400	700	1100	1500	1800	2000	2300
F_Y	160	240	320	560	850	1200	1500	1600	1900
F_Z	130	200	260	460	700	1000	1200	1300	1500
F_R	290	430	570	1010	1560	2200	2600	2900	3300
	Moment ft·lbf								
Each nozzle									
M_X	340	700	980	1700	2600	3700	4500	4700	5400
M_Y	170	350	500	870	1300	1800	2200	2300	2700
M_Z	260	530	740	1300	1900	2800	3400	3500	4000
M_R	460	950	1330	2310	3500	5000	6100	6300	7200

NOTE 1 See Figure 21 through Figure 25 for orientation of nozzle loads (X, Y, and Z).
 NOTE 2 Each value shown above indicates range from minus that value to plus that value; e.g. 160 indicates a range from -160 to +160.



Key
 1 discharge nozzle
 2 suction nozzle
 3 center of pump
 a Shaft centerline
 b Pedestal centerline
 c Vertical plane.

Figure 22—Coordinate System for the Forces and Moments in Table 5, Horizontal Pumps with End Suction and Top Discharge Nozzles

c) Momento torsor del eje transmitido al rodete.

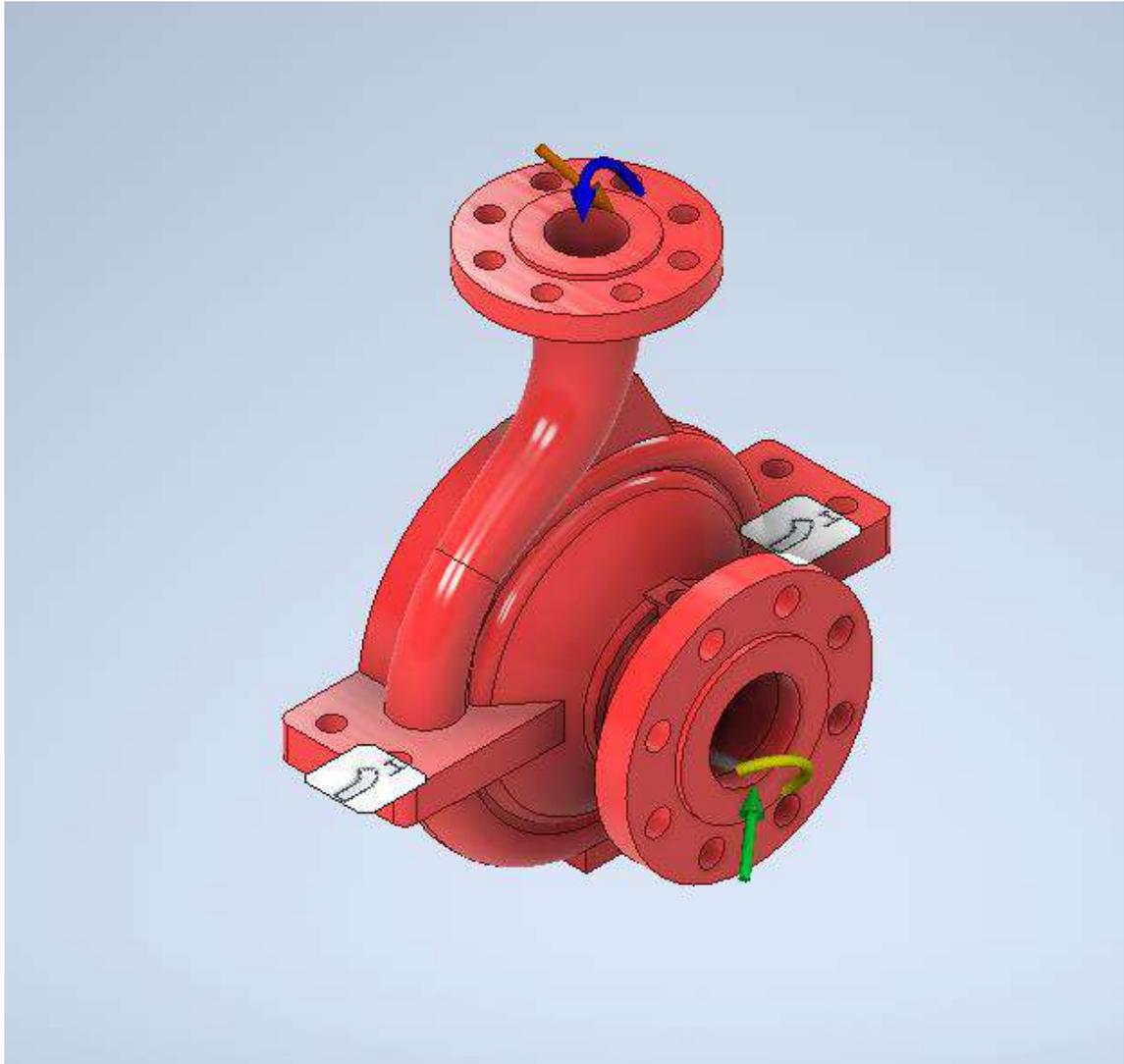
A modo de resumen, se indican las cargas aplicadas debajo:

Conexión de aspiración NPS 3	
F_x	711,7 N
F_y	578,3 N
F_z	889,6 N
Momento	1290 N
Conexión de descarga NPS 2	
F_x	1067,6 N
F_y	1334,5 N
F_z	889,6 N
Momento	1912,7 N
Interior Carcasa	
Presión interna	4 MPa
Momento Torsor	276 kgm

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Simulación

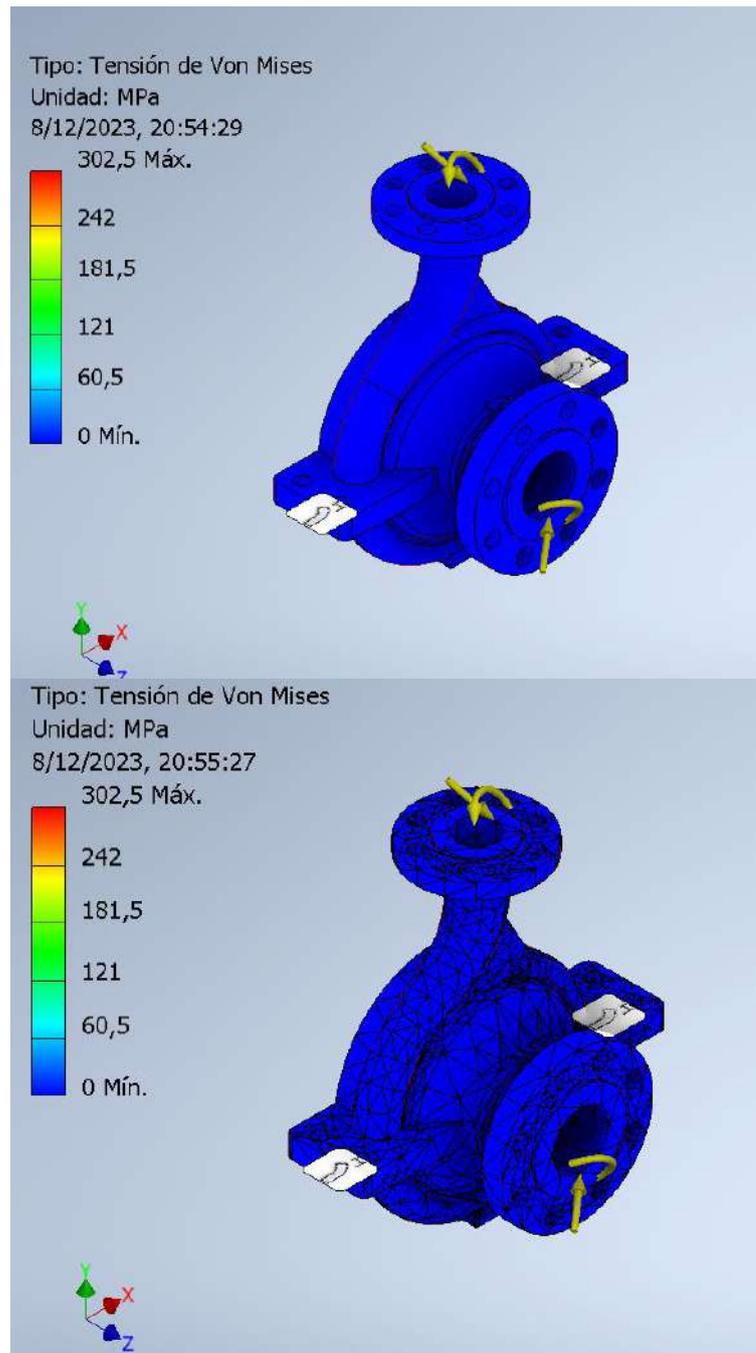
Primero se ingresa al software y se fijan los apoyos de la pieza, en este caso serán los agujeros donde se colocan los bulones soporte, la cara inferior de los mismos. Luego se ingresa en la parte de fuerzas dando valor a las mismas y ubicando cada una en las respectivas caras actuantes



PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Resultados obtenidos del análisis

Para visualizar los resultados, el software lo muestra en una escala de colores para observar en que sector de la pieza están ocurriendo los valores de tensión. Para esto se fija una escala, seteando el valor máximo como 300MPa.



En la simulación se muestra la escala. Toda la pieza de color azul está sometida a tensiones menores a 60,5 MPa, valor muy por debajo de los límites de tensión admisible del material. Por lo tanto el diseño mecánico referido a espesores, radios y geometría de la pieza queda verificado.

	<p style="text-align: center;">DESARROLLO BCV-03 (Q50m3, H50m)</p> <p style="text-align: center;">BOMBAS CENTRIFUGAS OH2</p> <p style="text-align: center;">DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA N°:</p> <p style="text-align: center;">2020-G1-T2-GE-000-301</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0</p> <p style="text-align: center;">Pag. 38 de 68</p>
<p>PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

Selección de Sello Mecánico

Se hará la selección del sello mecánico basándonos en la norma “API 682 4th Ed. – Shaft Sealing Systems for Centrifugal and Rotary Pumps” para identificar: Categoría, tipo, arreglo y plan de sello. Para realizar la selección utilizamos la presión máxima que soportan las bridas (150psi) y como fluido, agua a temperatura ambiente (25°C).

Categoría

Categoría 2: Se recomienda para las cavidades de sellado que reúnen los requisitos dimensionales del API 610.

Su uso se limita para sellar temperaturas en la cavidad de sellado de -40°C (-40°F) a 400°C (750°F) y presiones absolutas de hasta 42 bar (600psi).

4.1.2 Seal Categories

There are three seal categories, as follows.

- *Category 1* seals are intended for use in non-API 610 pump seal chambers, meeting the dimensional requirements of ASME B73.1, and ASME B73.2 seal chamber dimensions and their application is limited to seal chamber temperatures from -40 °C (-40 °F) to 260 °C (500 °F) and gauge pressures up to 2 MPa (20 bar) (300 psi).
- *Category 2* seals are intended for use in seal chambers meeting the chamber envelope dimensional requirements of API 610. Their application is limited to seal chamber temperatures from -40 °C (-40 °F) to 400 °C (750 °F) and gauge pressures up to 4 MPa (40 bar) (600 psi).
- *Category 3* provides the most rigorously tested and documented seal design. They meet the seal chamber envelope requirements of API 610 (or equal). Their application is limited to seal chamber temperatures from -40 °C (-40 °F) to 400 °C (750 °F) and gauge pressures up to 4 MPa (40 bar) (600 psi).

Tipo

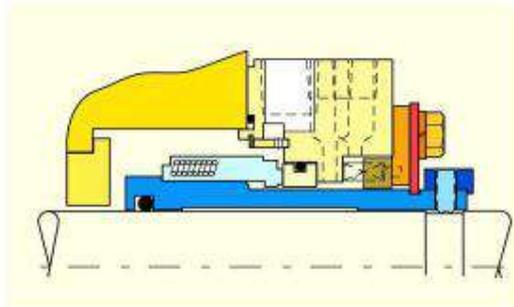
Tipo A: Recomendado para agua limpia con temperatura inferior a 80°C (180°F) y una presión manométrica por debajo de 20bar (300 psi).

A.2.2.1 Clean Water Below 80 °C (180 °F) and Below a Gauge Pressure of 2.0 MPa (20 bar) (300 psi)

The recommended seal is a Type A pusher with no special features required.

The recommended option is either a Type B or Type C metal bellows with no special features required.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01



- Juntas tipo O-ring.
- Carburo de silicio vs carbón.
- Juntas en Fluoroelastomer O-rings (FKM)
- Resortes en Alloy C276 (316 para resorte simple)
- Brida y camisa en 316 SS.
- Apto para Temperaturas de hasta 175°C

— *Type A seal is a balanced, internally-mounted, cartridge design, pusher seal with multiple springs. Secondary sealing elements are elastomeric O-rings.*

Materials are specified in Section 6. Guidance on equivalent materials standards is given in Annex B. Figure 7 depicts a Type A seal.

— *Type B seal is a balanced, internally-mounted, cartridge design (metal bellows) seal. Secondary sealing elements are elastomeric O-rings.*

Materials are specified in Section 6. Guidance on equivalent materials standards is given in Annex B. Figure 8 depicts a Type B seal. A metal bellows seal offers the advantage of having only static secondary seals. It may be specified instead of the default Type A seal for low-temperature service.

— *Type C seal is a balanced, internally-mounted, cartridge design (metal bellows) seal. Secondary sealing elements are flexible graphite.*

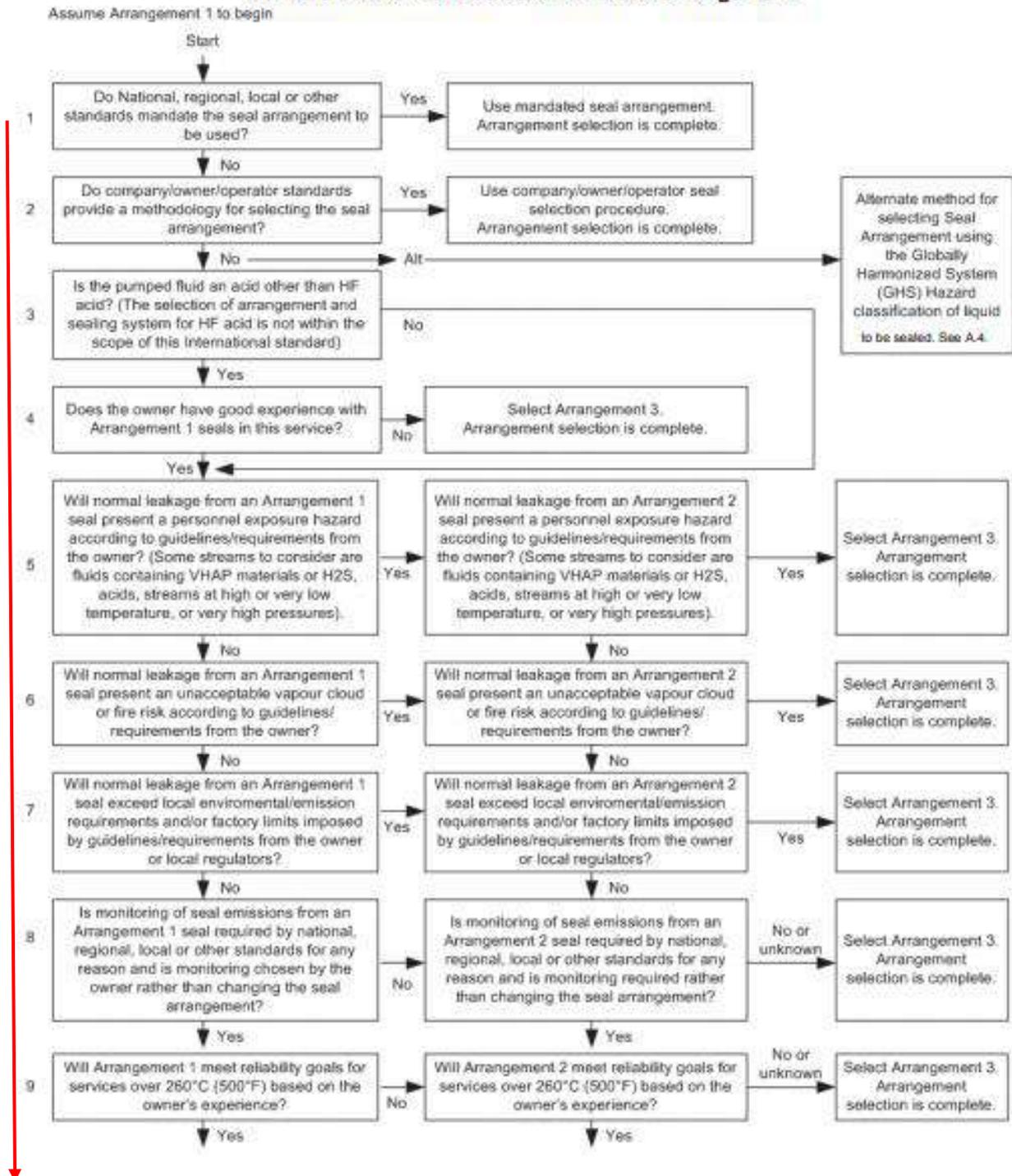
Materials are specified in Section 6. Guidance on equivalent materials standards is given in Annex B. Figure 9 depicts a Type C seal. Bellows seals are inherently balanced. Stationary metal bellows seals are the primary choice for high-temperature Arrangement 1 seals.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Arreglo

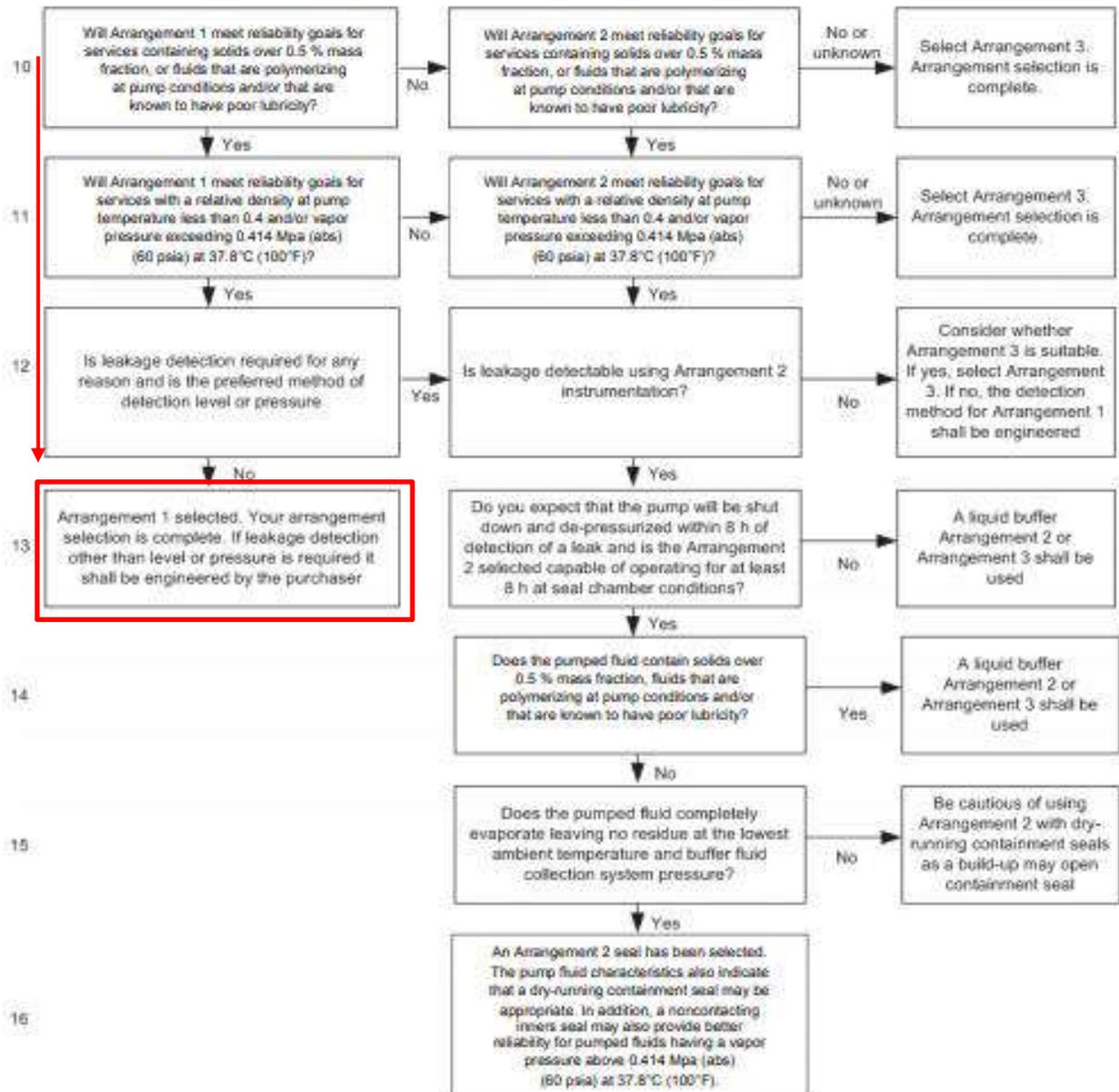
RECOMMENDED SEAL ARRANGEMENT SELECTION PROCEDURE
SHEET 6 OF 10

Considerations in the selection of a seal arrangement



PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

SHEET 6 OF 10 (continued)



Arreglo 1: Sello mecánico simple.

Puede tener buje de brida fijo o flotante. Para categoría 2 se utiliza buje de brida flotante.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

4.1.4.1 Arrangement 1, 2, and 3 Seals

There are three seal arrangements, as follows.

- *Arrangement 1*—Seal configurations having one seal per cartridge assembly.
- *Arrangement 2*—Seal configuration having two seals per cartridge assembly, with the space between the seals at a pressure less than the seal chamber pressure.
- *Arrangement 3*—Seal configurations having two seals per cartridge assembly, utilizing an externally supplied barrier fluid at a pressure greater than the seal chamber pressure.

7.1 Arrangement 1 Seals

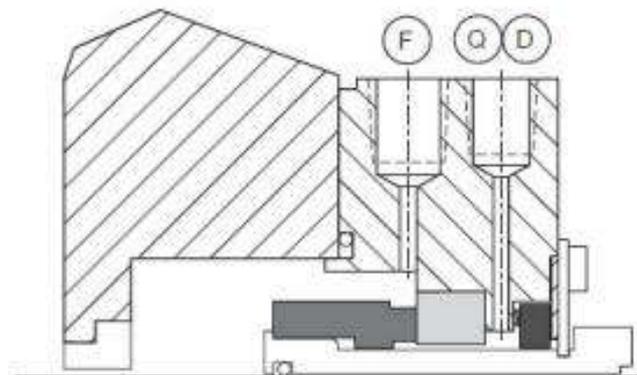
7.1.1 Seal Sleeves

Seal sleeves shall be in one piece.

7.1.2 Seal Chamber and Gland Plate

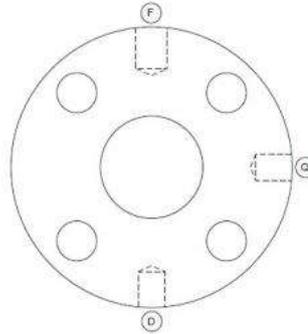
7.1.2.1 Unless otherwise specified:

- a) fixed throttle bushing made of carbon shall be installed in the gland plate for Category 1 seals;
- b) close-clearance (floating) throttle bushing made of carbon shall be installed in the gland plate for Category 2 seals;
- c) close-clearance (floating) throttle bushing made of carbon shall be installed in the gland plate for Category 3 seals;
- d) segmented carbon bushing shall be an option for Category 2 and Category 3 seals as given in 6.1.2.24.



b) 1CW-FL, Contacting Single Wet Seal with a Floating Throttle Bushing

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01



c) Typical Gland Plate Connection Orientation

Sello arreglo 1 – tipo A

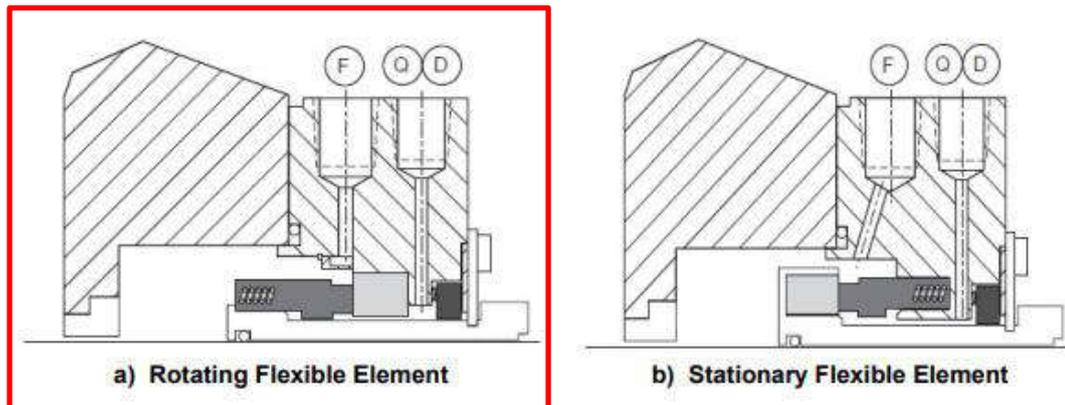


Figure 7—Arrangement 1 Type A Seals

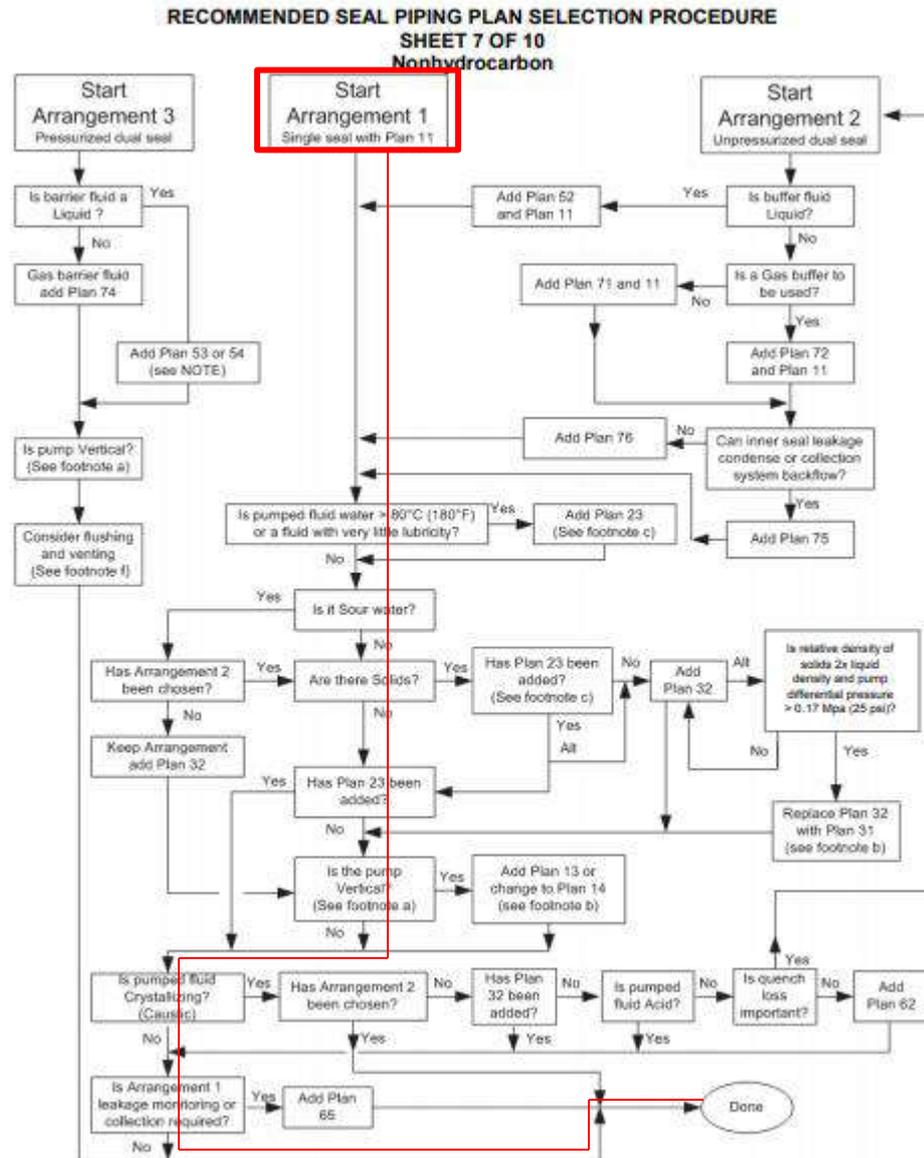
Table 2—Symbols and Size for Seal Chamber and Gland Plate Connections

Seal Config.	Symbol	Connection	Location	Type	Size ^a		Connection Required ^f
					Cat. 1	Cat. 2 and Cat. 3	
1CW-FX	F	Flush	0	process	1/2 ^c	1/2	required
1CW-FL	FI	flush in (Plan 14 & 23 only)	180	process	1/2 ^c	1/2	WS
	FO	flush out (Plan 14 & 23 only)	0	process	1/2 ^c	1/2	WS
	D	drain	180	atmospheric	3/8 ^e	3/8	required
	Q	quench	90	atmospheric	3/8 ^e	3/8	required
	H	heating	—	utility	1/2 ^c	1/2	WS
	C	cooling	—	utility	1/2 ^c	1/2	WS
	PIT	pressure sensing port	90	instrumentation	3/8	3/8	WS ^g

^a All sizes listed in this table are NPT tapered thread connections.
^b These connections are rarely provided because they are only required when a throttle bushing is provided. A throttle bushing is not provided with standard Arrangement 2 and 3 configurations.
^c A 3/8 NPT connection may be used if 1/2 NPT is not possible because of space constraints.
^d 1/2 NPT required for shaft diameters 60 mm (2.5 in.) or smaller, 3/4 NPT for larger shaft sizes.
^e A 1/4 NPT connection may be used if 3/8 NPT is not possible because of space constraints.
^f WS = Connection is provided only when the appropriate piping plan is specified.
^g PIT port for indicating pressure transmitter required for Piping Plan 66A and Piping Plan 66B.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

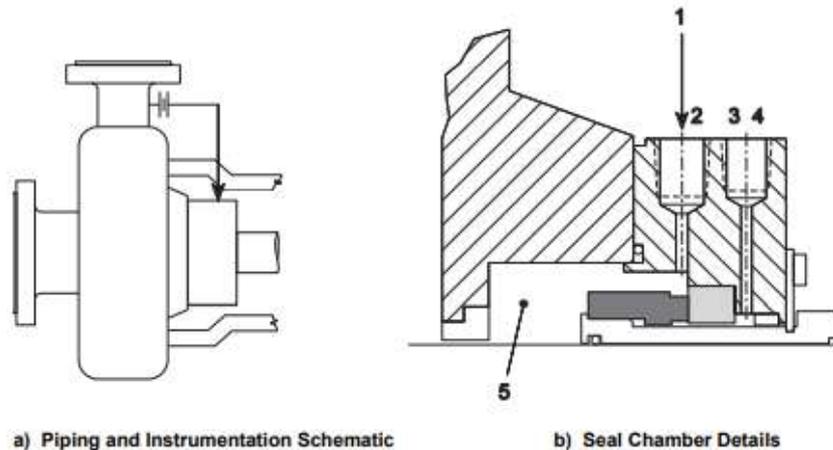
Plan de sello



Según norma para nuestro tipo de servicio corresponde utilizar el plan de sellos 11. De todas formas, nuestras bombas tendrán disponibles todas las conexiones necesarias para soportar todos los planes correspondientes al arreglo 1.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

G.6 Piping Plan 11



Key

- 1 from high-pressure region of pump (pump discharge or pump discharge piping)
- 2 flush (F)
- 3 quench (Q)
- 4 drain (D)
- 5 seal chamber

Figure G.6—Standard Seal Piping Plan 11

In Piping Plan 11 there is recirculation from a high-pressure region of the pump (typically the pump discharge or the pump discharge piping) through a flow control orifice to the seal. With purchaser approval, the flow control orifice may be omitted if it is not needed to achieve the required flush flow rate.

Piping Plan 11 is the default seal flush plan for all Arrangement 1 and 2 seals. In Piping Plan 11, product is routed from the pump discharge to the seal chamber to provide cooling for the seal and to vent air or vapors from the seal chamber. Fluid then flows from the seal chamber back into the process stream. It is the most commonly used flush plan for clean general service equipment. For high-head applications, careful consideration should be given to calculation of the required flush flow rate. Calculations are required to determine the proper orifice and throat bushing dimensions to assure adequate seal flush flow. In pumps with low differential head or pumping high-viscosity fluids, the required flow rate for the piping plan may be achieved without the flow control orifice. Care shall be taken when using this plan with polymerizing fluid that may plug the orifice and connecting piping.

G.2 Symbol Library

flow orifice	FO
level indicator	LI
level transmitter with local indicator	LIT
differential pressure transmitter with local indicator	PDIT
pressure indicator	PI
pressure transmitter with local indicator	PIT
temperature indicator	TI
temperature transmitter with local indicator	TIT
high-level alarm set point	HLA
low level alarm set point	LLA
normal liquid level	NLL

Figure G.1—Instrument Symbols

bladder accumulator	
cyclone separator	
filter, coalescing	
flow orifice	
seal cooler	
strainer, Y	
valve, normally open	
valve, normally closed	
valve, check	
valve, needle	
valve, pressure control	
valve, pressure relief	

Figure G.2—Equipment Symbols

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Cámara de sello API 610

Según la norma API 610 se determinan las dimensiones principales de la cámara de sellos de acuerdo al diámetro adoptado del eje.

6.8.3 The seal chamber shall conform to the dimensions shown in Figure 26 and Table 7. For pumps with flange and pressure ratings in excess of the minimum values in 6.3.5, the gland stud size and circle may increase. Larger studs shall be furnished only if required to meet the stress requirements of 6.3.4 or to sufficiently compress spiral-wound gaskets in accordance with manufacturer's specifications.

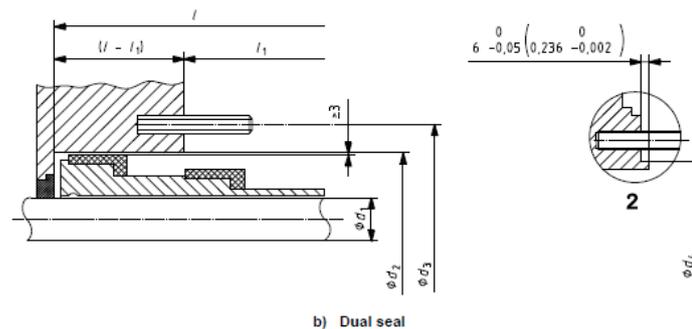
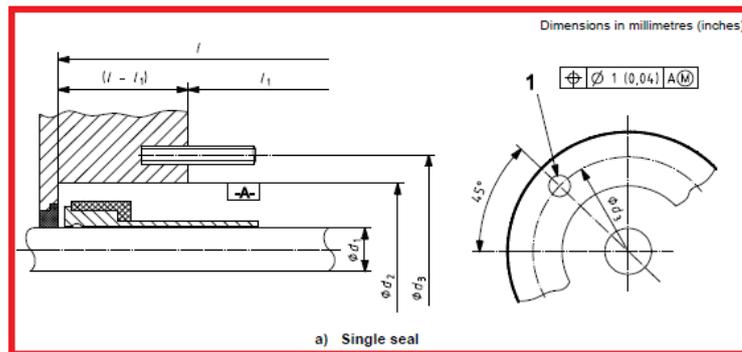


Table 7 — Standard dimensions for seal chambers, seal gland attachments and cartridge mechanical seal sleeves (see Figure 26)

Dimensions in millimetres (inches)

Seal chamber size	Shaft diameter max. ^a	Seal chamber bore ^b	Gland stud circle	Outside gland rabbet ^c	Total length min. ^d	Clear length min. ^d	Stud size	
	d_1	d_2	d_3	d_4	l	l_1	SI	USC
1	20,00 (0,787)	70,00 (2,756)	105 (4,13)	85,00 (3,346)	150 (5,90)	100 (3,94)	M12 × 1,75	1/2"-13
2	30,00 (1,181)	80,00 (3,150)	115 (4,53)	95,00 (3,740)	155 (6,10)	100 (3,94)	M12 × 1,75	1/2"-13
3	40,00 (1,575)	90,00 (3,543)	125 (4,92)	105,00 (4,134)	160 (6,30)	100 (3,94)	M12 × 1,75	1/2"-13
4	50,00 (1,968)	100,00 (3,937)	140 (5,51)	115,00 (4,528)	165 (6,50)	110 (4,33)	M16 × 2,0	5/8"-11
5	60,00 (2,362)	120,00 (4,724)	160 (6,30)	135,00 (5,315)	170 (6,69)	110 (4,33)	M16 × 2,0	5/8"-11
6	70,00 (2,756)	130,00 (5,118)	170 (6,69)	145,00 (5,709)	175 (6,89)	110 (4,33)	M16 × 2,0	5/8"-11
7	80,00 (3,150)	140,00 (5,512)	180 (7,09)	155,00 (6,102)	180 (7,09)	110 (4,33)	M16 × 2,0	5/8"-11
8	90,00 (3,543)	160,00 (6,299)	205 (8,07)	175,00 (6,890)	185 (7,28)	120 (4,72)	M20 × 2,5	3/4"-10
9	100,00 (3,937)	170,00 (6,693)	215 (8,46)	185,00 (7,283)	190 (7,48)	120 (4,72)	M20 × 2,5	3/4"-10
10	110,00 (4,331)	180,00 (7,087)	225 (8,86)	195,00 (7,677)	195 (7,68)	120 (4,72)	M20 × 2,5	3/4"-10

^a Dimensions to tolerance class h6.
^b Dimensions to tolerance class H7; for axially split pumps, an additional tolerance of $\pm 75 \mu\text{m}$ (0.003 in) to allow for gasket thickness.
^c Dimensions to tolerance class f7.
^d Shaft deflection criteria (6.9.1.3) can require the reduction of dimensions l and l_1 on size 1 and size 2 seal chambers to below the minimum values listed, depending on specific pump construction and casing design. Size 1 and size 2 seal chambers are not usually found on Type OH2 and OH3 pumps.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Selección de sello mecánico en catalogo EagleBurgmann

API 682 Categoría 2 y 3, Tipo A, Arreglo 1. Sello simple, con elemento flexible rotativo.



LL9DKUJ

- API 682 Category 2 and 3, Type A, Arrangement 2 seal
- Dual seal in back-to-back arrangement
- Same size of inboard and outboard seal
- Balanced
- Cartridge unit
- Rotating multiple springs
- Solid seal faces



LL9DSUU

- API 682 Category 2 and 3, Type A, Arrangement 2 seal
- Dual seal in face-to-face arrangement
- Same size of inboard and outboard seal
- Balanced
- Cartridge unit
- Stationary multiple springs
- Solid seal faces



LL9DTUE

- API 682 Category 2 and 3, Type A, Arrangement 2 seal
- Dual seal in face-to-back arrangement
- Dry contact outer seal (containment seal)
- Balanced
- Cartridge unit
- Solid seal faces



LL9DTUU

- API 682 Category 2 and 3, Type A, Arrangement 2 or 3 seal
- Dual seal in face-to-back arrangement
- Same seal size on inboard and outboard seal
- Balanced
- Cartridge unit
- Rotating multiple springs



LL9UC

- API 682 Category 2 and 3, Type A, Arrangement 1 seal
- Single seal
- Balanced
- Cartridge unit
- Rotating multiple springs
- Solid seal faces



LNF992

- API 682 Category 2 and 3, Type A, Arrangement 2 seal
- Dual seal in face-to-back arrangement
- Lip-lubricated
- Balanced
- Cartridge unit
- Stationary multiple springs
- Independent of direction of rotation

LL9UC

API 682 4th edition product range | Mechanical seals | Balanced pusher seals



Features

- API 682 Category 2 and 3, Type A, Arrangement 1 seal
- Single seal
- Balanced
- Cartridge unit
- Rotating multiple springs

Advantages

- Compact design
- Low heat generation and power consumption due to narrow seal face width
- Longer seal life
- Pressure-balanced design prevents mating ring being forced out under reverse pressure
- No damage to shaft sleeve as dynamic O-Ring is not in direct contact with the sleeve
- Extended selection of materials
- Metal parts also in special materials available

Operating range

Shaft diameter: d1 = 20 ... 110 mm (0.79" ... 4.33")
 Pressure: p = vacuum ... 42 bar (... 609 PSI)
 Temperature: t = -40 °C ... +176 °C (-40 °F ... +349 °F)
 Sliding velocity: v_g ... 23 m/s (... 75 ft/s)

Materials

Seal ring: Ellister resistant carbon, Silicon carbide SSIC (01), RBSIC (02)
 Mating ring: Silicon carbide SSIC (01), RBSIC (02)
 Secondary seals: FKM (V), FFKM (K), EPDM (E), NBR (P)
 Springs: Hastelloy® C-276 (M5)
 Metal parts: C/NiMo steel 316 (G)

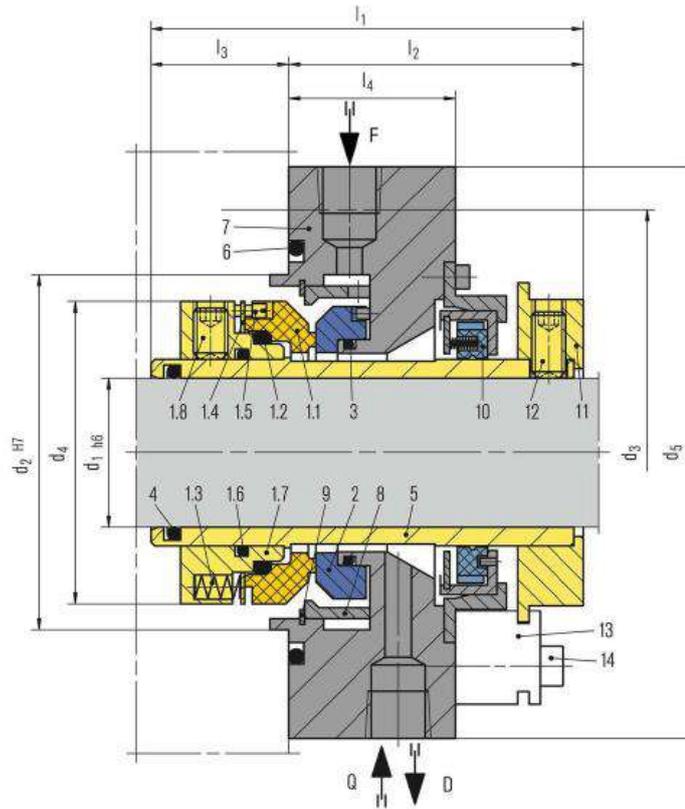
Standards and approvals

- API 682 / ISO 21049
- API 682 4th ed. Cat. 2/3 - 1CW-FL

Recommended applications

- Refining technology
- Oil and gas industry
- Petrochemical industry
- Chemical industry
- Power plant technology
- Light volatile hydrocarbons
- LPG plants
- API 610 / ISO 13708 pumps
- Process pumps

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01



Item	Description
1.1	Seal ring
1.2, 1.6, 3, 4, 6	O-Ring
1.3	Spring
1.4	Thrust ring
1.5	Drive screw
1.7	Collar
1.8, 12	Set screw
2	Mating ring
5	Seal sleeve
7	Gland plate
8	Flow distributor
9	Retaining ring
10	Throttle bushing
11	Drive collar
13	Setting device
14	HSH Cap screw

F Flush
O Quench
D Drain

Dimensions

API/d ₁	API/d ₂	API/d ₃	d ₄	d ₅	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄
20	70	105	-	-	-	-	-	-
30	80	115	69	138	102	77	25	45
40	90	125	79	148	102	77	25	45
50	100	140	89	168	102	77	25	45
60	120	160	105	188	107	79	28	45
70	130	170	115	198	108	79	29	45
80	140	180	125	208	108	79	29	45
90	160	205	137	248	117	86	31	50
100	170	215	150	258	128,6	88,5	40,1	50
110	180	225	163	268	120,2	88,5	31,7	50

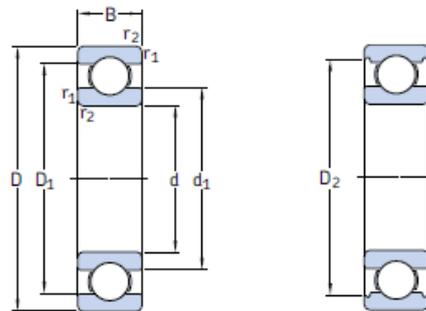
Dimensions in millimeter

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Selección de rodamientos

Se colocará un rodamiento para soportar carga radial y dos rodamientos de a par para soportar carga axial. Estos serán rodamientos rígidos de bolas y rodamiento de contacto angular, respectivamente. Los rodamientos que soportan el empuje axial se colocan del lado del acoplamiento y que soportan el empuje radial del lado del rodete.

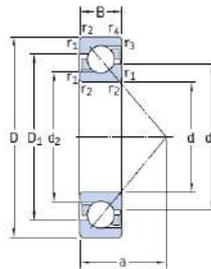
Rodamientos rígidos de bolas



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades		Masa	Designación	
d	D	B	dinámica C	estática C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite			
mm			kN		kN	rpm		kg	-	
25	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	24 000	0,022	61805	
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	22 000	0,045	61905	
	47	8	8,06	4,75	0,212	32 000	20 000	0,060	* 16005	
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	20 000	0,080	* 6005	
	52	9	10,6	6,55	0,28	28 000	18 000	0,078	98205	
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	18 000	0,13	* 6205	
	52	15	17,8	9,8	0,40	28 000	18 000	0,12	6205 ETN9	
	62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	16 000	0,23	* 6305	
	62	17	26	13,4	0,57	24 000	16 000	0,21	6305 ETN9	
	80	21	35,8	19,3	0,82	20 000	13 000	0,53	6405	
	28	58	16	16,8	9,5	0,405	26 000	16 000	0,18	62/28
		68	18	25,1	13,7	0,585	22 000	14 000	0,29	63/28
30	42	7	4,49	2,9	0,146	32 000	20 000	0,027	61806	
	47	9	7,28	4,55	0,212	30 000	19 000	0,051	61906	
	55	9	11,9	7,35	0,31	28 000	17 000	0,085	* 16006	
	55	13	13,8	8,3	0,355	28 000	17 000	0,12	* 6006	
	62	10	15,9	10,2	0,44	22 000	14 000	0,12	98206	
	62	16	20,3	11,2	0,48	24 000	15 000	0,20	* 6206	
	62	16	23,4	12,9	0,54	24 000	15 000	0,19	6206 ETN9	
	72	19	29,6	16	0,67	20 000	13 000	0,35	* 6306	
	72	19	32,5	17,3	0,74	22 000	14 000	0,33	6306 ETN9	
	90	23	43,6	23,6	1,00	18 000	11 000	0,74	6406	
	35	47	7	4,75	3,2	0,17	28 000	18 000	0,030	61807
		55	10	9,56	6,8	0,29	26 000	16 000	0,080	61907
62		9	13	8,15	0,38	24 000	15 000	0,11	* 16007	
62		14	16,8	10,2	0,44	24 000	15 000	0,16	* 6007	
72		17	27	15,3	0,66	20 000	13 000	0,29	* 6207	
72		17	31,2	17,6	0,75	20 000	13 000	0,27	6207 ETN9	
80	21	35,1	19	0,82	19 000	12 000	0,46	* 6307		
100	29	55,3	31	1,29	16 000	10 000	0,95	6407		

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

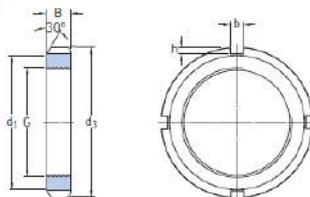
Rodamiento de contacto angular



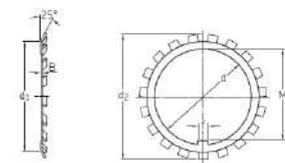
Dimensiones principales	d	D	B	Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P _u	Velocidades		Masa	Designaciones ²¹
				dinámica C	estática C ₀		Velocidad de referencia	Velocidad límite		
	mm			kN		kN	rpm		kg	de diseño básico
30	62	16	24	24	15,6	0,655	14 000	14 000	0,19	*7206 BECBP
	62	16	22,5	14,3	0,61	13 000	13 000	0,19	-	7206 BEP
	62	16	23,8	15,6	0,655	13 000	13 000	0,21	7206 BECBY	7206 BEY
	62	16	24	15,6	0,655	14 000	14 000	0,21	*7206 BECBM	-
	72	19	35,5	21,2	0,9	13 000	13 000	0,33	*7306 BECBP	-
	72	19	32,5	19,3	0,815	12 000	12 000	0,33	-	7306 BEP
	72	19	34,5	21,2	0,9	12 000	12 000	0,37	7306 BECBY	7306 BEY
	72	19	35,5	21,2	0,9	13 000	13 000	0,37	*7306 BECBM	-
35	72	17	31	20,8	0,88	12 000	12 000	0,28	*7207 BECBP	-
	72	17	29,1	19	0,815	11 000	11 000	0,28	-	7207 BEP
	72	17	30,7	20,8	0,88	11 000	11 000	0,30	7207 BECBY	7207 BEY
	72	17	31	20,8	0,88	12 000	12 000	0,30	*7207 BECBM	-
80	21	41,5	26,5	1,14	1,14	11 000	11 000	0,45	*7307 BECBP	-
80	21	39	24,5	1,04	1,04	10 000	10 000	0,45	-	7307 BEP
80	21	39	24,5	1,04	1,04	10 000	10 000	0,49	7307 BECBY	7307 BEY
80	21	41,5	26,5	1,14	1,14	11 000	11 000	0,49	*7307 BECBM	-

Luego para fijar estos rodamientos al eje se utilizará según la norma API una tuerca de fijación con su arandela correspondiente.

25.1 KM(L) and HM .. T lock nuts
M 10x0,75 – M 200x3
Tr 210x4 – Tr 280x4



25.2 MB(L) lock washers
MB 0 – MB 56



Dimensions	G	d ₁	d ₂	B	b	h	Axial load carrying capacity static	Mass	Designations	Designation			Mass					
										Lock nut	Associated lock washer	spanner		d	d ₁	d ₂	B	F
	mm						kN	kg					kg					
M 10x0,75	13,5	18	4	3	2	9,8	0,004	→ KM 0	MB 0	HN 0	→ MB 0	10	13,5	21	1	3	8,5	0,001
M 12x1	17	22	4	3	2	11,8	0,006	→ KM 1	MB 1	HN 1	→ MB 1	12	17	25	1	3	10,5	0,002
M 15x1	21	25	5	4	2	14,6	0,009	→ KM 2	MB 2	HN 2-3	→ MB 2	15	21	28	1	4	13,5	0,003
M 17x1	24	28	5	4	2	19,6	0,012	→ KM 3	MB 3	HN 2-3	→ MB 2	15	21	28	1,2	4	13,5	0,0035
M 20x1	26	32	6	4	2	24	0,025	→ KM 4	MB 4	HN 4	→ MB 3	17	24	32	1	4	15,5	0,003
M 25x1,5	32	38	7	5	2	31,5	0,028	→ KM 5	MB 5	HN 5-6	→ MB 3 A	17	24	32	1,2	4	15,5	0,0035
M 30x1,5	38	45	7	5	2	36,5	0,039	→ KM 6	MB 6	HN 5-6	→ MB 4	20	26	36	1	4	18,5	0,004
M 35x1,5	44	52	8	5	2	50	0,059	→ KM 7	MB 7	HN 7	→ MB 4 A	20	26	36	1,2	4	18,5	0,005
M 40x1,5	50	58	9	6	2,5	62	0,078	→ KM 8	MB 8	HN 8-9	→ MB 5	25	32	42	1,25	5	23	0,006
											→ MB 5 A	25	32	42	1,8	5	23	0,0085
											→ MB 6	30	38	49	1,25	5	27,5	0,008
											→ MB 6 A	30	38	49	1,8	5	27,5	0,011
											→ MB 7	35	44	57	1,25	6	32,5	0,011
											→ MB 7 A	35	44	57	1,8	6	32,5	0,016

Selección de sello de aceite

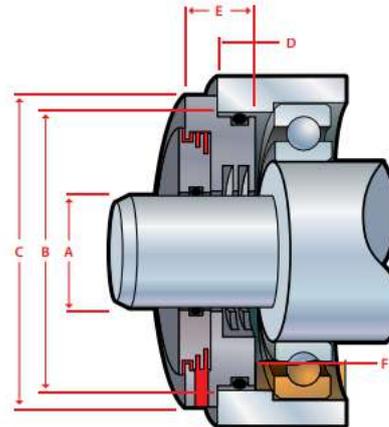
Tramo C-D Sello de aceite (\varnothing_{CD} 53mm)

Flanged Design – LS Standard Operating Parameters

Total Eccentricity: .020" (.51 mm)
 Shaft Speed: Up to 5,000 fpm (25 m/s)
 Pressure: 0 psi / bar
 Temperature Range: -40 to 250 F (-40 to 121 C)
 Axial Movement: .020" (.51 mm) Special designs up to .070" (1.78 mm)
 Shaft / Bore Tolerances: $\pm .002$ " ($\pm .05$ mm)
 Special designs available

Seal Material:
 Standard Proprietary PTFE
 Optional Food grade, Anti microbial, FDA 3A

O-Ring Material:
 Standard FKM
 Optional NBR, FDA silicone, EPDM, Aflas[®]



	MOUNTING	LUBRICATION		
		Position	Grease	Oil
Horizontal	Y	Y	Y	Y
Vertical Up	Y*	Y	Y	Y
Vertical Down	Y	Y	N	Y

**If contaminant level is heavy see "LW" design (page 12)*

Retain: Grease and oil splash (operating oil level in cavity between seal and bearing must be below inboard oil drain-back port of seal "F")

Exclude: Heavy water spray and dry contaminants from bearing cavity, best for vertical down applications

Equipment: Motors, pumps, mixers, gearboxes, blowers and custom equipment

STANDARD DIMENSIONS					
Type	"A" Shaft Diameter Range Inch	"B" Bore Diameter Range Is Shaft Diameter "A" + Min-Max	"C" Flange Diameter = "B" +	"D" In Bore Depth	"E" Overall Seal Width
LSE	0.500 – 3.000	0.625 – 1.500	0.250	0.313	0.688
LSE	3.001 – 4.000	0.625 – 1.500	0.250	0.375	0.750
LSE	4.001 – 6.000	0.874 – 1.500	0.250	0.375	0.750
LSE	6.001 – 10.000 ²	0.874 – 1.500	0.250	0.438	0.815

Diseño del eje

Geometría del eje

Tramo A-B Impulsor (\varnothing_{AB} 25mm)

Seleccionamos el tamaño de chaveta para el impulsor (\varnothing_{AB} 25mm) y para el acoplamiento (\varnothing_{AB} 50mm)

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Sección	Ancho b	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40			
Altura h	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14	14	16	16	18	20	22			
d ₁ sobre	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110	130	150	170			
Ancho b ¹⁾	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40				
Profundidad t ₁	3	3,8	4,4	5,4	6,1	6	6,5	7,1	8	8	10	11	11	13	13,7	14				
Desv. Admis.	+0,2																			
Ancho b ²⁾	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40				
Profundidad t ₂	1,1	1,8	1,7	1,7	2,1	2,1	2,6	2,6	3,1	4,1	4,1	4,1	5,1	5,2	6,5	8,2				
Desv. Admis.	+0,2																			
Medida mínima	0,16	3,5	4	4,5	5,5	6	7	8	8,5	11	12	12	14	15	18	22				
Chanfle o radio mínimo	0,25	0,25																0,40	0,80	1,0
r ₁ máximo	0,16	0,30																0,60	0,80	1,2
Radio de fondo de ranura máximo	0,08	0,25																0,40	0,60	1,0
Radio de ranura mínimo																		0,25	0,40	0,7
Largo L	Tolerancia	Peso (7,85 kg/dm ³) kg/1000 piezas																		
Chaveta	Ranura																			
10		1,15																		
12		1,40	2,14																	
14		1,65	2,54																	
16		1,90	2,93	4,16																
18	0,2	2,15	3,28	4,50																
20		2,40	3,71	5,29	8,05															
22		2,65	4,11	5,90	8,88															
25		3,03	4,70	6,71	10,3	14,1														
28		3,31	5,08	7,32	11,0	15,3														
32		3,91	6,07	8,68	13,4	18,8	22,2													
36		4,41	6,85	9,84	15,1	21,3	25,2													
40		4,91	7,64	10,9	16,9	23,8	28,2	36,6												
45		5,54	8,62	12,3	19,1	27,0	32,0	41,5	52,2											
50	-0,3		9,60	13,7	21,3	30,1	35,8	46,5	58,5	71,7										
56			10,8	15,4	24,9	33,9	40,3	52,4	66,0	81,0	97,9									
63			17,4	27,0	38,3	45,0	59,3	74,8	91,9	111	141									
70			19,4	30,1	42,7	50,9	65,2	83,7	103	124	159	177								
80				34,5	46,9	58,4	75,1	95,7	118	143	182	205	260							
90				39,9	55,2	69,9	88,0	109	134	162	207	232	296	369						
100					61,5	78,5	99,9	122	149	180	231	260	331	421	521					
110					67,8	87,0	109	134	165	199	255	297	366	466	578	701				
125						92,3	121	153	188	227	291	328	419	534	662	804				
140							104	135	170	210	270	310	390	490	600	730				

Será de 8x7mm y 20mm de largo.

De acuerdo a los componentes seleccionados anteriormente, los diámetros disponibles y sus correspondientes largos, el eje queda planteado como sigue:

Tramo A-B - Rodete
Ø25mm x 42mm largo

Tramo B-C – Sello mecánico
Ø30mm x 162.5mm largo

Tramo C-D – Sello de aceite
Ø32mm x 18mm largo

Tramo D-E – Rodamiento de bolas
Ø35mm x 21mm largo

	<p style="text-align: center;">DESARROLLO BCV-03 (Q50m3, H50m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-301</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pag. 53 de 68</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Tramo E-F – Anillos rasca aceite
Ø40mm x 135mm largo

Tramo F-G – Rodamientos de contacto angular
Ø35mm x 52mm largo

Tramo G-H – Acoplamiento
Ø30mm x 55mm largo

Verificación Mecánica

Al tener definida la geometría del eje, realizaremos los cálculos correspondientes para verificar la deflexión máxima y velocidad crítica.

Fuerza axial

De acuerdo a la bibliografía consultada, el esfuerzo axial provocado por el movimiento del fluido a través del rodete es igual a la presión que se ejerce sobre los aros de desgaste (calculada anteriormente) expresada en términos de presión, multiplicada por el área de aplicación. Esta última es la contenida por D_0 y D_h

$$Fa_1 = H_L * \frac{\pi}{4} * (D_0^2 - D_h^2)$$

$$H_L = 44,84m * 0,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fa_1 = 4,48 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * \frac{\pi}{4} * (9,8\text{cm}^2 - 5,8\text{cm}^2)$$

$$Fa_1 = 14,07 \text{ kg}'$$

Hay una fuerza pequeña que se opone a esta que es la variación de cantidad de movimiento del fluido que penetra en la rueda.

$$Fa_2 = \frac{Q}{g} * V_0$$

$$Fa_2 = \frac{13,889 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}}{9,8 \frac{\text{kgm}}{\text{seg}^2}} * 2,92 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$Fa_2 = 4,14 \text{ kg}'$$

$$Fa = Fa_1 - Fa_2 = 9,93 \text{ kg}' \cong 10 \text{ kg}'$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Fuerza radial

Las presiones estáticas en la salida de los rodets no son completamente iguales a lo largo de la circunferencia de estos. La corriente recorre la caja espiral sin perturbaciones anormales cuando el caudal corresponde al nominal para el cual ha sido trazada. Cuando se impulsa un caudal mayor o menor la corriente tiene una repartición de presión desigual. En la figura siguiente se muestra la variación típica del empuje radial según el caudal y la dirección en la que actúa.

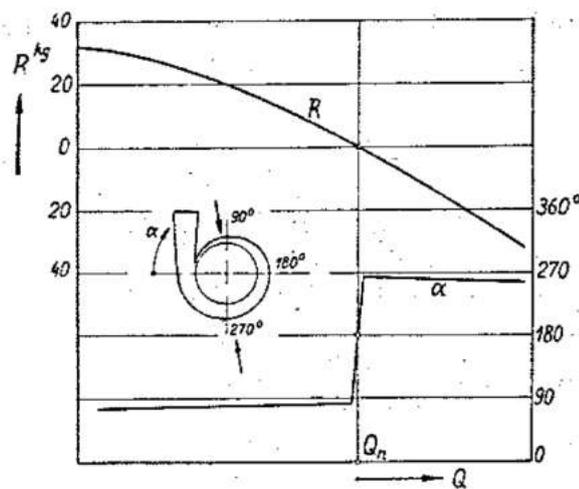


FIG. 282. — La variación característica del empuje radial en bombas centrifugas con cajas espirales.

De forma empírica se ha logrado determinar una formula para aproximar el empuje radial.

$$R = 0,036 \times H \times d_2 \times b_2 \times \left[1 - \left(\frac{Q}{Q_n} \right)^2 \right]$$

Siendo máximo cuando $Q \rightarrow 0$

$$R = 0,036 \times H \times d_2 \times b_2$$

R= empuje radial (kg)

H= altura de elevación (m)

D2= diámetro exterior del rodete (cm)

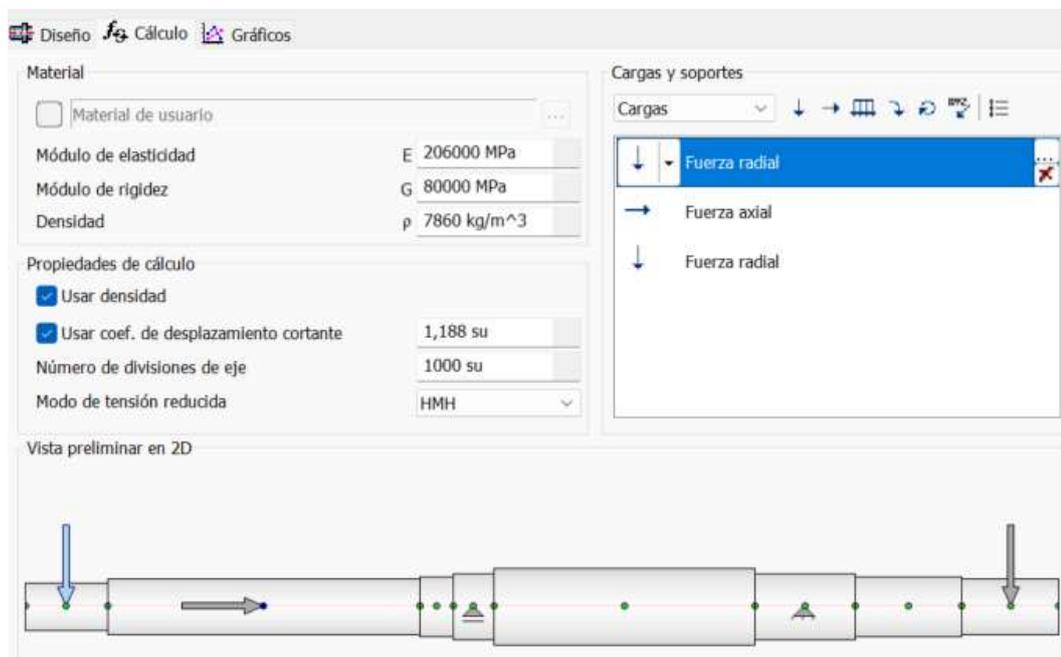
B2= ancho del rodete en el exterior (cm)

$$R = 0,036 \times 50 \text{ m} \times 20,3 \text{ cm} \times 0,6 \text{ cm} = 21,92 \text{ kg} \cong 22 \text{ kg}$$

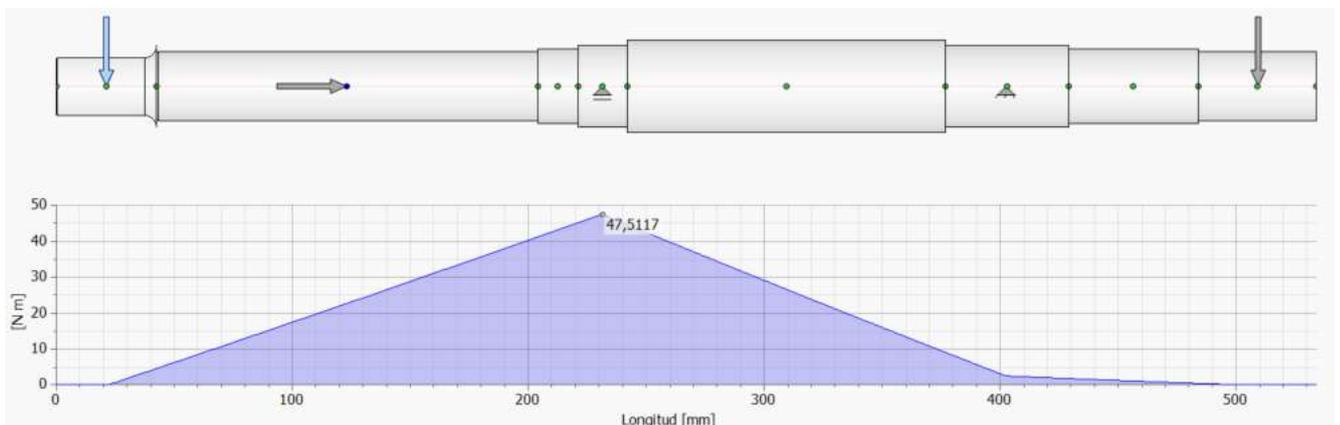
Cálculo de deflexión

Conociendo las cargas actuantes en el sistema y la geometría del eje, se puede conocer la deflexión máxima del mismo para comparar con los valores admisibles propuestos. Esto se realiza para garantizar que aun con la mayor deflexión, el rodetete no tocará contra la carcasa durante su funcionamiento.

Para hallar la deflexión utilizaremos el método gráfico. Primero se modela el eje en un software 3D con la geometría planteada. Luego utilizando una función del programa, se le aplican las cargas al mismo y se designan los puntos de apoyo. En este caso los apoyos serán los centros de los rodamientos. El rodamiento de bolas actúa como un apoyo simple y los rodamientos de contacto angular como apoyo fijo.



Luego el programa realiza los cálculos estáticos y se obtienen los gráficos.



	DESARROLLO BCV-03 (Q50m3, H50m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610	UTN FRA N°: 2020-G1-T2-GE-000-301	Rev. 0 Pag. 56 de 68
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

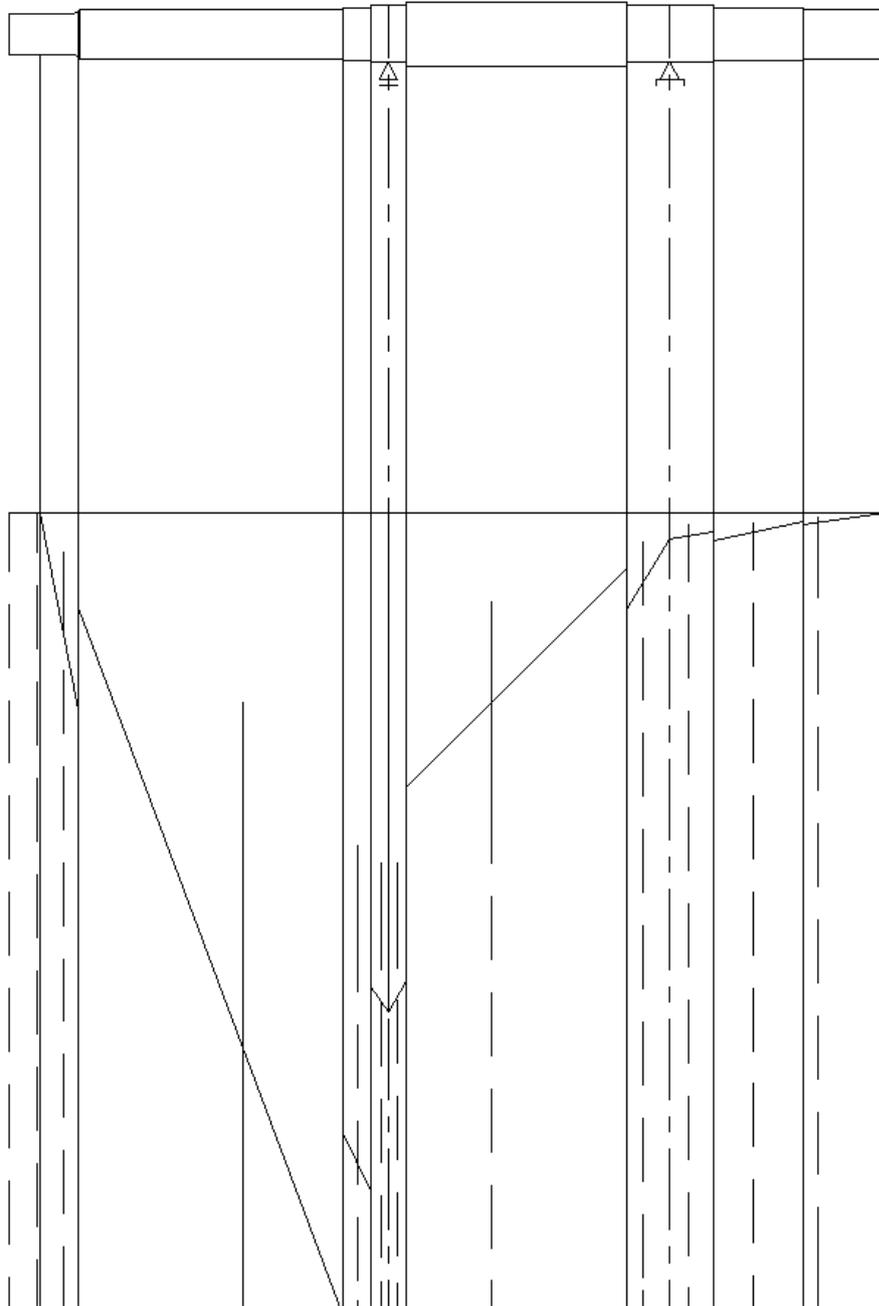
Habiendo obtenido el grafico de momento flector se pasan los valores a una tabla y se calculan los momentos reducidos en cada punto.

$$M_0 = \frac{M_f}{J \cdot E}$$

MF (Nm)	Mf (kgm)	D (m)	J (m4)	Mo (m-1)
0,0077	0,00077	0,025	1,91748E-08	1,912E-06
4,87	0,487	0,025	1,91748E-08	1,209E-03
4,87	0,487	0,03	3,97608E-08	5,833E-04
41,21	4,121	0,03	3,97608E-08	4,935E-03
41,21	4,121	0,032	5,14719E-08	3,813E-03
45,13	4,513	0,032	5,14719E-08	4,175E-03
45,13	4,513	0,035	7,36618E-08	2,917E-03
47,5	4,75	0,035	7,36618E-08	3,071E-03
44,6	4,46	0,035	7,36618E-08	2,883E-03
44,6	4,46	0,04	1,25664E-07	1,690E-03
9,14	0,914	0,04	1,25664E-07	3,464E-04
9,14	0,914	0,035	7,36618E-08	5,909E-04
2,6	0,26	0,035	7,36618E-08	1,681E-04
1,9	0,19	0,035	7,36618E-08	1,228E-04
1,9	0,19	0,032	5,14719E-08	1,758E-04
0,6	0,06	0,032	5,14719E-08	5,551E-05
0,6	0,06	0,03	3,97608E-08	7,186E-05

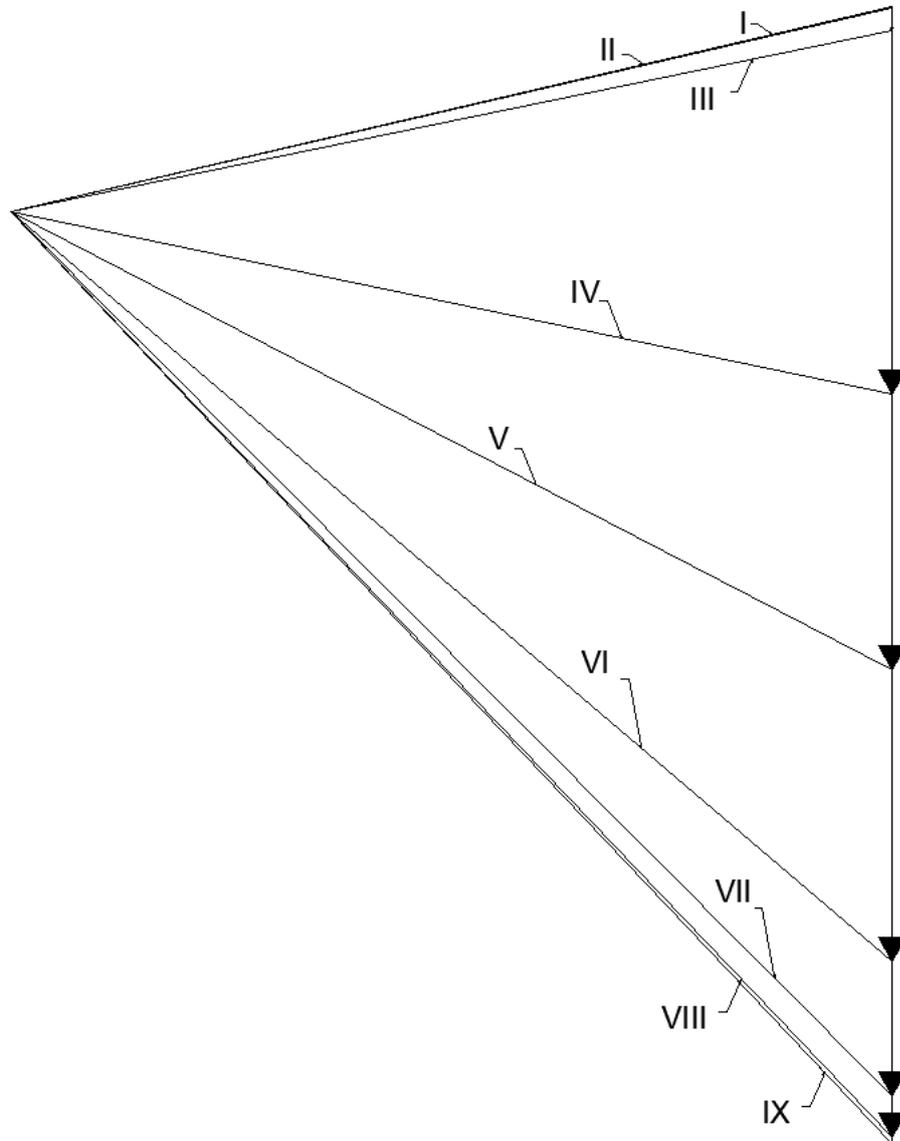
Luego con estos valores y aplicando una escala conveniente se traza el diagrama de momentos reducidos. Con las figuras que se forman, desde el baricentro de las mismas se dibuja el vector área de cada una de ellas.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01



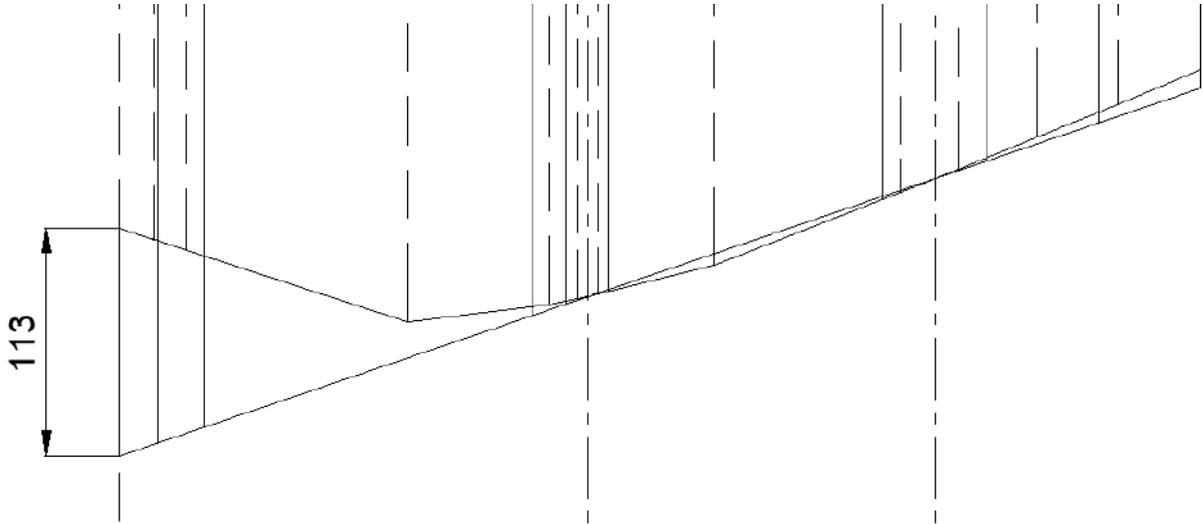
Se construye el polígono focal con los vectores área uno abajo del otro y se trazan los rayos desde el punto focal hasta los extremos de los vectores.

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01



Por último, se trasladan los rayos intersectando con la proyección de las áreas, formando el polígono folicular. Se cierra con una línea que pase por el cero en los apoyos, quedando como resultado la cota Y_e de la deflexión

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01



Para obtener el valor real de deflexión se aplica la formula con los respectivos factores de escala

$$Y_{real} = Y_e * E$$

$$E = a^2 . c . d . H$$

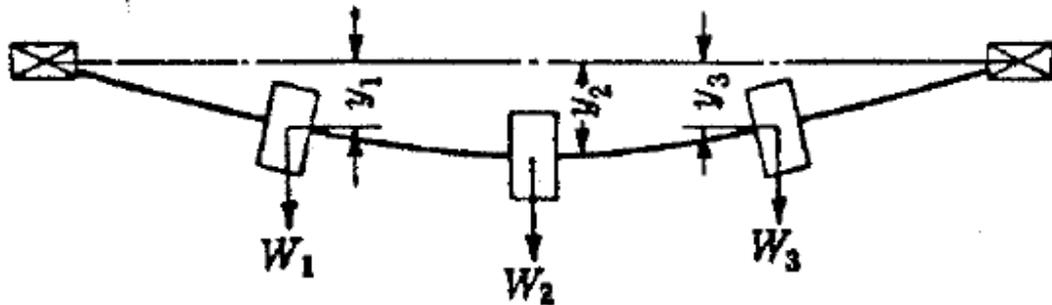
$$Y_{real} = 113,11mm \times 0,00001$$

$$Y_{real} = 0,00113mm$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Velocidad critica

$$n_c = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g (\sum W y)}{\sum W y^2}}$$



W1= peso del rodete

Y1= deflexión en el eje máxima

$$n_c = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{9,8 \text{ m/seg}^2 (3.6 \text{ kg})}{0,000112}}$$

$$n_c = 501946 \text{ rpm} > 3000 \text{ rpm Verifica}$$

Verificación vida útil de rodamientos

Vida nominal. De acuerdo a los catálogos de fabricantes de rodamientos, la vida nominal se calcula como:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

Donde:

L₁₀= Vida nominal en millones de revoluciones

C= Capacidad de carga dinámica kN

P= Carga dinámica equivalente en el rodamiento

p= exponente de la ecuación de vida (3 para rodamientos rígidos de bolas)

Para expresarlo en horas seria:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60N} L_{10}$$

	<p style="text-align: center;">DESARROLLO BCV-03 (Q50m3, H50m) BOMBAS CENTRIFUGAS OH2 DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº: 2020-G1-T2-GE-000-301</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0 Pag. 61 de 68</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Rodamiento de bolas 6307

$$L_{10} = \left(\frac{35100 N}{\sqrt{220N^2 + 100N^2}} \right)^3 = 3064094 \text{ millones de revoluciones}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot 3000} 3064094 = \mathbf{1.418.562 \text{ hs Verifica}}$$

Rodamiento de bolas con contacto angular 7307 BECBP

$$L_{10} = \left(\frac{41500 N}{\sqrt{220N^2 + 100N^2}} \right)^3 = 4802984 \text{ millones de revoluciones}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot 3000} 294033 = \mathbf{2.668.325 \text{ hs Verifica}}$$

Según API 610 punto 6.10.1.6 pide un mínimo de vida L_{10h} de 16.000hs con los máximos esfuerzos axiales y radiales a la velocidad nominal. Por lo tanto los rodamientos quedan verificados

	<p style="text-align: center;">DESARROLLO BCV-03 (Q50m3, H50m)</p> <p style="text-align: center;">BOMBAS CENTRIFUGAS OH2</p> <p style="text-align: center;">DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA N°:</p> <p style="text-align: center;">2020-G1-T2-GE-000-301</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0</p> <p style="text-align: center;">Pag. 62 de 68</p>
<p>PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

Selección de motor eléctrico

Se selecciona el motor eléctrico teniendo en cuenta la potencia de accionamiento calculada. Esta potencia es la última obtenida en el cálculo, teniendo en cuenta las pérdidas por viscosidad y el rendimiento mecánico de la bomba.

$$P_N = 16 \text{ CV} = 11,9 \text{ kW}$$

Los requerimientos de API 610 para motores eléctricos menciona:

7.1.1 *The driver shall be sized to meet the maximum specified operating conditions, including bearing, mechanical seal, external gear, and coupling losses, as applicable, and shall be in accordance with the applicable specifications, as stated in the inquiry specification, data sheets, and order. The driver shall be suitable for satisfactory operation under the utility and site conditions specified.*

7.1.5 *Motors shall have nameplate power ratings, excluding the service factor (if any), at least equal to the percentages of power at pump rated conditions given in Table 12. However, the power at rated conditions shall not exceed the motor nameplate rating. The smallest acceptable motor power rating to be supplied is 5 hp (4 kW). If it appears that this procedure leads to unnecessary oversizing of the motor, an alternative proposal shall be submitted for the purchaser's approval.*

Table 12—Power Ratings for Motor Drives

Motor Nameplate Rating		Percentage of Rated Pump Power
hp	kW	%
< 30	< 22	125
30 to 75	22 to 55	115
> 75	> 55	110

Por lo tanto la potencia del motor deberá ser un 125% de la necesaria por la bomba en condiciones operativas máximas (condiciones utilizadas para el cálculo y diseño de la bomba).

$$P_N^* = 11,9 \text{ kW} \cdot 1,25 = 15 \text{ kW}$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

HOJA DE DATOS



Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula

Cliente	:				
Línea del producto	: W22 NEMA Premium Efficiency Trifásico			Código del producto :	15320629
Carcasa	: 254/6T		Tiempo de rotor bloqueado	: 27s (frio) 15s (caliente)	
Potencia	: 20 HP (15 kW)		Elevación de temperatura	: 80 K	
Polos	: 2		Régimen de servicio	: Cont.(S1)	
Frecuencia	: 50 Hz		Temperatura ambiente	: -20°C hasta +40°C	
Tensión nominal	: 380 V		Altitud	: 1000 m	
Corriente nominal	: 28.2 A		Grado de protección	: IP55	
Corriente de arranque	: 203 A		Método de refrigeración	: IC411 - TEFC	
Ip/In	: 7.2x(Cód. H)		Forma constructiva	: F-1	
Corriente en vacío	: 7.40 A		Sentido de giro ¹	: Ambos	
Rotación nominal	: 2935 rpm		Nivel de ruido ²	: 67.0 dB(A)	
Resbalamiento	: 2.17 %		Método de Arranque	: Inversor de frecuencia	
Torque nominal	: 35.8 ft.lb		Masa aproximada ³	: 342 lb	
Torque de arranque	: 229 %				
Torque máximo	: 280 %				
Clase de aislamiento	: F				
Factor de servicio	: 1.15				
Momento de inercia (J)	: 1.92 sq.ft.lb				
Categoría	: B				
Potencia	25%	50%	75%	100%	Fuerzas en la fundación
Rendimiento (%)	0.000	90.7	91.2	91.9	Tracción máxima : 309 lb
Cos Φ	0.00	0.80	0.85	0.88	Compresión máxima : 651 lb
Tipo de cojinete	:	<u>Delantero</u>		<u>Trasero</u>	
Sello	:	6309 C3		6209 C3	
Intervalo de lubricación	:	V'Ring		V'Ring	
Cantidad de lubricante	:	20000 h		20000 h	
Tipo de lubricante	:	13 g		9 g	
			Mobil Polyrex EM		

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

CURVA DE DESEMPEÑO EN CARGA

Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula

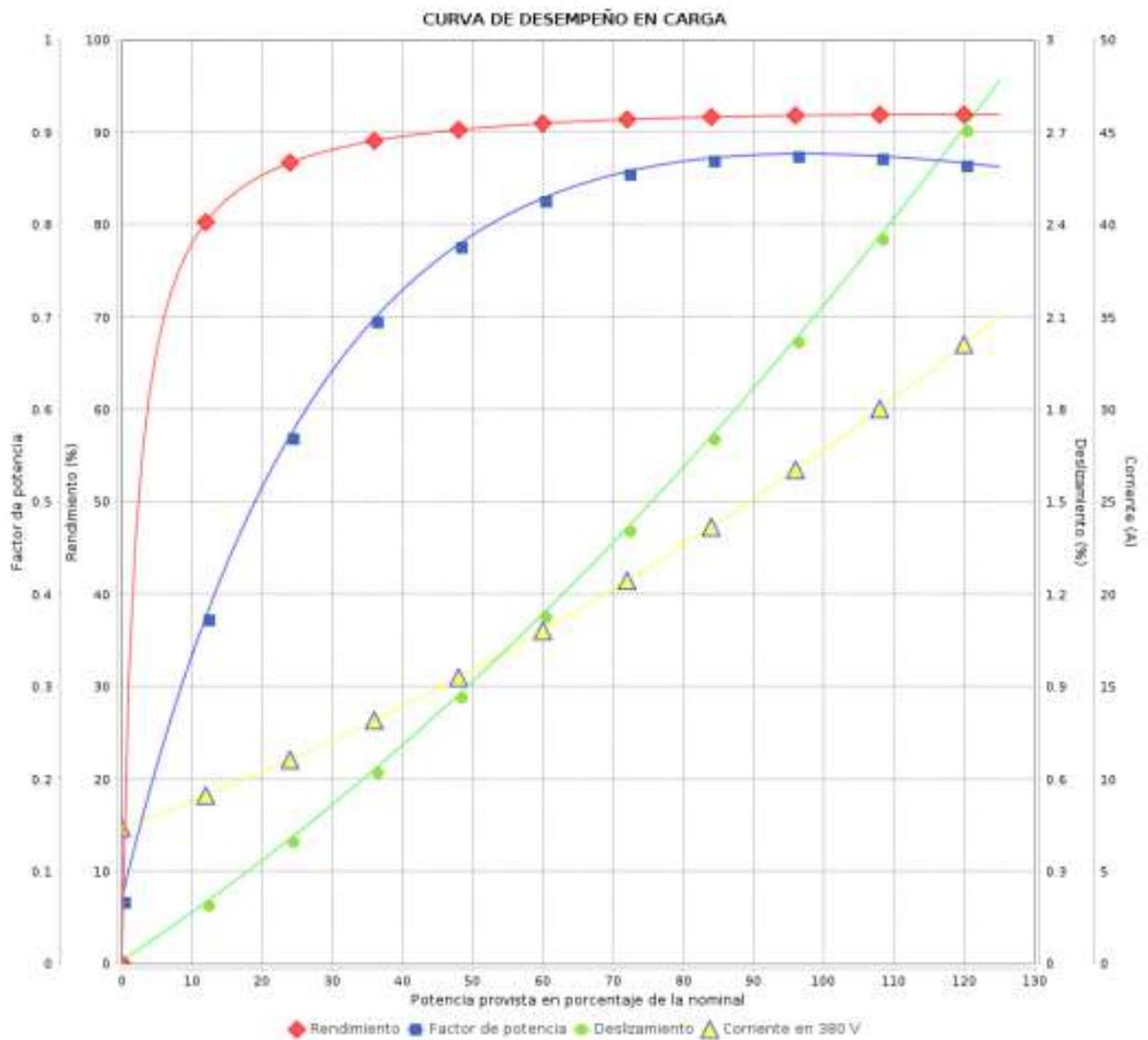


Cliente :

Línea del producto : W22 NEMA Premium Efficiency Trifásico

Código del producto :

15320629



	<p style="text-align: center;">DESARROLLO BCV-03 (Q50m3, H50m)</p> <p style="text-align: center;">BOMBAS CENTRIFUGAS OH2</p> <p style="text-align: center;">DE ACUERDO A API 610</p>	<p style="text-align: center;">UTN FRA Nº:</p> <p style="text-align: center;">2020-G1-T2-GE-000-301</p>	<p style="text-align: center;">Rev. 0</p> <p style="text-align: center;">Pag. 65 de 68</p>
PROYECTO FINAL – GRUPO N°01			

Selección de acoplamiento eje-motor

Para seleccionar el acoplamiento eje-motor partimos de los requisitos de la norma API 610 para los mismos.

7.2 Couplings

7.2.2 Unless otherwise specified, couplings shall be all-metal, spacer-type manufactured in accordance with AGMA 9000, Class 9. Additionally, couplings shall comply with the following:

- a) Flexible elements shall be non-lubricated metal type of corrosion-resistant material.
- b) Couplings shall be designed to positively retain the spacer if a flexible element ruptures.
NOTE The use of bolt heads or flexible element fasteners alone to retain the spacer if a flexible membrane ruptures might not provide adequate support because they are subject to wear if and when failure occurs.
- c) Coupling hubs shall be steel.
- d) The distance between the pump and driver shaft ends (distance between shaft ends, or DBSE) shall be greater than the seal cartridge length for all pumps other than OH type or at least 5 in. (125 mm) and shall permit removal of the coupling, bearing housing, bearings, seal, and rotor, as applicable, without disturbing the driver, driver coupling hub, pump coupling hub, or the suction and discharge piping. For BB and VS pump types, this dimension, DBSE, shall always be greater than the total seal length, *l*, listed in Table 7.
NOTE The DBSE dimension usually corresponds to the nominal coupling spacer length.
- e) Provision shall be made for the attachment of alignment equipment without the requirement to remove the spacer or dismantle the coupling in any way.
NOTE One way of achieving this is to provide at least 1 in. (25 mm) of bare shaft between the coupling hub and the bearing housing where alignment brackets can be located.
- f) Couplings operating at speeds in excess of 3800 r/min shall meet the requirements of API 671 for component balancing and assembly balance check.
- g) If specified, major coupling components (hubs, spacer/flex element, and weight-matched hardware) shall be balanced in accordance with ISO 21940-11, to the balance grade specified by the purchaser.

Lo más conveniente es utilizar un acoplamiento de un proveedor que garantice el cumplimiento de estos requerimientos.

El proveedor Flender en su catálogo presenta un modelo *N-ARPEX* compatible con API 610.

El acoplamiento se selecciona de acuerdo al catálogo en base al momento torsor que deberá transmitir.

$$T_N = 9550 \cdot P_N / n_N$$

$$P_N = \text{Potencia de accionamiento calculada} = 20 \text{ CV} = 15 \text{ kW}$$

$$T_N = 9550 \cdot 15 \text{ kW} / 3000 \text{ rpm}$$

$$T_N = 47,75 \text{ Nm} = \mathbf{0,04775 \text{ kNm}}$$

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

TORSIONALLY RIGID ALL-STEEL COUPLINGS | N-ARPEX ARN-6/-8/-10 SERIES

GENERAL



Coupling suitable for use in potentially explosive atmospheres.
 Complies with the current ATEX Directive for:

CE Ex II 2G Ex h IIC T6 ... T2 Gb X

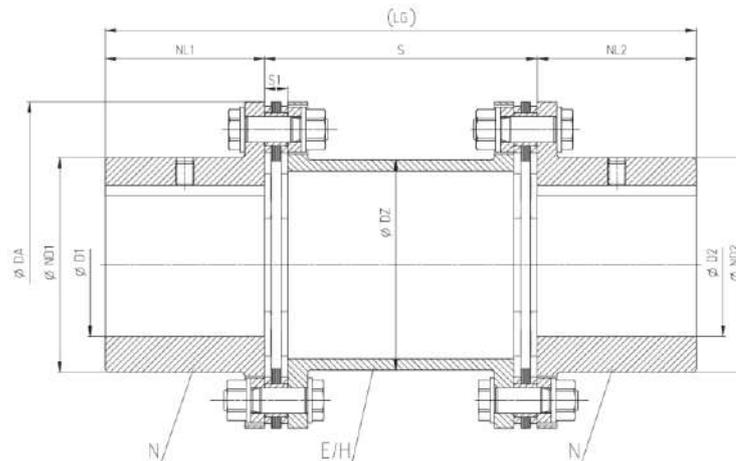
Ex II 2D Ex h IIIC T85 °C ... 250 °C Db X

Ex I M2 Ex h Mb X

Benefits

N-ARPEX couplings of the ARN-6/-8/-10 series are outstanding for their application-optimized construction. The NEN, BEB, MCECM, MFEFM series meet the requirement of **API 610**. Coupling type in accordance with **API 671** is also possible. For speeds of over 1,800 rpm the five-part version with pre-assembled intermediate unit is used.

A special catching device acts to secure the intermediate spacer in the event of plate breakage. Application of the N-ARPEX couplings in potentially explosive atmospheres in accordance with the current ATEX Directive is permitted.



Size DA mm	Rated torque T_{KN} kNm	Maximum speed n_{Kmax} rpm	Dimensions in mm								Preferred dimension V NEN	LG	Article no. ¹⁾ Intermediate spacer		Weight m kg
			D1/D2 Keyway DIN 6885-1 max.	ND1/ ND2	NL1/ NL2	DZ	S1	Shaft distance S		E spacer (NEN)			H spacer (NHN)		
								NEN min.	NHN min.						
86-6	0.35	24000	42	56	45	45	8	53	300	100	190	2LC0370-0AA	2LC0370-0AL	1.9	
103-6	0.5	20000	55	73	55	60	8.4	54	300	100	210	2LC0370-1AA	2LC0370-1AL	3	
122-6	0.95	17000	65	85	65	73	8.8	65	300	100	230	2LC0370-2AA	2LC0370-2AL	5.1	
133-6	1.25	15000	75	96	75	85	9.6	65	300	100	250	2LC0370-3AA	2LC0370-3AL	6.4	
159-6	2.1	13000	80	104	80	97	11.6	80	300	100	260	2LC0370-4AA	2LC0370-4AL	9.6	
174-6	2.5	12000	90	118	85	116	12.8	80	300	100	270	2LC0370-5AA	2LC0370-5AL	11.8	
184-6	3.8	11000	95	124	90	123	14.6	95	350	140	320	2LC0370-6AA	2LC0370-6AL	16.4	
203-6	5	10000	100	135	95	128	15	100	350	140	330	2LC0370-7AA	2LC0370-7AL	21.3	
217-6	6.2	9500	110	143	105	140	15.4	105	350	140	350	2LC0370-8AA	2LC0370-8AL	24.4	
251-6	10.5	8000	120	160	110	160	20.6	130	350	180	400	2LC0371-0AA	2LC0371-0AL	38	
268-6	13.8	7500	130	170	130	166	22	140	350	180	440	2LC0371-1AA	2LC0371-1AL	48.6	
291-6	18.2	7000	145	190	140	188	22.8	140	350	180	460	2LC0371-2AA	2LC0371-2AL	62.8	
318-6	23	6500	155	205	150	197	23.2	150	400	200	500	2LC0371-3AA	2LC0371-3AL	83.9	
343-6	28	6000	170	230	160	223	24	150	400	200	520	2LC0371-4AA	2LC0371-4AL	104	

PROYECTO FINAL – GRUPO N°01

Diseño de Skid

Para diseñar el skid donde iran montados la bomba junto al acoplamiento y motor, se consultan los requerimientos de API 610 para dicho diseño.

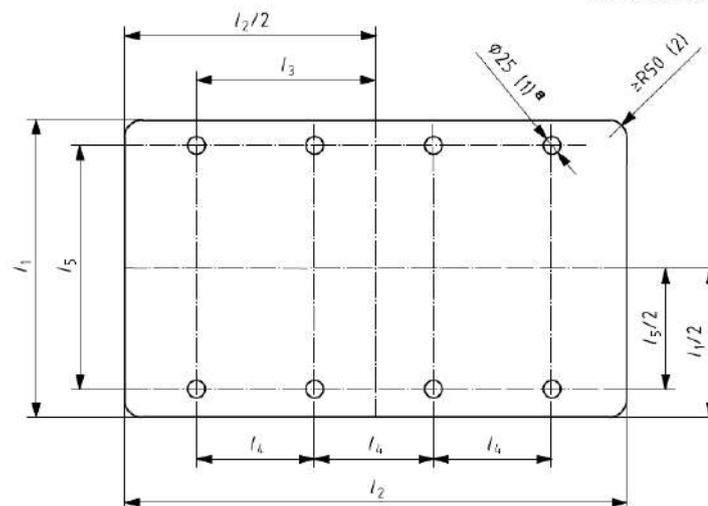
Table D.1—Dimensions of Standard Baseplates

Dimensions in inches (millimeters)

Baseplate Number	Number of Holes per Side	l_1 ± 0.5 (13)	l_2 ± 1.0 (25)	l_3 ± 0.12 (3)	l_4 ± 0.12 (3)	l_5 ± 0.12 (3)
2.5	3	36.0 (915)	60.5 (1535)	24.25 (615)	24.25 (615)	33.0 (840)
3	3	36.0 (915)	72.5 (1840)	30.25 (770)	30.25 (770)	33.0 (840)
3.5	4	36.0 (915)	84.5 (2145)	36.25 (920)	24.16 (615)	33.0 (840)
4	4	36.0 (915)	96.5 (2450)	42.25 (1075)	28.16 (715)	33.0 (840)
5	3	42.0 (1065)	72.5 (1840)	30.25 (770)	30.25 (770)	39.0 (990)
5.5	4	42.0 (1065)	84.5 (2145)	36.25 (920)	24.16 (615)	39.0 (990)
6	4	42.0 (1065)	96.5 (2450)	42.25 (1075)	28.16 (715)	39.0 (990)
6.5	5	42.0 (1065)	108.5 (2755)	48.25 (1225)	24.12 (615)	39.0 (990)
7	4	49.0 (1245)	84.5 (2145)	36.25 (920)	24.16 (615)	46.0 (1170)
7.5	4	49.0 (1245)	96.5 (2450)	42.25 (1075)	28.16 (715)	46.0 (1170)
8	5	49.0 (1245)	108.5 (2755)	48.25 (1225)	24.12 (615)	46.0 (1170)
9	4	55.0 (1395)	84.5 (2145)	36.25 (920)	24.16 (615)	52.0 (1320)
9.5	4	55.0 (1395)	96.5 (2450)	42.25 (1075)	28.16 (715)	52.0 (1320)
10	5	55.0 (1395)	108.5 (2755)	48.25 (1225)	24.12 (615)	52.0 (1320)
11	4	61.0 (1550)	84.5 (2145)	36.25 (920)	24.16 (615)	58.0 (1475)
11.5	4	61.0 (1550)	96.5 (2450)	42.25 (1075)	28.16 (715)	58.0 (1475)
12	5	61.0 (1550)	108.5 (2755)	48.25 (1225)	24.12 (615)	58.0 (1475)

NOTE See Figure D.1 for explanation of dimensions.

Dimensions in inches (millimeters)



^a For 3/4 in. (20 mm) anchor bolts.

Figure D.1—Standard Baseplate

	<p align="center">DESARROLLO BCV-03 (Q50m³, H50m)</p> <p align="center">BOMBAS CENTRIFUGAS OH2</p> <p align="center">DE ACUERDO A API 610</p>	<p align="center">UTN FRA Nº:</p> <p align="center">2020-G1-T2-GE-000-301</p>	<p align="center">Rev. 0</p> <p align="center">Pag. 68 de 68</p>
<p align="center">PROYECTO FINAL – GRUPO N°01</p>			

Bibliografía

Listados de Equipos de diferentes Proyectos / Licitaciones

Catalogo FLOWSERVE - PS-10-5 HPX – Hydrocarbon Processing Pump

Catalogo GOULDS 3700

Catalogo GRUNDFOS - NB/NK – Bombas Normalizadas de Aspiración Axial

Catalogo KSB RPH – Bomba de proceso OH” de tipo heavy duty según ISO 13709 / API 610

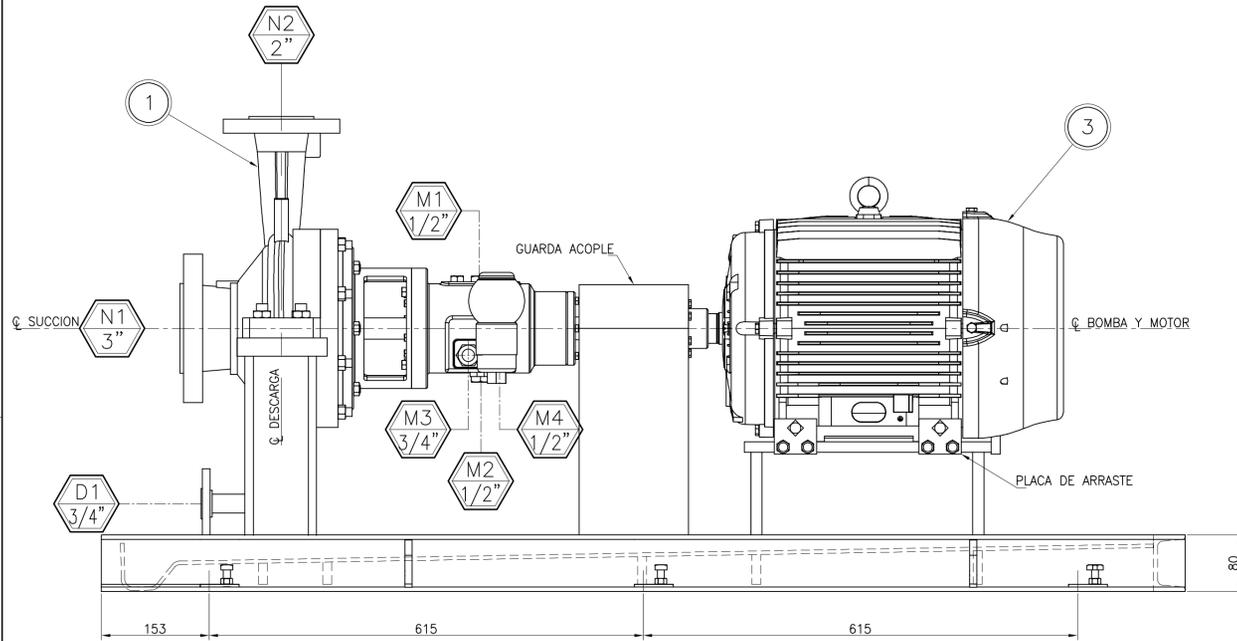
Catalogo OMEL - HDR – Bombas Centrifugas de Proceso para servicio pesado HDR API 610

Catalogo RUHRPUMPEN - SCE – Bomba API 610 de proceso, de una etapa, montada en eje central OH2

Catalogo SULZER - OHH and OHHL ISO 13709 (API 610) Type OH2 Single Stage End Suction Process Pumps

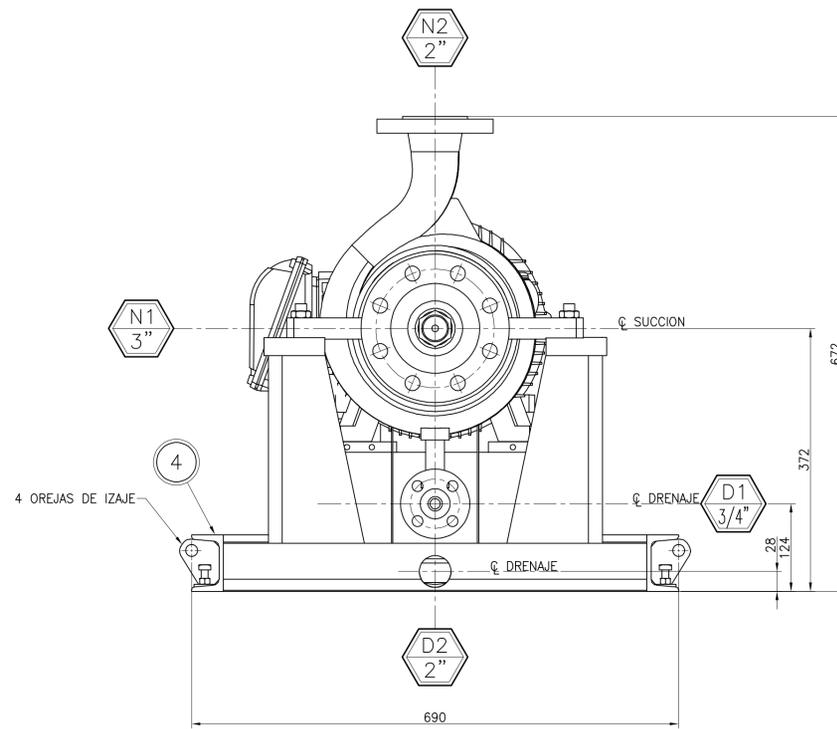
ELEVACION

Esc.: 1:5



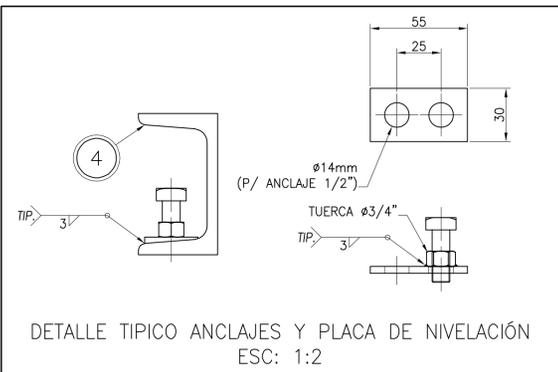
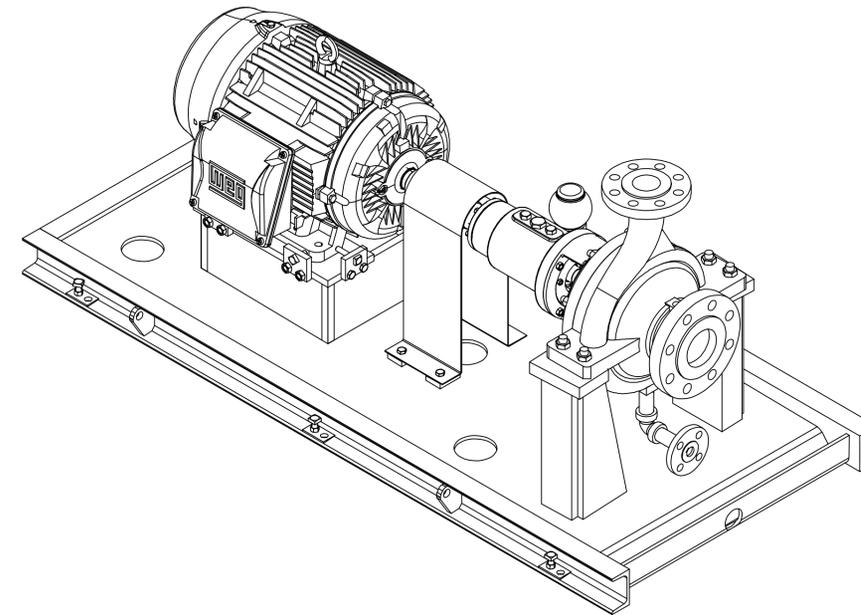
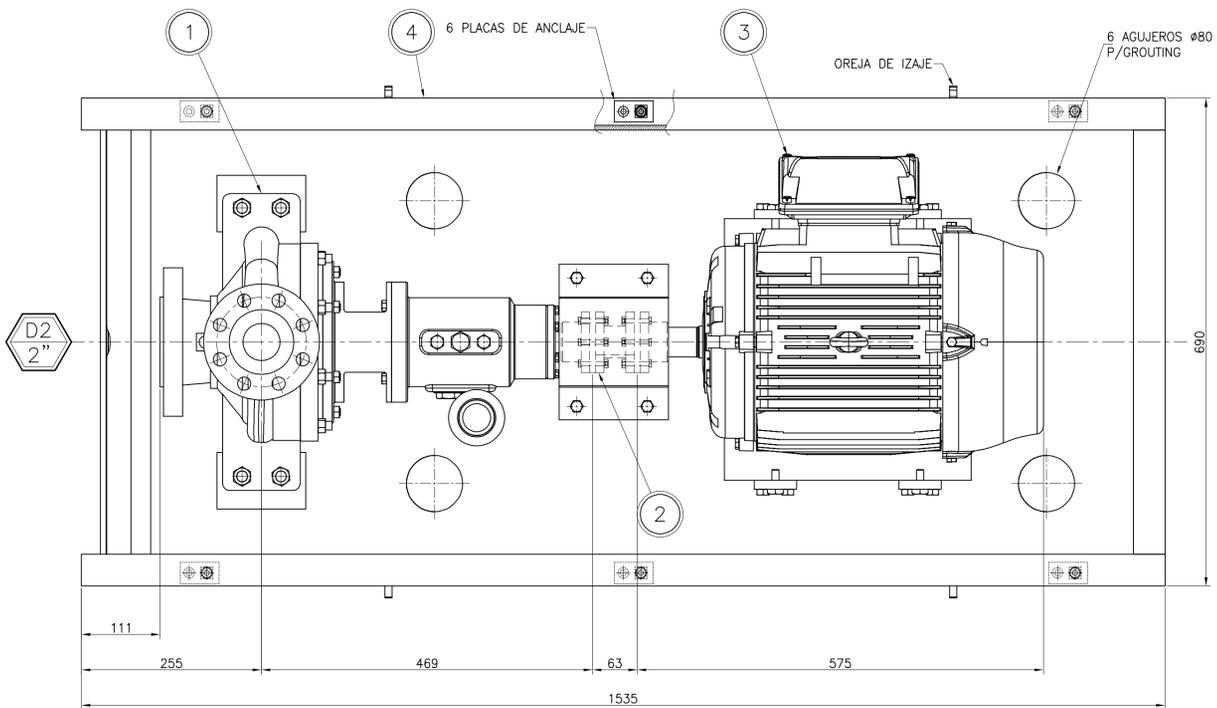
VISTA FRONTAL

Esc.: 1:5



PLANTA

Esc.: 1:5



CARGAS EN CONEXIONES

	SUCCION	DESCARGA
Fx	3113	1156
Fy	2046	1179
Fz	2491	1423
Fr	1370	773
Mx	2305	1329
My	1180	678
Mz	1763	1003
Mr	3132	1803

F=FUERZA (N) M=MOMENTO (Nm)

DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS

DOCUMENTO NUMERO	TITULO DEL DOCUMENTO
2020-G1-T2-GE-000-001	ALCANCE DEL PROYECTO
2020-G1-T2-GE-000-002	DEFINICION DE SERIE
2020-G1-T2-GE-000-301	DESARROLLO BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-GA-000-302	CORTE BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-301	RODETE IMPULSOR BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-302	CARCASA VOLUTA BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-303	EJE BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-304	CUERPO UNION BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-305	PLACA TRASERA BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-306	CAJA PORTARODAMIENTO BOMBA BCV-03

LISTA DE PESOS

POS.	DESCRIPCION	PESO	DOCUMENTO NUMERO
01	CONJUNTO BOMBA	90 KG	2020-G1-T2-DT-000-302
02	ACOPLAMIENTO FLEXIBLE	3 kg	-
03	MOTOR ELECTRICO	155 kg	COMERCIAL
04	SKID BASTIDOR	150 KG	-

PESO TOTAL: **398** kg

LISTA DE CONEXIONES

MARCA	CANT.	IN	TIPO	SERIE	SERVICIO	UBICACION	OBSERVACION
N1	1	3"	RF	300#	SUCCION	CUERPO BOMBA	-
N2	1	2"	RF	300#	DESCARGA	CUERPO BOMBA	-
D1	1	3/4"	RF	300#	DRENAJE	CUERPO BOMBA	-
D2	1	2"	NPT	3000#	DRENAJE SKID	SKID	-
S1	1	1/2"	NPT	3000#	SELLO SUCCION	CUELLO SUCCION	-
S2	1	1/2"	NPT	3000#	SELLO DESCARGA	CUELLO DESCARGA	-
M1	1	1/2"	NPT	3000#	TAPON LLENADO ACEITE	CAJA PORTARODAMIENTO	-
M2	1	1/2"	NPT	3000#	TAPON LLENADO ACEITE	CAJA PORTARODAMIENTO	-
M3	1	3/4"	NPT	3000#	VISOR NIVEL DE ACEITE	CAJA PORTARODAMIENTO	C/OJO DE BUEY
M4	1	1/2"	NPT	3000#	CONEXION ACEITERA	CAJA PORTARODAMIENTO	-

NOTAS GENERALES:

- TODAS LAS MEDIDAS EN mm, SALVO SE INDIQUE OTRA UNIDAD
- PINTURA:
 - PREPARACION SUPERFICIE EXTERIOR: CHORREADO ABRASIVO EN SECO (ISO 8501-1) Sa 2 1/2 - RUGOSIDAD TOTAL (Rt), μm 25/35
 - IMPRIMACION: BASE DE ZINC Y SILICATO DE ETILO (DOS COMPONENTES), - 70 μm
 - ESMALTE EPOXIDICO DE TERMINACION CON ALTO CONTENIDO DE SOLIDOS CON OXIDO DE HIERRO MICACEO ("AUTOIMPRIMANTE"), 6 PINTURA ANTICORROSIVA EPOXIDICA CON ALTO CONTENIDO DE SOLIDOS (DOS COMPONENTES) - 100 μm
 - PINTURA: ESMALTE POLIURETANICO POLIURETANICO - 100 μm CROMATICIDAD: RAL 9006 (ALUMINIO)

DATOS GENERALES

TAG:	BCV-03	VOLTS	380 V
Q Diseño:	50 m3	FRECUENCIA:	
H Diseño:	50 mts	RPM	
CODIGO DE DISEÑO:	API 610		

MOTOR ELÉCTRICO

FABRICANTE:	WEG	VOLTS	380 V
MODELO	W22 15320629	FRECUENCIA:	50 Hz
POTENCIA:	20 HP	RPM	2970
EFICIENCIA	IE2		

ACOPLAMIENTO

FABRICANTE:	FLENDER	TAMAÑO:	2LC0370-0AA
MODELO:	N-ARPEX	GUARDA-ACOPLE:	ALUMINIO

SELLO MECÁNICO

FABRICANTE:	EAGLE-BURGMANN
MODELO:	LL9UC Ø30mm
CODIGO DE DISEÑO:	API 682

REV	DESCRIPCION	FECHA	PROY.	EJEC.	CONTR.	APROB.
0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1	G1	G1
A	EMISION PARA APROBACION	20/10/23	G1	G1	G1	G1

PROYECTO FINAL - GRUPO N°01

Docentes:	Alumnos:
• Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico	• BLASCO, Juan Ignacio
• Ayudante: Ing. MUZYKA, Hernan	• VILLAVERDE CONTINO, Camila
• Ayudante: Ing. TRONCOSO, Agustín	

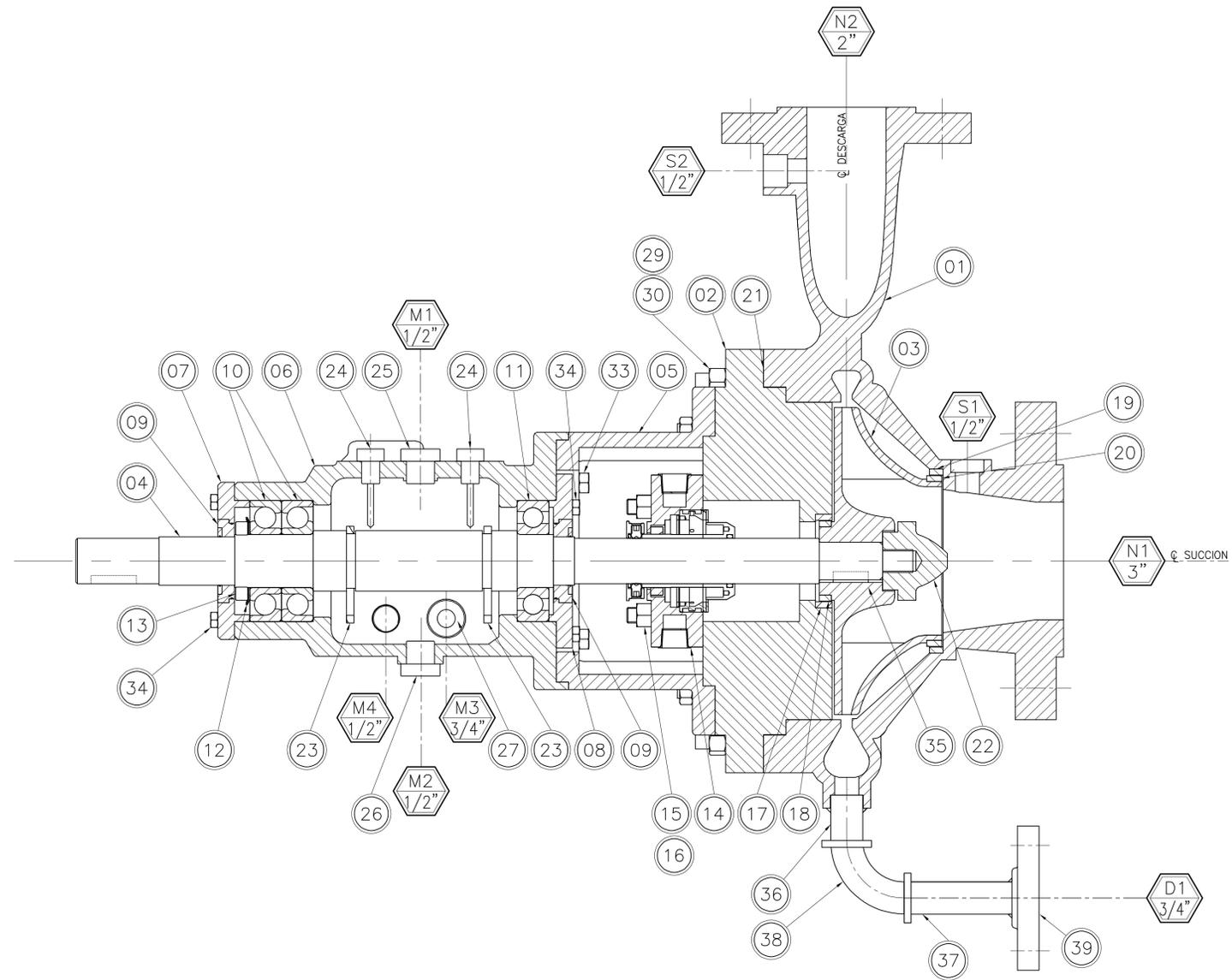


AREA GENERAL
BOMBA BCV-03
CONJUNTO GENERAL
CONJUNTO GENERAL

CORTE

Esc.: 1:2

DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS	
DOCUMENTO NUMERO	TITULO DEL DOCUMENTO
2020-G1-T2-GE-000-001	ALCANCE DEL PROYECTO
2020-G1-T2-GE-000-002	DEFINICION DE SERIE
2020-G1-T2-GE-000-301	DESARROLLO BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-GA-000-301	CONJUNTO GENERAL BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-301	RODETE IMPULSOR BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-302	CARCASA VOLUTA BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-303	EJE BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-304	CUERPO UNION BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-305	PLACA TRASERA BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-306	CAJA PORTARODAMIENTO BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-LE-000-301	LISTADO DE MATERIALES BOMBA BCV-03



NOTAS GENERALES:

1. TODAS LAS MEDIDAS EN mm, SALVO SE INDIQUE OTRA UNIDAD
- 2- VER NOTAS GENERALES EN PLANO N° 2020-G1-T2-GA-000-301 - CONJUNTO GENERAL-

LISTA DE CONEXIONES							
MARCA	CANT.	ØN	TIPO	SERIE	SERVICIO	UBICACION	OBSERVACION
N1	1	3"	RF	300#	SUCCION	CUERPO BOMBA	-
N2	1	2"	RF	300#	DESCARGA	CUERPO BOMBA	-
D1	1	3/4"	RF	300#	DRENAJE	CUERPO BOMBA	-
D2	1	2"	NPT	3000#	DRENAJE SKID	SKID	-
S1	1	1/2"	NPT	3000#	SELLO SUCCION	CUELLO SUCCION	-
S2	1	1/2"	NPT	3000#	SELLO DESCARGA	CUELLO DESCARGA	-
M1	1	1/2"	NPT	3000#	TAPON LLENADO ACEITE	CAJA PORTARODAMIENTO	-
M2	1	1/2"	NPT	3000#	TAPON LLENADO ACEITE	CAJA PORTARODAMIENTO	-
M3	1	3/4"	NPT	3000#	VISOR NIVEL DE ACEITE	CAJA PORTARODAMIENTO	C/OJO DE BUEY
M4	1	1/2"	NPT	3000#	CONEXION ACETERA	CAJA PORTARODAMIENTO	-

NOTA IMPORTANTE

VER LISTADO DE PARTES EN DOCUMENTO N°
 • 2020-G1-T2-LE-000-301 LISTADO DE MATERIALES BOMBA BCV-03

REQUERIMIENTOS P/PIEZAS MECANIZADAS		REQUERIMIENTOS P/CONSTRUCCIONES SOLDADAS	
Variaciones para dimensiones sin tolerancias - ISO 2768-11 (Clase m)		Variaciones para dimensiones sin tolerancias - ISO 13200 (Clase B)	
LONGITUDES	RECTITUD	LONGITUDES	RECTITUD
ANGULOS	PARALELISMO	ANGULOS	PARALELISMO
TERMINADO DE SUPERFICIES		TERMINADO DE SUPERFICIES	

REV	DESCRIPCION	FECHA	PROY.	EJEC.	CONTR.	APROB.
0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1	G1	G1
A	EMISION PARA APROBACION	20/10/23	G1	G1	G1	G1

PROYECTO FINAL - GRUPO N°01

Docentes:
 • Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico
 • Ayudante: Ing. MUZYKA, Hernan
 • Ayudante: Ing. TRONCOSO, Agustín

Alumnos:
 • BLASCO, Juan Ignacio
 • VILLAVERDE CONTINO, Camila

UTN
UNIVERSIDAD TECNICA FEDERAL DE CATAMARCA

AREA GENERAL
 BOMBA BCV-03
 CORTE
 CONJUNTO GENERAL

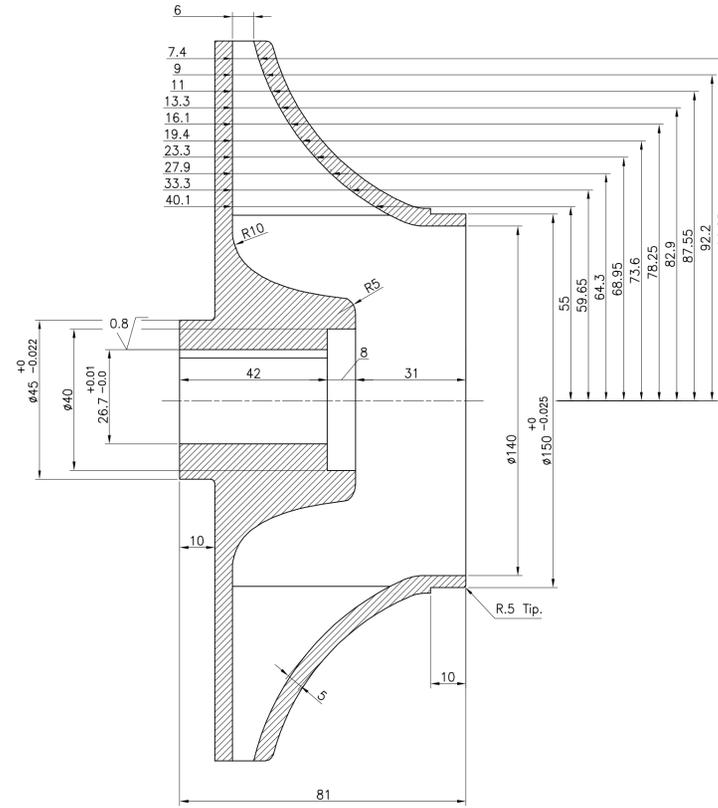
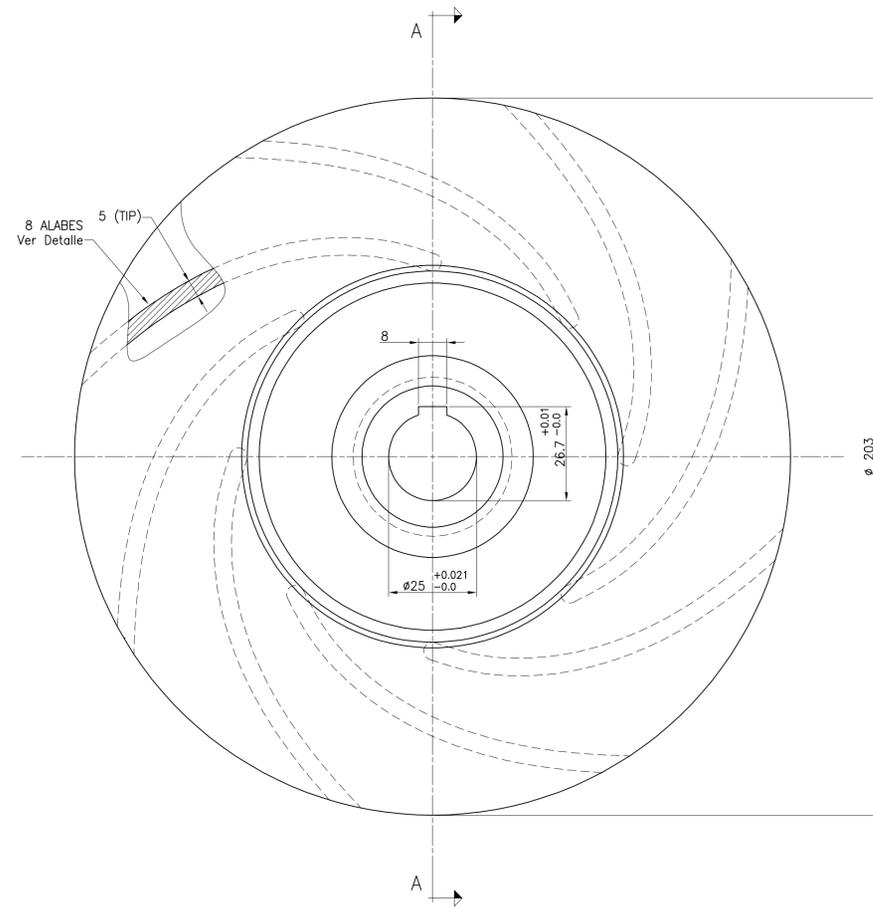
PROYECTO FINAL

2020-G1-T2-GA-000-302

ESC.: 1:2 HOJA: 1 de 1

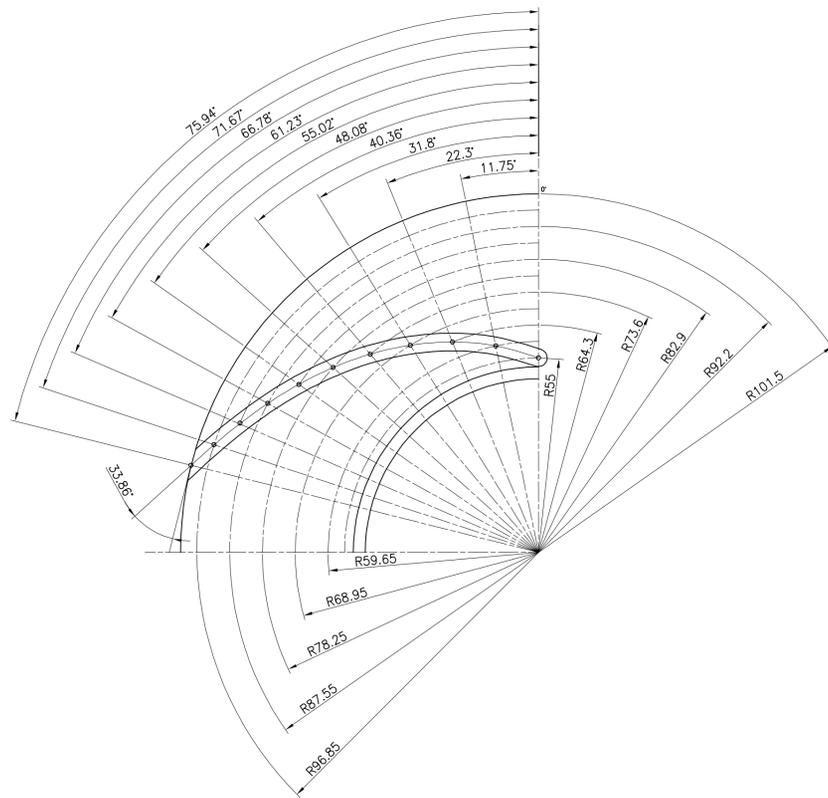
RODETE IMPULSOR

Esc.: 1:1



CORTE A-A

Esc.: 1:1



PERFIL ALABE

Esc.: 1:1

DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS	
DOCUMENTO NUMERO	TITULO DEL DOCUMENTO
2020-G1-T2-GE-000-001	ALCANCE DEL PROYECTO
2020-G1-T2-GE-000-002	DEFINICION DE SERIE
2020-G1-T2-GE-000-301	DESARROLLO BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-GA-000-301	CONJUNTO GENERAL BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-GA-000-302	CORTE BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-302	CARCASA VOLUTA BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-303	EJE BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-304	CUERPO UNION BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-305	PLACA TRASERA BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-306	CAJA PORTARODAMIENTO BOMBA BCV-03

NOTAS GENERALES:

- TODAS LAS MEDIDAS EN mm, SALVO SE INDIQUE OTRA UNIDAD
- VER NOTAS GENERALES EN PLANO N° 2020-G1-T2-GA-000-301 - CONJUNTO GENERAL-
- LA TRANSICIÓN ENTRE SECCIONES DEBERÁ SER SUAVE Y LA SUPERFICIE DEBERÁ ESTAR LIBRE DE RESTOS O IMPERFECCIONES DEBIDAS A LA COLADA.
- ELIMINAR CANTOS VIVOS 0.5x45°
- MATERIAL: ASTM A48 Clase 25
CANTIDAD DE ALABES: 8
PESO: 3.7 Kg

REV	DESCRIPCIÓN	FECHA	PROY.	EJEC.	CONTR.	APROB.
0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1	G1	G1
A	EMISION PARA APROBACION	20/10/23	G1	G1	G1	G1

PROYECTO FINAL - GRUPO N°01	
Docentes: • Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico • Ayudante: Ing. MUZYKA, Hernán • Ayudante: Ing. TRONCOSO, Agustín	Alumnos: • BLASCO, Juan Ignacio • VILLAVERDE CONTINO, Camila

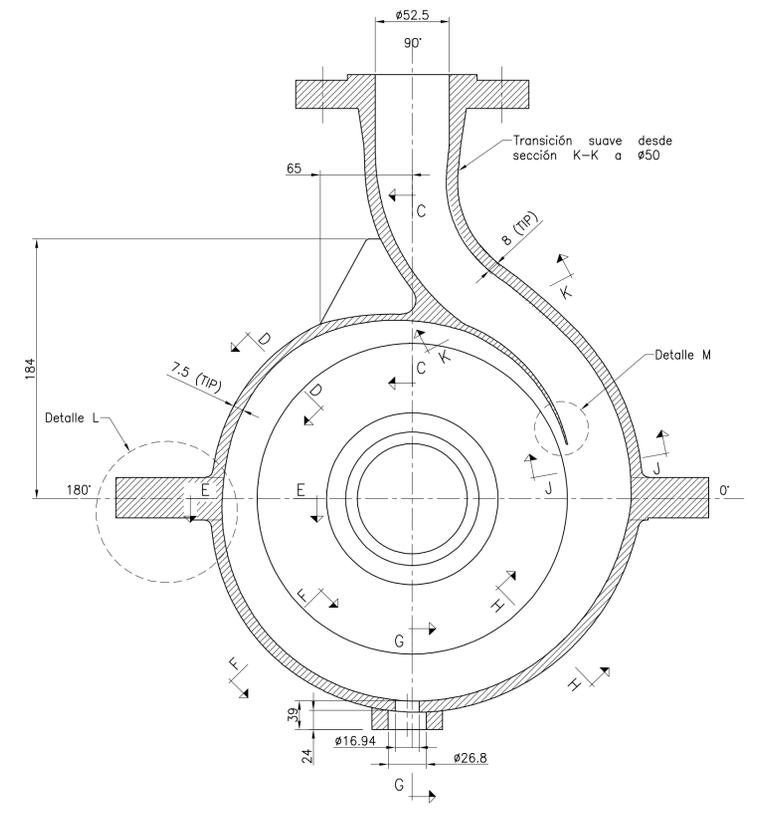
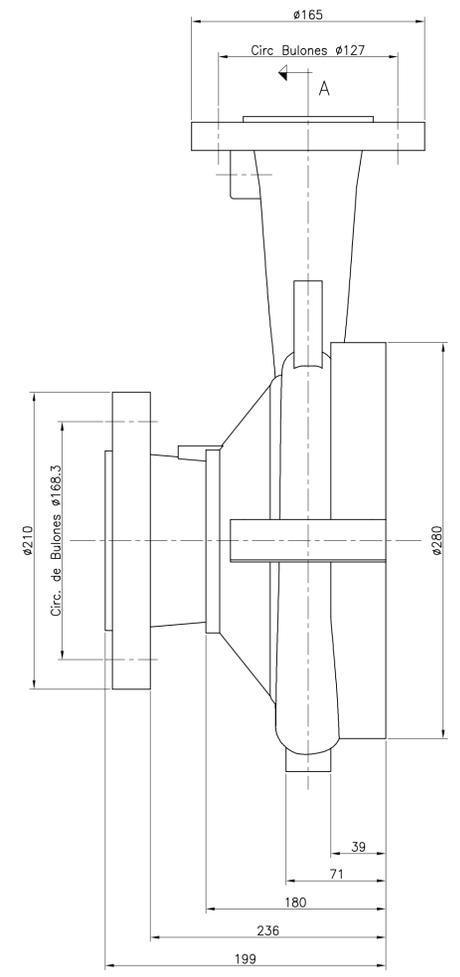
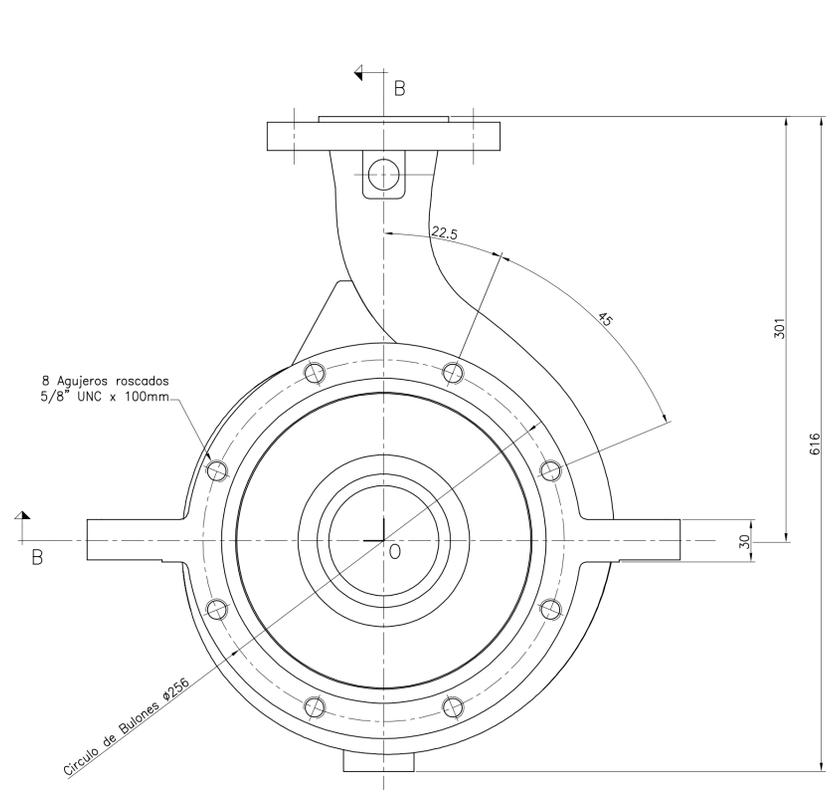
REQUERIMIENTOS P/PIEZAS MECANIZADAS	
Variaciones para dimensiones sin tolerancias - ISO 7/68-1 (Clase m)	
LONGITUDES	Hasta 6 30 120 400 1000 2000
REDONDEOS Y BISELES	Hasta 0.5 3 6 12 24 48 96 192 384 768 1536
ANGULOS	Hasta 10 30 45 60 75 90 105 120 135 150 165 180 195 210 225 240 255 270 285 300 315 330 345 360
TERMINADO DE SUPERFICIES	
simbolo-RAM 4517	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100
Eliminar cantos vivos y rebabas	



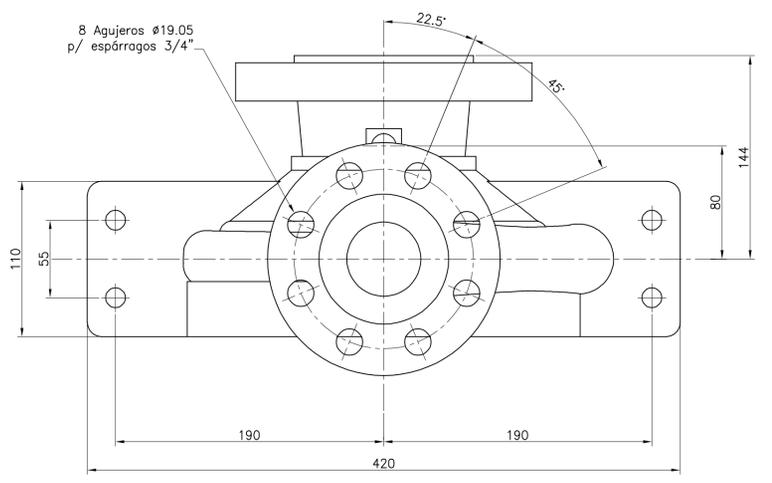
AREA GENERAL
BOMBA BCV-03
RODETE IMPULSOR
PLANO DE DETALLE

CARCASA VOLUTA

Esc.: 1:2



CORTE A-A
Esc.: 1:2



NOTAS GENERALES:

1. TODAS LAS MEDIDAS EN mm, SALVO SE INDIQUE OTRA UNIDAD
- 2- VER NOTAS GENERALES EN PLANO N° 2020-G1-T2-GA-000-301 - CONJUNTO GENERAL-
- 3- LA TRANSICIÓN ENTRE SECCIONES DEL CANAL ESPIRAL DEBERÁ SER SUAVE Y LA SUPERFICIE DEBERÁ ESTAR LIBRE DE RESTOS O IMPERFECCIONES DEBIDAS A LA COLADA.
- 4- LA TERMINACIÓN DE LA CARA DE CONTACTO DE BRIDAS SERÁ SMOOTH FINISH 125-250 µin Ra
- 5- LAS CARAS DE BRIDA EXPUESTAS SIN PINTAR SERÁN PROTEGIDAS DURANTE EL ALMACENAJE MEDIANTE RECUBRIMIENTO OLEOSO Y EMBALAJE PLÁSTICO.
- 6- ELIMINAR CANTOS VIVOS 0.5x45°
- 7- MATERIAL: **ASTM A-216 WCB**
PESO **30 KG**

REV	DESCRIPCIÓN	FECHA	PROY.	EJEC.	CONTR.	APROB.
0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1	G1	G1
A	EMISION PARA APROBACION	20/10/23	G1	G1	G1	G1

DOCUMENTO NUMERO	TITULO DEL DOCUMENTO
2020-G1-T2-GE-000-001	ALCANCE DEL PROYECTO
2020-G1-T2-GE-000-002	DEFINICION DE SERIE
2020-G1-T2-GE-000-301	DESARROLLO BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-GA-000-301	CONJUNTO GENERAL BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-GA-000-302	CORTE BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-301	RODITE IMPULSOR BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-303	EJE BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-304	CUERPO UNION BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-305	PLACA TRASERA BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-306	CAJA PORTARODAMIENTO BOMBA BCV-03

REQUERIMIENTOS P/PIEZAS MECANIZADAS
Variaciones para dimensiones en tolerancias - ISO 2768-1

LONGITUDES	Hasta 30	±0.15	30-120	±0.20	120-400	±0.30	400-1000	±0.40	1000-2000	±0.50	2000-4000	±0.63	4000-10000	±0.80
REDONDEOS Y BISELES	Hasta 0.5	±0.05	0.5-3	±0.08	3-6	±0.10	6-10	±0.15	10-20	±0.20	20-50	±0.25	50-100	±0.30
ANGULOS	Hasta 10	±0.10	10-50	±0.15	50-120	±0.20	120-400	±0.30	400-1000	±0.40	1000-2000	±0.50	2000-4000	±0.63

TERMINADO DE SUPERFICIES

simbolo-IRAM 4517	12.5	3.2	0.63	0.08
-------------------	------	-----	------	------

Eliminar cantos vivos y rebabas

PROYECTO FINAL - GRUPO N°01

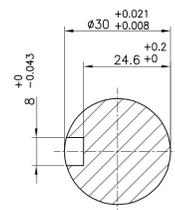
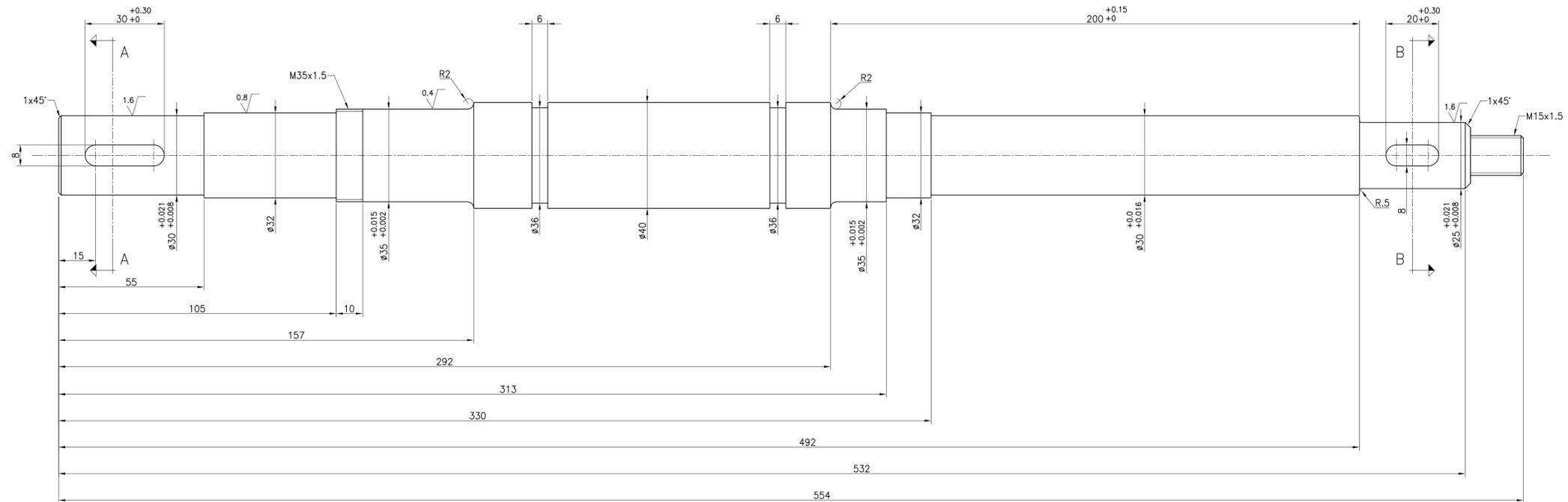
Docentes:
• Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico
• Ayudante: Ing. MUZYKA, Hernán
• Ayudante: Ing. TRONCOSO, Agustín

Alumnos:
• BLASCO, Juan Ignacio
• VILLASVERDE CONTINO, Camila

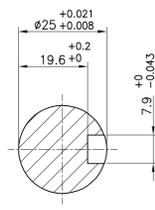
UTN AREA GENERAL
BOMBA BCV-03
CARCASA VOLUTA
PLANO DE DETALLE

UTN FRA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DOCUMENTO CON PROHIBICIÓN DE REPRODUCIRLO, MODIFICARLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACIÓN ESCRITA.

2020-G1-T2-DT-000-302
ESC.: 1:2.5 HOJA: 1 de 2



CORTE A-A
Esc.: 1:1



CORTE B-B
Esc.: 1:1

NOTAS GENERALES:

- TODAS LAS MEDIDAS EN mm, SALVO SE INDIQUE OTRA UNIDAD
- VER NOTAS GENERALES EN PLANO N° 2020-G1-T2-GA-000-301 - CONJUNTO GENERAL.- LA TRANSICIÓN ENTRE SECCIONES DEBERÁ SER SUAVE Y LA SUPERFICIE DEBERÁ ESTAR LIBRE DE RESTOS O IMPERFECCIONES DEBIDAS A LA COLADA.
- ELIMINAR CANTOS VIVOS 0.5x45°
- MATERIAL: ASTM A-576 Gr. 1045
PESO: 4 Kg

REV	DESCRIPCIÓN	FECHA	PROY.	EJEC.	CONTR.	APROB.
0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1	G1	G1
A	EMISION PARA APROBACION	20/10/23	G1	G1	G1	G1

DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS	
DOCUMENTO NUMERO	TITULO DEL DOCUMENTO
2020-G1-T2-GE-000-001	ALCANCE DEL PROYECTO
2020-G1-T2-GE-000-002	DEFINICION DE SERIE
2020-G1-T2-GE-000-301	DESARROLLO BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-GA-000-301	CONJUNTO GENERAL BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-GA-000-302	CORTE BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-301	RODITE IMPULSOR BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-302	CARCARA VOLUTA BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-304	CUERPO UNION BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-305	PLACA TRASERA BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-306	CAJA PORTARODAMIENTO BOMBA BCV-03

REQUERIMIENTOS P/PIEZAS MECANIZADAS
Variaciones por dimensiones en tolerancias - ISO 2768-1
(ver tolerancias en especificación)

LONGITUDES	Hasta	0.5	6	30	120	400	1000	2000
(clase m)	Hasta	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8

REDONDEOS Y BISELES	Hasta	0.5	3	6
(clase m)	Hasta	0.2	0.5	1.0

ANGULOS	Hasta	10	50	120	400
(clase m)	Hasta	15'	30'	45'	1.5'

TERMINADO DE SUPERFICIES

simbolo-IRAM 4517	1'	10'	100'	1000'
R0.030-0-1m R0.060 (µm)	12.5	3.2	0.83	0.20

Eliminar cantos vivos y rebabas

PROYECTO FINAL - GRUPO N°01

Docentes:
• Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico
• Ayudante: Ing. MUZYKA, Hernán
• Ayudante: Ing. TRONCOSO, Agustín

Alumnos:
• BLASCO, Juan Ignacio
• VILLAVERDE CONTINO, Camila

UTN
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

AREA GENERAL
BOMBA BCV-03
EJE
PLANO DE DETALLE

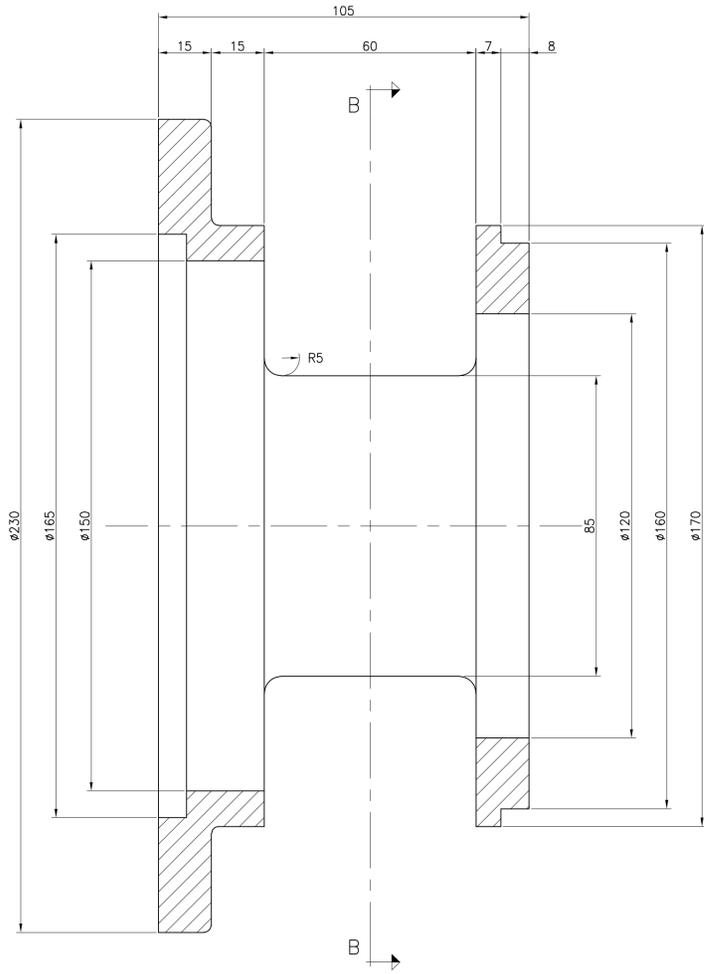
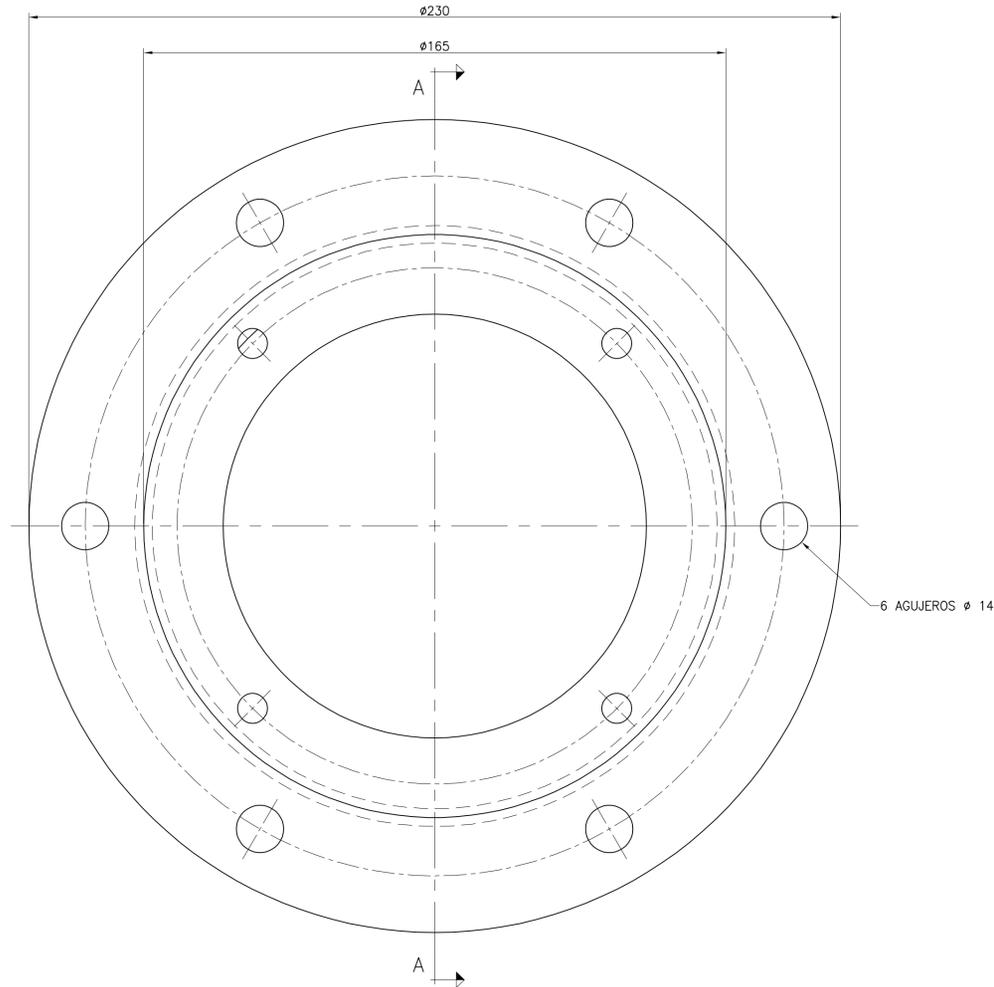
UTN FRA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DOCUMENTO CON PROHIBICIÓN DE REPRODUCIRLO, MODIFICARLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACIÓN ESCRITA.

2020-G1-T2-DT-000-303

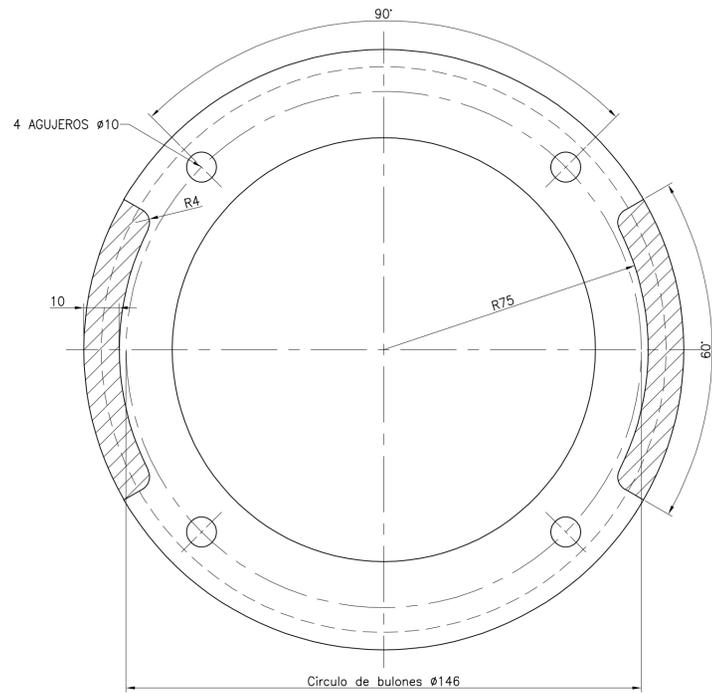
ESC.: 1:1 HOJA: 1 de 1 REVISION

CUERPO UNION

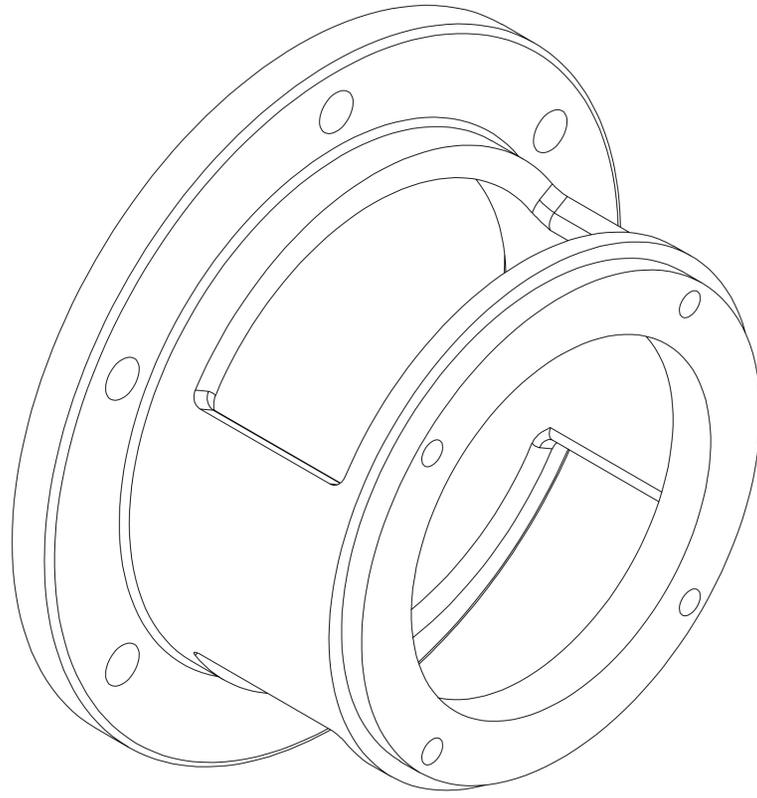
Esc.: 1:1



CORTE A-A
Esc.: 1:1



CORTE B-B
Esc.: 1:1



DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS	
DOCUMENTO NUMERO	TITULO DEL DOCUMENTO
2020-G1-T2-GE-000-001	ALCANCE DEL PROYECTO
2020-G1-T2-GE-000-002	DEFINICION DE SERIE
2020-G1-T2-GE-000-301	DESARROLLO BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-GA-000-301	CONJUNTO GENERAL BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-GA-000-302	CORTE BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-301	RODete IMPULSOR BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-302	CARCASA VOLUTA BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-303	EJE BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-305	PLACA TRASERA BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-306	CAJA PORTARODAMIENTO BOMBA BCV-03

NOTAS GENERALES:

- TODAS LAS MEDIDAS EN mm, SALVO SE INDIQUE OTRA UNIDAD
- VER NOTAS GENERALES EN PLANO N° 2020-G1-T2-GA-000-301 - CONJUNTO GENERAL-
- ELIMINAR CANTOS VIVOS 0.5x45°
- MATERIAL: ASTM A-216 WCB
PESO: 5 kg

REV	DESCRIPCIÓN	FECHA	PROY.	EJEC.	CONTR.	APROB.
0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1	G1	G1
A	EMISION PARA APROBACION	20/10/23	G1	G1	G1	G1

PROYECTO FINAL - GRUPO N°01

Docentes:
 • Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico
 • Ayudante: Ing. MUZYKA, Hernán
 • Ayudante: Ing. TRONCOSO, Agustín

Alumnos:
 • BLASCO, Juan Ignacio
 • VILLAVERDE CONTINO, Camila

REQUERIMIENTOS P/PIEZAS MECANIZADAS
 Variaciones para dimensiones sin tolerancias - ISO 7185-1
 (Clase m)

LONGITUDES	Hasta 6	10	15	20	30	40	50	60	80	100	150	200	300	400
REDONDEOS Y BISELES	Hasta 0.5	1	1.5	2	3	4	5	6	8	10	15	20	30	40
ANGULOS	Hasta 10	15	20	30	40	50	60	75	90	120	150	180	225	270

TERMINADO DE SUPERFICIES

simbolo-RAM 4517	▽	▽▽	▽▽▽	▽▽▽▽
Ru02500-In Ra 3.15 (µm)	12.5	3.2	0.63	0.08

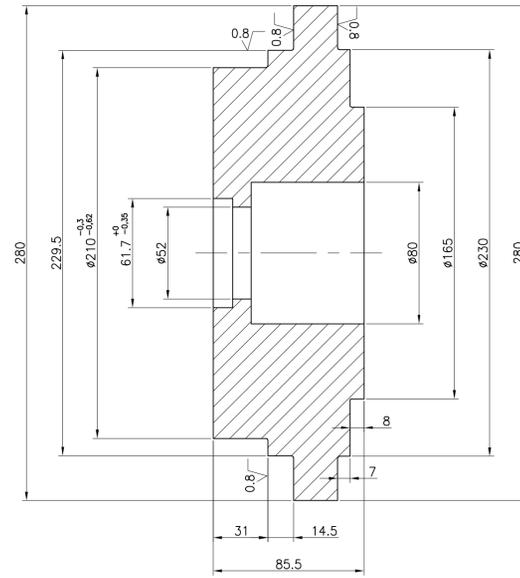
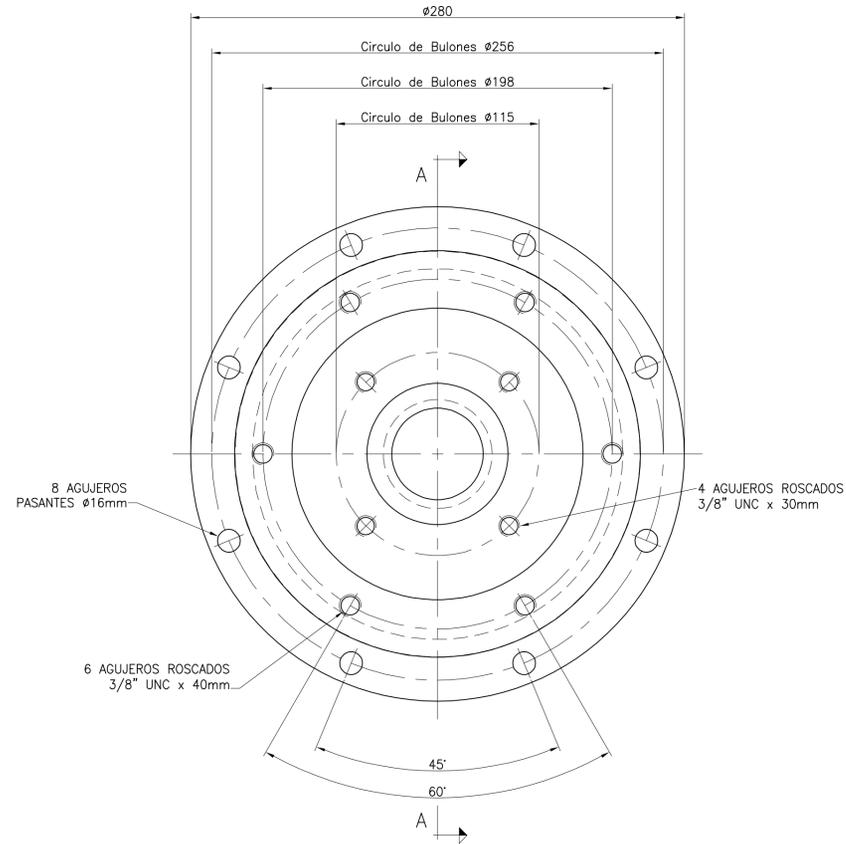
Eliminar cantos vivos y rebabas



AREA GENERAL
 BOMBA BCV-03
 CUERPO DE UNION
 PLANO DE DETALLE

PLACA TRASERA

Esc.: 1:2



CORTE A-A

Esc.: 1:2

DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS

DOCUMENTO NUMERO	TITULO DEL DOCUMENTO
2020-G1-T2-GE-000-001	ALCANCE DEL PROYECTO
2020-G1-T2-GE-000-002	DEFINICION DE SERIE
2020-G1-T2-GE-000-301	DESARROLLO BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-GA-000-301	CONJUNTO GENERAL BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-GA-000-302	CORTE BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-301	RODETE IMPULSOR BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-302	CARCASA VOLUTA BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-303	EJE BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-304	CUERPO UNION BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-306	CAJA PORTARODAMIENTO BOMBA BCV-03

NOTAS GENERALES:

- TODAS LAS MEDIDAS EN mm, SALVO SE INDIQUE OTRA UNIDAD
 - VER NOTAS GENERALES EN PLANO N° 2020-G1-T2-GA-000-301 - CONJUNTO GENERAL-
 - ELIMINAR CANTOS VIVOS 0.5x45°
- 3- MATERIAL: ASTM A48 Clase 25
 PESO: 23 kg

REV	DESCRIPCIÓN	FECHA	PROY.	EJEC.	CONTR.	APROB.
0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1	G1	G1
A	EMISION PARA APROBACION	20/10/23	G1	G1	G1	G1

PROYECTO FINAL - GRUPO N°01	
Docentes:	Alumnos:
• Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico	• BLASCO, Juan Ignacio
• Ayudante: Ing. MUZYKA, Hernán	• VILLAVERDE CONTINO, Camila
• Ayudante: Ing. TRONCOSO, Agustín	

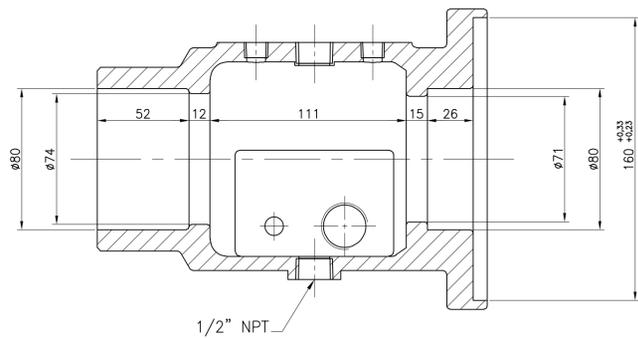
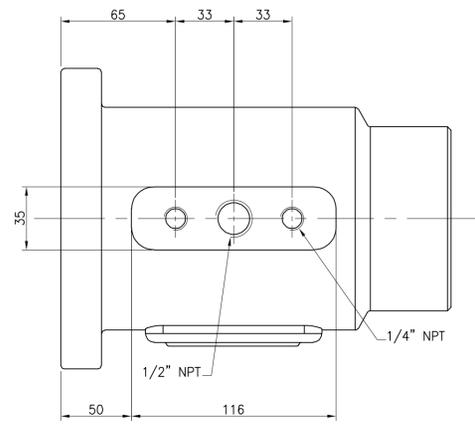
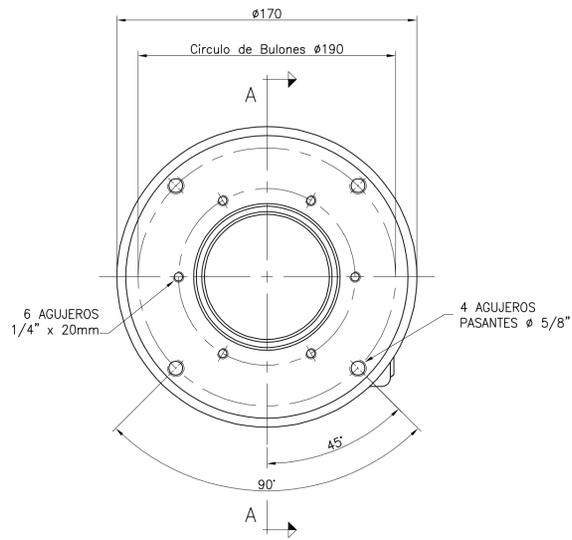
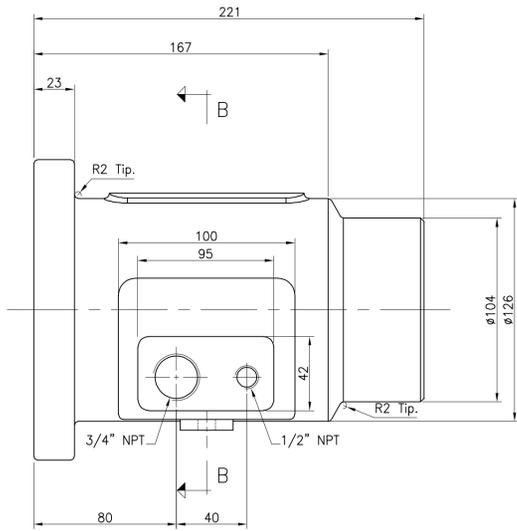
REQUERIMIENTOS P/PIEZAS MECANIZADAS	
Variaciones para dimensiones sin tolerancias - ISO 7/68-1	
(Clase m) (Clase m) (Clase m)	
LONGITUDES	Hasta 6 10 15 20 30 40 50 60 70 80 90 100 120 150 200 250 300 400 500 600 800 1000 1500 2000
REDONDEOS Y BISELES	Hasta 0.2 0.5 1 1.5 2 3 4 5 6 8 10 12 15 20 25 30 40 50 60 80 100 120 150 200 250 300 400 500 600 800 1000 1500 2000
ANGULOS	Hasta 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200
TERMINADO DE SUPERFICIES	
simbolo-RAM	4517 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100
Eliminar cantos vivos y rebabas	



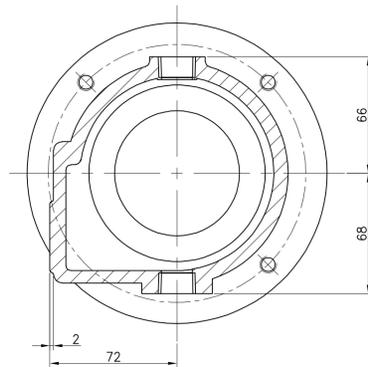
AREA GENERAL
 BOMBA BCV-03
 PLACA TRASERA
 PLANO DE DETALLE

CAJA PORTARODAMIENTOS

Esc.: 1:2



CORTE A-A
Esc.: 1:2



CORTE B-B
Esc.: 1:2

DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS

DOCUMENTO NUMERO	TITULO DEL DOCUMENTO
2020-G1-T2-GE-000-001	ALCANCE DEL PROYECTO
2020-G1-T2-GE-000-002	DEFINICION DE SERIE
2020-G1-T2-GE-000-301	DESARROLLO BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-GA-000-301	CONJUNTO GENERAL BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-GA-000-302	CORTE BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-301	RODETE IMPULSOR BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-302	CARCASA VOLUTA BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-303	EJE BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-304	CUERPO UNION BOMBA BCV-03
2020-G1-T2-DT-000-305	PLACA TRASERA BOMBA BCV-03

NOTAS GENERALES:

- TODAS LAS MEDIDAS EN mm, SALVO SE INDIQUE OTRA UNIDAD
- VER NOTAS GENERALES EN PLANO N° 2020-G1-T2-GA-000-301 - CONJUNTO GENERAL-
- ELIMINAR CANTOS VIVOS 0.5x45°
- MATERIAL: ASTM A-216 WCB
PESO: 9 kg

REV	DESCRIPCIÓN	FECHA	PROY.	EJEC.	CONTR.	APROB.
0	EMISION FINAL	01/12/23	G1	G1	G1	G1
A	EMISION PARA APROBACION	20/10/23	G1	G1	G1	G1

PROYECTO FINAL - GRUPO N°01

Docentes:	Alumnos:
• Profesor: Ing. TREJO PONCE, Federico	• BLASCO, Juan Ignacio
• Ayudante: Ing. MUZYKA, Hernan	• VILLAVERDE CONTINO, Camila
• Ayudante: Ing. TRONCOSO, Agustín	

REQUERIMIENTOS P/PIEZAS MECANIZADAS	
Variaciones para dimensiones sin tolerancias - ISO 7/68-1 (Clase indicaciones de cotas)	
LONGITUDES (Clase m)	Hasta 16 30 120 400 1000 2000
REDONDEOS Y BISELES (Clase m)	Hasta 0.2 0.5 1 1.5 2 3 4 6 10 15 20 25 30 40 50 60 80 100 120 150 200 250 300 400 500 600 800 1000 1200 1500 2000
ANGULOS (Clase m)	Hasta 10 30 45 60 90 120 150 180 225 270 315 360
TERMINADO DE SUPERFICIES	
simbolo-RAM 4517	12.5 3.2 0.63 0.08
Eliminar cantos vivos y rebabas	



AREA GENERAL
BOMBA BCV-03
CAJA PORTARODAMIENTO
PLANO DE DETALLE

PROYECTO FINAL

UTN FRA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DOCUMENTO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO, MODIFICARLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA.	2020-G1-T2-DT-000-306	ESC.: 1:2	HOJA: 1 de 1	REVISION
---	-----------------------	-----------	--------------	----------

UTN FRA – Alumno: Blasco, Juan Ignacio BOMBA BCV-01 API 610 PLANO CONJUNTO N°: 2020-G1-T2-GA-000-302				Lista de Materiales 2020-G1-T2-LE-000-301					
				Hoja 1 de 2					
N°	Denominación	Cnt.	Material	Plano N°	F	A	T	C	Ob.
1	Carcasa bomba	1	ASTM-216 WCB	2020-G1-T2-DT-000-302			X		
2	Tapa carcasa bomba	1	ASTM-216 WCB	2020-G1-T2-DT-000-305			X		
3	Impulsor 8"	1	ASTM A487 Gr CA6NM	2020-G1-T2-DT-000-301			X		
4	Eje	1	ASTM A434 Class BB	2020-G1-T2-DT-000-303			X		
5	Cuerpo de union	1	ASTM A48 Cl. 25	2020-G1-T2-DT-000-304			X		
6	Caja portarodamientos	1	ASTM A48 Cl. 25	2020-G1-T2-DT-000-306			X		
7	Tapa exterior de caja portarodamientos	1	ASTM A48 Cl. 25	2020-G1-T2-DT-000-307			X		
8	Tapa interior de caja portarodamientos	1	ASTM A48 Cl. 25	2020-G1-T2-DT-000-308			X		
9	Sello de aceite	2	Comercial					X	
10	Rodamiento cont. ang. Ø35mm SKF 7307BECF	2	Comercial					X	
11	Rodamiento de bolas Ø35mm SKF 6307	1	Comercial					X	
12	Arandela de fijación MOD: MB 07	1	Comercial					X	
13	Tuerca de fijación M35x2 MOD: KM 07	1	Comercial					X	
14	Sello mecanico MOD: Eagle Burgman LL9UC	1	Comercial					X	
15	Esparrago 3/8" x 110mm	4	A-193 Gr B7			X			
16	Tuerca 3/8"	4	A-194 Gr 2H			X			
17	Anillo de desgaste lado carcasa	1	ASTM A487 Gr CA6NM				X		
18	Anillo de desgaste lado rodete	1	ASTM A487 Gr CA6NM				X		
19	Anillo de desgaste lado carcasa succion	1	ASTM A487 Gr CA6NM				X		
20	Anillo de desgaste lado rodete succion	1	ASTM A487 Gr CA6NM				X		
21	Junta Spiral Wound	1	AISI 304 c/ grafito					X	
22	Tuerca de eje	1	ASTM A434 Class BB				X		
23	Anillo levanta aceite	2	ASTM B145 - 4A				X		
24	Retenedor de anillo de aceite 1/4" NPT	2	Comercial			X			
25	Tapon de llenado de aceite 1/2" NPT	1	Comercial			X			
26	Tapon de drenaje de aceite 1/2" NPT	1	Comercial			X			
27	Visor de aceite 3/4" NPT	1	Comercial			X			
28	Mantenedor nivel de aceite	1	Comercial			X			
29	Esparrago 5/8" x 160mm	8	A-193 Gr B7			X			
30	Tuerca 5/8"	8	A-194 Gr 2H			X			
31	Esparrago 3/8" x 90mm	6	A-193 Gr B7			X			
32	Tuerca 3/8	6	A-194 Gr 2H			X			
33	Bulón cabeza hexagonal UNC 3/8" x 35mm	4	Comercial			X			
Observaciones:					Proy: Aprob: Fecha:				

