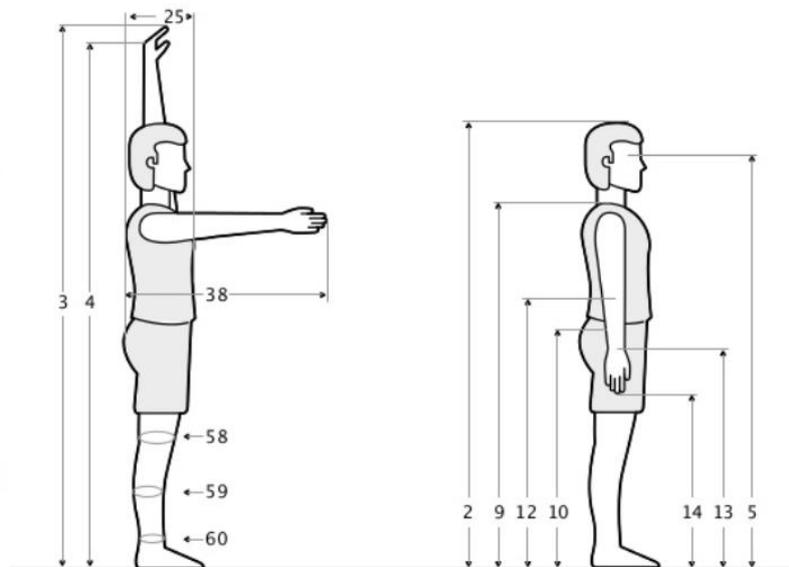


## ANEXOS:

### ANEXO 1:

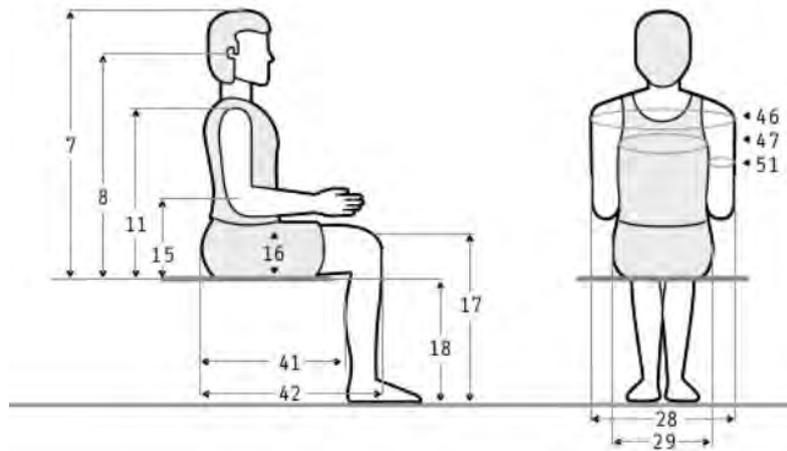
#### MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS DE POBLACIÓN LATINOAMERICANA (17).

En las siguientes imágenes se pueden apreciar las diferentes medidas del cuerpo realizados en Colombia, específicamente en la población laboral de 20 a 40 años, obteniéndose estaturas promedio entre 1.60 y 1.80m. Puede observarse que todas las medidas son proporcionales a la altura del individuo. Para dimensionar el exoesqueleto se tomaron las medidas para personas de 1.6 y 1.7 m de altura. Las medidas usadas se observan en las Figuras 1, 2 y 3



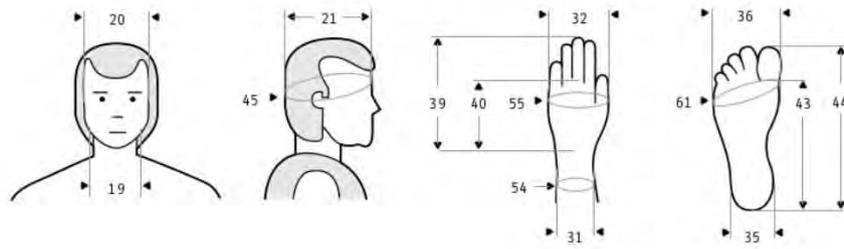
Dimensiones	20 - 29 años (n= 487)						30 - 39 años (n= 447)				
	$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			
			5	50	95			5	50	95	
1 Masa corporal (Kg)	66.9	10.45	52.3	66.0	85.3	71.2	9.87	55.8	70.4	87.7	
2 Estatura (cm)	170.1	6.52	159.5	169.4	181.1	168.9	6.27	158.3	169.4	178.5	
3 Alcance vertical máximo	214.8	8.81	201.7	214.1	230.6	213.3	8.70	198.2	213.8	226.1	
4 Alcance vertical con asimiento	199.8	8.17	187.5	199.5	213.9	198.2	8.07	184.2	198.7	210.8	
5 Altura de los ojos	159.1	6.36	148.8	158.6	170.4	158.2	6.19	148.0	158.4	167.6	
9 Altura acromial	138.6	5.72	128.8	138.2	148.2	138.1	5.76	129.2	138.4	147.4	
10 Altura cresta ilíaca medial	101.6	4.78	94.1	101.4	109.6	100.4	4.69	92.6	100.8	107.6	
12 Altura radial	107.0	4.57	99.1	106.9	115.0	106.6	4.68	99.7	107.0	114.4	
13 Altura estiloidea	81.7	3.90	75.6	81.6	88.4	81.7	4.02	75.5	81.9	88.2	
14 Altura dactílea dedo medio	63.8	3.44	58.4	63.7	69.9	63.9	3.51	58.4	64.2	69.4	
25 Anchura del tórax	19.5	1.74	16.8	19.5	22.5	20.5	1.70	17.9	20.5	23.4	
38 Alcance anterior brazo	71.4	3.39	66.4	71.3	77.1	71.2	3.23	65.7	71.3	76.7	
58 Perímetro rodilla media	36.1	2.37	32.3	36.0	40.0	36.8	2.28	33.2	36.7	40.8	
59 Perímetro pierna media	35.3	2.59	31.4	35.2	39.9	36.3	2.38	32.4	36.2	40.3	
60 Perímetro supramaleolar	21.6	1.35	19.6	21.6	24.0	21.9	1.28	19.9	22.0	24.1	

Figura 1. Medidas Antropométricas 1



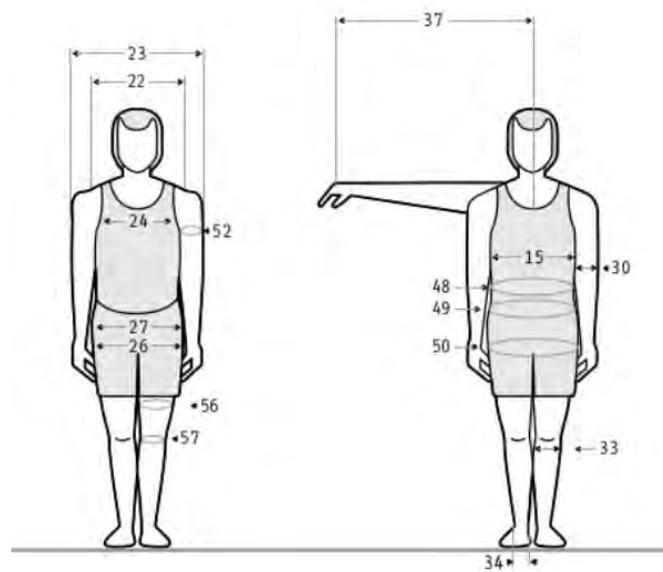
Dimensiones	20 - 29 años (n= 487)					30 - 39 años (n= 447)					
	$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			
			5	50	95			5	50	95	
6	Altura sentado normal	86.5	3.58	80.6	86.3	92.6	86.3	3.51	80.3	86.3	92.1
7	Altura sentado erguido	89.0	3.31	83.8	89.0	94.7	89.0	3.14	83.7	88.9	94.2
8	Altura de los ojos	78.6	3.31	73.5	78.6	84.1	78.8	3.17	73.6	78.9	83.6
11	Altura acromial	58.8	2.78	54.3	58.8	63.6	59.0	2.73	54.5	59.2	63.2
15	Altura radial	23.6	2.42	19.4	23.7	27.4	24.1	2.44	19.9	24.2	28.1
16	Altura del muslo	14.8	1.30	12.7	14.8	17.0	15.1	1.19	13.2	15.2	17.1
17	Altura de la rodilla	52.9	2.56	48.9	52.8	56.9	52.4	2.49	48.3	52.6	56.3
18	Altura de la fosa poplítea	43.0	2.21	39.5	42.9	46.5	42.2	2.21	38.5	42.3	45.7
28	Anchura codo a codo	42.9	4.25	36.7	42.2	50.5	45.3	4.24	38.1	45.5	52.4
29	Anchura de las caderas	34.3	2.59	30.5	34.3	38.5	35.2	2.49	31.1	35.1	39.2
41	Largura nalga - fosa poplítea	47.0	2.52	42.9	47.2	51.2	46.8	2.30	43.1	46.8	50.5
42	Largura nalga - rodilla	57.2	2.64	53.0	57.1	61.6	57.0	2.44	52.8	57.1	61.0
46	Perímetro bideltóideo	111.7	7.00	101.3	111.2	124.1	114.5	6.55	103.6	114.8	124.8
47	Perímetro mesoesternal	94.2	6.49	84.6	93.6	105.4	97.3	6.08	87.4	97.3	106.9
51	Perímetro brazo flexionado	30.5	2.66	26.3	30.5	35.1	31.5	2.47	27.6	31.5	35.6

Figura 2. Medidas Antropométricas 2



Dimensiones	20 - 29 años (n= 487)						30 - 39 años (n= 447)				
	%	D.E.	Percentiles			%	D.E.	Percentiles			
			5	50	95			5	50	95	
19	Anchura de la cara	13.9	0.58	13.0	14.0	15.0	14.0	0.59	13.1	14.0	15.1
20	Anchura transversal cabeza	15.4	0.57	14.5	15.4	16.5	15.5	0.60	14.6	15.5	16.5
21	Anchura antero-post. cabeza	18.9	0.74	17.7	18.9	20.1	18.9	0.79	17.6	18.9	20.2
31	Anchura de muñeca	5.4	0.31	4.9	5.4	6.0	5.5	0.31	5.0	5.5	6.0
32	Anchura de mano	8.3	0.39	7.7	8.4	9.1	8.3	0.39	7.7	8.4	9.0
35	Anchura de talón	6.6	0.49	5.9	6.7	7.5	6.8	0.45	6.0	6.8	7.6
36	Anchura de pie	9.8	0.54	9.0	9.9	10.8	9.9	0.52	9.1	9.9	10.8
39	Largura de la mano	18.3	0.90	17.0	18.4	20.0	18.3	0.93	16.8	18.3	19.9
40	Largura palma de la mano	10.3	0.56	9.4	10.3	11.3	10.2	0.57	9.3	10.3	11.2
43	Largura de pie	25.4	1.22	23.5	25.3	27.5	25.2	1.19	23.2	25.2	27.1
44	Largura planta del pie	20.4	1.01	18.7	20.4	22.2	20.3	0.93	18.8	20.4	21.8
45	Perímetro de cabeza	55.3	1.62	52.9	55.4	58.1	55.7	1.77	52.8	55.7	58.9
54	Perímetro de la muñeca	16.2	0.80	14.9	16.2	17.5	16.4	0.79	15.2	16.4	17.9
55	Perímetro metacarpal	20.2	1.02	18.7	20.2	22.0	20.3	0.99	18.7	20.3	22.0
61	Perímetro metatarsal	24.6	1.31	22.6	24.6	26.8	24.8	1.18	23.0	24.8	26.7

Figura 3. Medidas Antropométricas 3.



Dimensiones	20 - 29 años (n= 487)					30 - 39 años (n= 447)					
	$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			
			5	50	95			5	50	95	
22	Ánchura biacromial	39.6	2.12	36.3	39.5	43.2	39.8	2.01	36.6	39.8	43.3
23	Ánchura bideltóidea	45.7	2.95	41.4	45.4	50.7	46.6	2.77	42.1	46.6	51.2
24	Ánchura transversal tórax	28.5	2.35	24.9	28.3	32.8	29.6	2.39	25.9	29.6	34.0
26	Ánchura bicrestal	26.9	1.97	24.0	26.8	30.2	28.1	2.09	25.0	28.1	31.6
27	Ánchura bitrocantérea	31.6	1.73	28.7	31.6	34.5	32.2	1.79	29.5	32.2	35.3
30	Ánchura del codo	6.7	0.36	6.2	6.7	7.4	6.7	0.34	6.2	6.7	7.4
33	Ánchura de la rodilla	9.6	0.56	8.7	9.6	10.6	9.7	0.54	8.9	9.7	10.7
34	Ánchura bimaléolar (del tobillo)	7.3	0.37	6.8	7.4	8.0	7.3	0.36	6.8	7.4	7.9
37	Largura lateral brazo	77.4	3.51	71.9	77.0	83.4	76.9	3.34	71.2	77.0	82.3
48	Perímetro de la cintura	79.8	7.55	68.8	78.6	92.8	86.0	7.86	73.8	85.8	98.1
49	Perímetro umbilical	83.1	8.04	71.5	82.0	97.4	89.3	8.18	76.9	88.9	102.1
50	Perímetro gluteal	93.2	6.41	83.7	92.8	103.5	95.6	5.85	86.2	95.3	104.9
52	Perímetro brazo	28.8	2.71	24.5	28.6	33.8	30.0	2.52	25.8	30.0	34.2
53	Perímetro antebrazo	26.3	1.74	23.6	26.3	29.2	27.0	1.73	24.4	27.0	30.0
56	Perímetro muslo superior	54.7	4.90	47.3	54.4	62.4	55.6	4.14	48.9	55.7	62.8
57	Perímetro muslo medio	51.7	4.32	44.9	51.6	59.2	52.4	3.77	46.3	52.5	58.7

Figura 4. Medidas Antropométricas 4.

## ANEXO 2

### PARÁMETROS INERCIALES DE LAS PARTES DEL CUERPO INVOLUCRADAS EN EL TIRO CON ARCO:

Posición del centro de masa del brazo de arco respecto a la articulación hombro:

Segmento	Masa (kg)	Localización C.G. (Z) - mm
Brazo de arco	3.79	253.86



Figura 1. Parámetros Inerciales brazo que sostiene arco

Posición del centro de masa del brazo de tensado respecto a la articulación hombro:

Segmento	Masa (kg)	Localización C.G. (X) - mm	Localización C.G. (Y) - mm	Localización C.G. (Z) - mm
Brazo de tensado	3.79	79.4	80.6	61.9

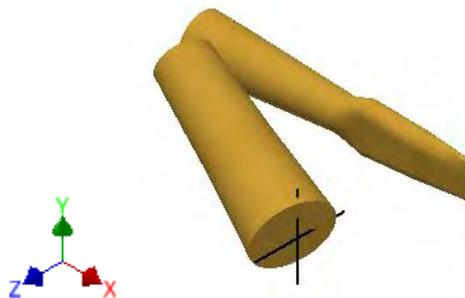


Figura 2. Parámetros inerciales brazo tensor

Posición del centro de masa del tronco y cabeza respecto del origen del tronco, en la altura de la intersección entre la vértebra lumbar L1 y la vértebra del sacro:

Segmento	Masa (kg)	Localización C.G. (Y) - mm	Localización C.G. (Z) - mm
Torso y Cabeza	24.27	292.6	-41

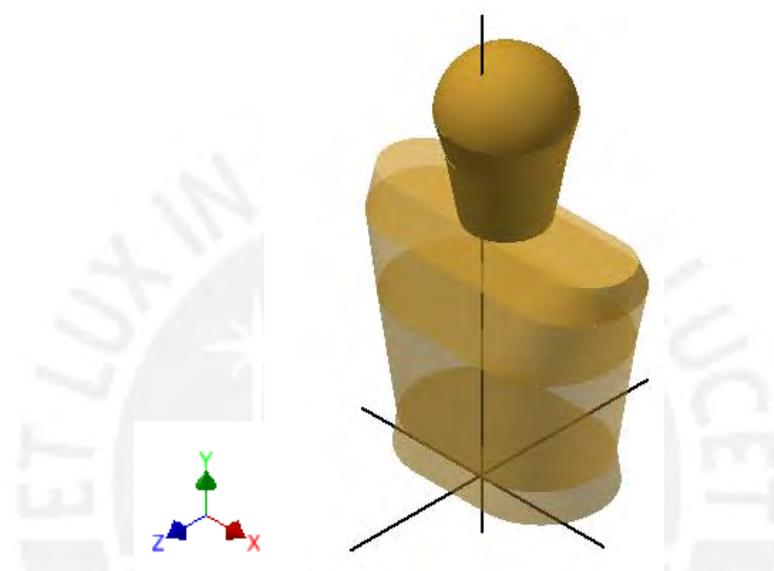


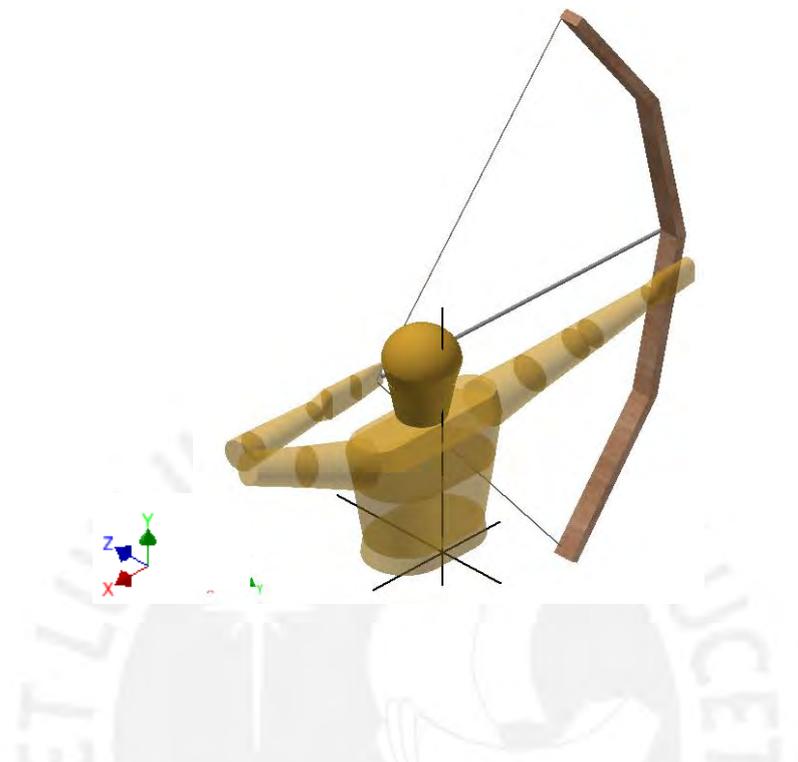
Figura 3. Parámetros inerciales tronco superior y cabeza

Posición del centro de gravedad de todo el conjunto respecto a los centros de giro para flexión lateral (Eje Z) y rotación axial (Eje Y).

Tabla 1. Ubicación de Centros de Gravedad de las secciones del cuerpo.

Segmento	Nombre	C.G (X)	C.G (Y)	C.G (Z)	Masa (kg)	X*M (X)	X*M (Y)	X*M (Z)
1	Arco	-946.03	494.40	77.95	2.5	-2365.07	1236.00	194.87
2	Brazo de Arco	-455.96	494.40	26.60	3.79	-1728.10	1873.78	100.81
3	Brazo de Tensado	281.46	327.78	61.96	3.79	1066.74	1242.28	234.82
4	Torso y cabeza	0	292.61	0.00	24.27	0.00	7101.44	0.00
Sub Total					34.35	-3026.42	11453.50	530.51
Centro Gravedad						-88.11	333.44	15.44

Además se determinan las inercias de cada una de las partes del cuerpo modeladas.



Parte del cuerpo	Inercia respecto a su C.G (kg-mm <sup>2</sup> ) (xx)	Inercia respecto a su C.G (kg-mm <sup>2</sup> ) (yy)	Inercia respecto a su C.G (kg-mm <sup>2</sup> ) (zz)
Brazo que sostiene arco	3955.65	145654.34	145654.34
Brazo que tensa el arco (Brazo Superior)	19647.75	19647.75	3263.87
Brazo que tensa el arco (Antebrazo)	690.60	20423.10	20296.42
Tronco y cabeza	1464953.84	1619698.93	337067.42

Tabla 2. Inercias respecto a los Centros de Gravedad

### **ANEXO 3:**

#### **REPORTE DE VISITA A CENTRO DEPORTIVO DE TIRO CON ARCO**

Se visitó el centro de entrenamiento de la federación peruana de entrenamiento de Tiro con Arco que se encuentra en el polideportivo de Limatambo en San Borja. Aquí se pudo conversar con alumnos que llevaban entrenando apenas un mes, así como otros que llevaban más de un año. Se pudo hablar además con el profesor Jouvett Baldassari quien además es el actual presidente de la federación. De esta visita se pudo rescatar los siguientes puntos importantes acerca de este deporte que aún es poco difundido a nivel nacional.

1. En la actualidad existe una buena variedad de arcos en cuanto a tamaños, materiales y tecnologías. La elección depende de presupuesto del usuario y experiencia del deportista. Varios de estos modelos incluyen regletas móviles en la ventana del arco que ayudan a mejorar la precisión del disparo al momento de apuntar, además de otros que ayudan a disminuir las fuerzas que se requieren para reducir la fuerza de tensado. Existen muchos avances tecnológicos en cuanto a la herramienta pero aún se investiga técnicas para ayudar al usuario en sí.
2. La principal dificultad que presentan los novatos para aprender este deporte es el bajo control de su motricidad. Según el mismo entrenador existen personas que no tienen un buen dominio sobre sus brazos o cualquier otra parte de su cuerpo.
3. Como todo deporte el tiro con arco también requiere el entrenamiento físico adecuado del cuerpo. Se observaron problemas de temblores en los brazos en algunos alumnos, esto debido a la falta de fuerza en los brazos. Obviamente cualquier señal de temblores afectan de gran manera la puntería del deportista.
4. Se debe dominar primero el brazo que tensa la cuerda antes que el que agarra el arco. Es fundamental controlar primero la fuerza del disparo, además del agarre adecuado de la flecha y posterior relajación de los dedos al soltar la cuerda, antes que la precisión que es controlada más que nada por la posición del arco.
5. Para lo anterior es común que antes de iniciar los entrenamientos se realicen mímicas de los movimientos descritos anteriormente. Primero sólo con los brazos y luego con ayuda de una liga que permite estirar y preparar los músculos

para realizar la fuerza del tensado. Esta serie de movimientos al hacerse de forma repetitiva ayudan también a que el arquero aprendiz vaya memorizando estos movimientos para que al momento de usar el arco pueda efectuarlos por costumbre.

6. Es importante descubrir al inicio el ojo y brazo dominante del arquero previo al inicio de su entrenamiento.
7. Como cualquier deporte el entrenador sugiere que la única manera de mejorar el desempeño en este deporte es practicarlo con constancia

## ANEXO 4

### DATOS TÉCNICOS DE ACTUADORES SELECCIONADOS:

#### Actuador eléctrico lineal:



Se opta por escoger el actuador lineal modelo DE24Q17W4, se muestran sus características a continuación:

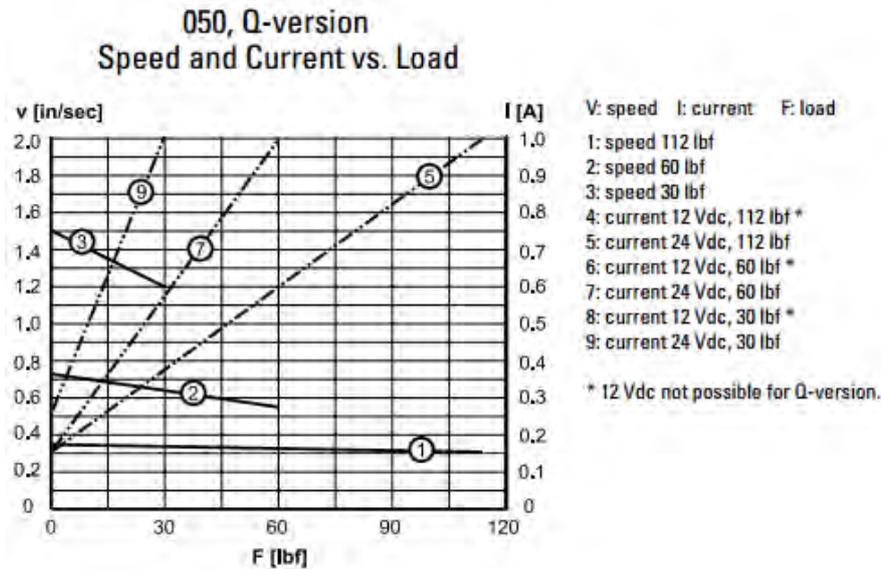
Se muestran las características físicas del actuador lineal, como la carrera máxima, peso y longitud total con el vástago completamente introducido.

Stroke (S)	[inch]	2	4	6	8
Retracted length (A)	[inch]	5.5	7.5	9.5	11.5
Retracted length, with potentiometer (A)	[inch]	6.75	8.75	10.75	–
Weight	[lb]	1.4	1.6	1.8	2.0
Weight with potentiometer	[lb]	1.6	1.8	2.0	–

Se muestra información correspondiente a la velocidad y carga máxima y mínima de distintos modelos del actuador lineal, para el caso del presente proyecto se optó por el DE24Q17W4

Performance Specifications	
Parameter	Electrak 050
Maximum load, dynamic / static	[lbf]
DE ••• 17W41	112 / 224
DE ••• 17W42	60 / 120
DE ••• 17W44	30 / 60
Speed, at no load / at maximum load	[in/sec]
DE •• - 17W41	0.48 / 0.37
DE •• - 17W42	0.95 / 0.72
DE •• - 17W44	1.90 / 1.45
DE24Q17W41	0.36 / 0.30
DE24Q17W42	0.70 / 0.55
DE24Q17W44	1.50 / 1.20

Se muestra la curva de funcionamiento donde se aprecia el comportamiento del actuador lineal a diferentes cargas, corrientes y velocidades:



Para mayor información del actuador lineal, se puede consultar en el catálogo de la empresa “Thomson Linear Motion”

[http://www.thomsonlinear.com/downloads/actuators/Linear\\_Actuators\\_cten.pdf](http://www.thomsonlinear.com/downloads/actuators/Linear_Actuators_cten.pdf)

**Motor de pasos:**

Se opta por escoger un motor de pasos de la marca STOGRA, modelo SM 56.1.18J1

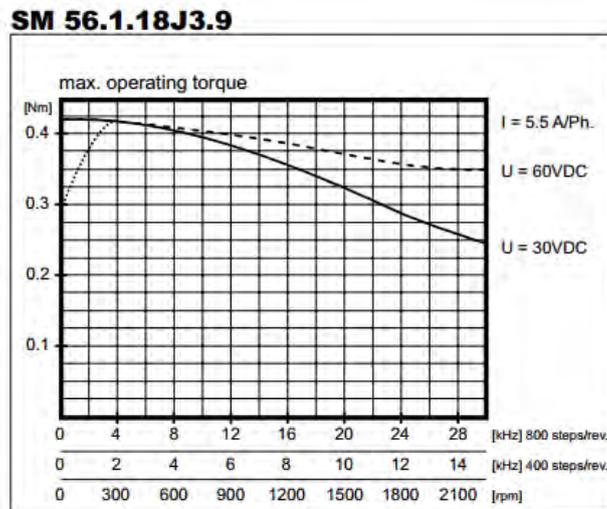
Se presentan las especificaciones eléctricas y mecánicas del actuador seleccionado:

		electrical specifications				mechanical specifications						
weight and rotor inertia are for standard versions with cast connection box without double ended shaft		resistance per phase	inductance / phase	current / phase unipolar	current / phase bipolar	step angle (at full step)	holding torque	detent torque	rotor inertia	bearing thrust load	bearing overhang load	weight
series	motor type	Ohm	mH	A	A	°	Nm	Nm	kgcm <sup>2</sup>	N	N	kg
56	SM 56.1.18 J1	4.75	9	1	1.4	1.8	0.45	0.04	0.125	80	150	0.6
	SM 56.1.18 J3	0.72	1	3	4.2							
	SM 56.1.18 J3.9	0.42	0.64	3.9	5.5							
	SM 56.2.18 J1.5	3.9	9	1.5	2.1	1.8	0.85	0.08	0.25	80	150	1
	SM 56.2.18 J2	2.6	5	2	2.8							
	SM 56.2.18 J3	1.2	2.6	3	4.2							
	SM 56.3.18 J1.5	4.3	9	1.5	2.1	1.8	1.25	0.12	0.375	80	150	1.35
	SM 56.3.18 J3	1.46	3	3	4.2							
SM 56.3.18 J4.6	0.72	1.2	4.6	6.5								

Se presenta su curva característica de funcionamiento a continuación. La línea punteada que se presenta durante el arranque describe el comportamiento del motor en caso no

contase con un controlador de aceleración. Para la verificación del motor se asumirá que el dispositivo no cuenta con este control por lo que para las velocidades que se le exigirá al motor este tendrá un torque de 0.3 N.m

Se presenta las especificaciones del motor seleccionado:



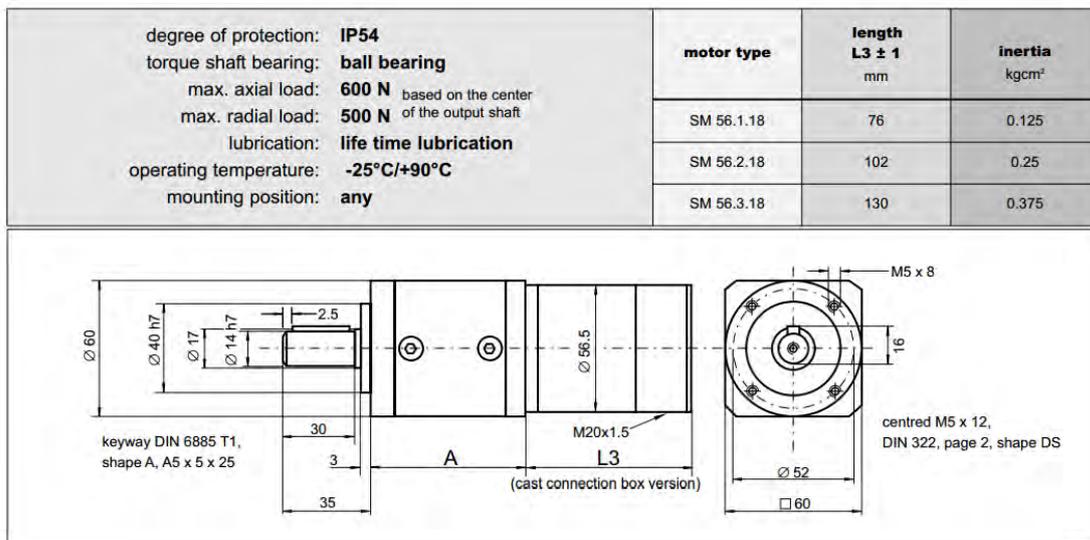
Se detallan las características mecánicas del actuador junto con el freno electromagnético:

stepping motor with holding brake				brake				
series	type	weight kg	rotor inertia		holding torque Nm	switching time		electr. power / consumption at 24 VDC W / mA
			total kgcm <sup>2</sup>	brake kgcm <sup>2</sup>		ON ms	OFF ms	
56	SM 56.1.18...B	0.8	0.15	0.02	1	7	15	10 / 417
	SM 56.2.18...B	1.2	0.27					
	SM 56.3.18...B	1.6	0.4					
87	SM 87.1.18...B	2.1	0.8	0.15	4.5	20	15	12 / 500
	SM 87.2.18...B	3	1.45					
	SM 87.3.18...B	4	2.1					
	SM 87.4.18...B	5	2.75					
88	SM 88.1.18...B	2.3	1.5	0.15	4.5	20	15	12 / 500
	SM 88.2.18...B	3.2	2.85					
	SM 88.3.18...B	4.2	4.2					
	SM 88.4.18...B	5.2	5.55					
107	SM 107.1.18...B	5.2	4.65	0.63	6	35	25	18 / 750
	SM 107.2.18...B	8.1	8.65					
	SM 107.3.18...B	10.7	12.65					
	SM 107.4.18...B	13.4	16.65					

Se presentan a continuación especificaciones mecánicas de la caja de cambios planetaria

planetary gear head series PR											
type	ratio	max. torque output Nm			inertia referred to motor shaft 10 <sup>-4</sup> kgcm <sup>2</sup>	stiffness of distortion Nm/arcmin	absolute backlash angular minutes	efficiency approx. %	length A mm	weight without motor kg	number of stages
		SM 56.1	SM 56.2	SM 56.3							
PR3	3	1.1	2	3.2	0.367	1.6	12	97	90.5	1.3	1
PR4	4	1.5	2.7	4.3	0.324						
PR5	5	1.9	3.8	5.4	0.314						
PR7	7	2.7	5.3	7.6	0.304						
PR10	10	3.8	7.6	10.8	0.299						
PR16	16	5.7	10.2	16.3	0.321	2	15	94	114.5	1.7	2
PR20	20	7.3	12.8	19	0.313						
PR25	25	9.1	15.9	21	0.311						
PR28	28	10.2	17.8	21	0.303						
PR35	35	12.7	21	21	0.303						
PR40	40	14.6	21	21	0.299						
PR50	50	18.2	21	21	0.299						
PR70	70	17	17	17	0.298	2.1	20	90	132	2	3
PR100	100	16	16	16	0.298						
PR120	120	21	21	21	0.059						
PR160	160	21	21	21	0.059						
PR200	200	21	21	21	0.059						
PR250	250	21	21	21	0.059						
PR350	350	21	21	21	0.059						
PR500	500	21	21	21	0.059	2.1	20	90	132	2	3
PR700	700	19	19	19	0.059						
PR1000	1000	18	18	18	0.059						

Se presentan también las dimensiones del conjunto formado por el motor junto con la caja de cambio:



Para más detalles de los actuadores lineales puede revisarse el catálogo en la página web:

[http://www.stoegra.de/pdf/sm\\_katalog\\_0114\\_e.pdf](http://www.stoegra.de/pdf/sm_katalog_0114_e.pdf)

## **ANEXO 5:**

### **CONTEXTO DEL TIRO CON ARCO Y VENTAJAS DE SU PRÁCTICA Y TÉCNICA RECOMENDADA EN EL TIRO CON ARCO:**

Este deporte tiene su origen como arma de caza y de guerra en la antigüedad, el cual cayó en desuso con la aparición de la pólvora. Consiste en alcanzar por medio de flechas un blanco (por lo general una diana) situado a diferentes distancias dependiendo del tipo de competición olímpica.

#### ***BENEFICIOS:***

La práctica de este deporte trae consigo una variedad de beneficios, los cuales se describirán a continuación:

- Según la Real Federación Española de Tiro con Arco, su práctica es recomendada por especialistas como terapia para personas con discapacidades.
- Permite ejercitar y tonificar los músculos de la parte superior del cuerpo, se incluyen el cuello, brazos, abdomen y cintura.
- Permite desarrollar la capacidad de concentración, autocontrol y además de permitir reducir el estrés.
- Favorece la coordinación óculo-motriz.
- Este deporte es más inclusivo pues puede ser practicado por personas de todas las edades y con casi cualquier condición física como base.

#### ***TIRO CON ARCO EN EL PERÚ:***

Según información obtenida por la Federación Deportiva Peruana de Tiro con Arco actualmente se tiene en el Perú un promedio de 200 personas practicando el tiro con arco. Este número contempla solo a los inscritos en academias avaladas por la federación, por lo que el número podría ser mayor.

Hasta el día de hoy se cuenta con la siguiente cantidad de representantes a nivel internacional del seleccionado nacional:

- Categoría Arco Recurvo Femenino Mayores: 3 arqueras
- Categoría Arco Recurvo Masculino Mayores: 3 arqueros
- Categoría Arco Compuesto Masculino Mayores: 2 arqueros

En la actualidad el Perú aún no está en la capacidad técnica de competir por los medalleros en cualquier competencia regional, ni hablar de medirse con potencias mundiales como Corea del Sur o México. Sin embargo en los últimos años se han conseguido algunos logros importantes como una medalla de bronce obtenida en un Torneo Ranking mundial disputada en la ciudad de Santiago de Chile en el 2013, ese mismo año se participó en los Juegos Bolivarianos realizados en Trujillo. En el 2014 se logró por primera vez obtener 2 cupos en los juegos ODESUR y además de obtener 4 cupos en el Festival Olímpico Panamericano disputado en la ciudad de México.

Según comentarios del mismo presidente de la Federación Peruana de Tiro con Arco, hasta el año 2016 se pretende concentrar esfuerzos en la masificación de este deporte en todo el país a fin de contar con una mayor cantidad de potenciales seleccionados que representen al país en los Juegos Panamericanos que se realizarán en el 2019.

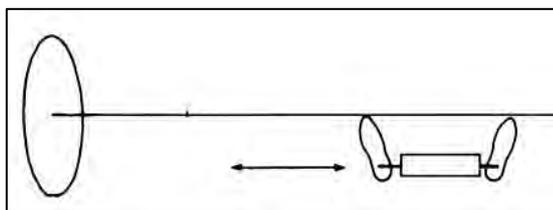
Se analizaron las posiciones recomendadas en el tiro con arco luego de realizar una visita a los 2 centros de entrenamiento deportivo y revisar bibliografía sobre la misma

#### ***ANÁLISIS POSICIÓN DE LOS PIES:***

La relación entre la posición de los pies hace que aumente o disminuya la estabilidad pélvica y con esto la estabilidad de todo el cuerpo. Al ejercer una tensión a la cuerda se produce una fuerza de reacción que debe ser realizada por todo el cuerpo a fin de mantener la estaticidad del cuerpo. La estabilidad del cuerpo es fundamental para la precisión del disparo en el arquero.

Se explican a continuación algunas posturas usadas en la arquería:

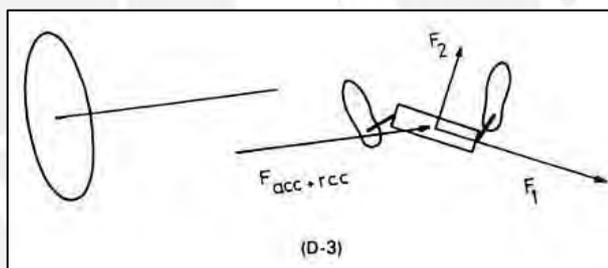
**Los pies y la pelvis están alineados con la diana:**



Extraído de: "Tiro con Arco" de Eduardo Jimenez Alvarez (30)

Al estar alineados tanto los pies como la pelvis con la diana las fuerzas de reacción en el cuerpo estarán contenidas en este plano, los músculos de la pelvis, abdominales, lumbares y espinales serán los encargados de contrarrestar esta fuerza sobre el cuerpo. Al contar con un gran número de músculos esta posición favorecerá el equilibrio.

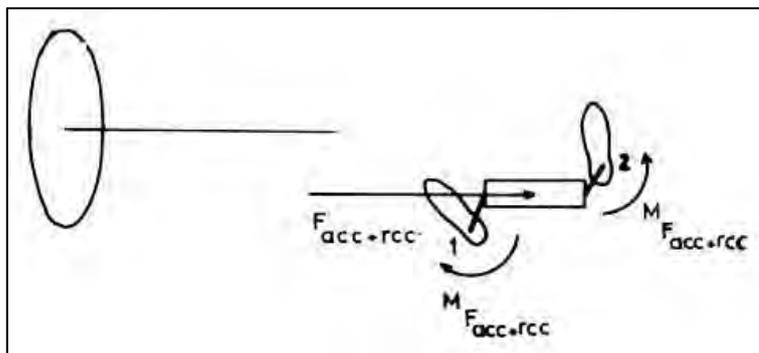
**Postura pies en línea con la diana pero pelvis no:**



Extraído de: "Tiro con Arco" de Eduardo Jimenez Alvarez (30)

La fuerza de reacción sobre el cuerpo se descompone en 2. La  $F_1$  tenderá a producir un desplazamiento lateral sobre la pelvis y la  $F_2$  tenderá a desequilibrar al arquero hacia adelante.

***Pies no alineados con la diana pero línea pélvica sí:***



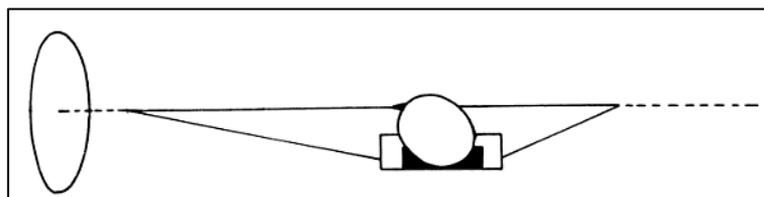
Extraído de: "Tiro con Arco" de Eduardo Jimenez Alvarez (30)

En esta posición la musculatura de las piernas trabajan de manera opuesta, el tobillo más cercano a la diana trabaja en extensión plantar y el otro en flexión plantar. Esta posición busca tener una mayor base de sustentación y de una falta de fuerza en el brazo al abrir el arco. A pesar de que se puede ver que físicamente genera cierta inestabilidad en las piernas esta postura es recomendada por el KLS, la cual es la escuela de alto rendimiento en Estados Unidos, y pionera el entrenamiento científico del tiro con arco.

***ANÁLISIS DE LÍNEA DE HOMBROS:***

***Línea de hombros en mismo plano que pelvis:***

Esta posición favorece el equilibrio pues permite trabajar a los músculos de la cadera escapular de forma simétrica.

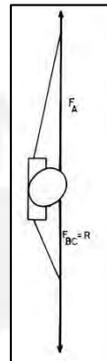


Extraído de: "Tiro con Arco" de Eduardo Jimenez Alvarez (30)

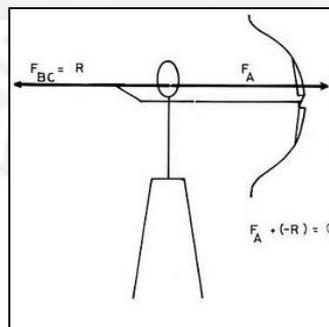
## ANÁLISIS BRAZO DE CUERDA DURANTE ANCLAJE:

**Braza de cuerda alineado con la flecha tanto en los planos frontal y horizontal.**

En este caso la fuerza  $F_a$  anula a  $F_b$  y no aparecen otras componentes por lo que se favorece a la estabilidad sobre el cuerpo.



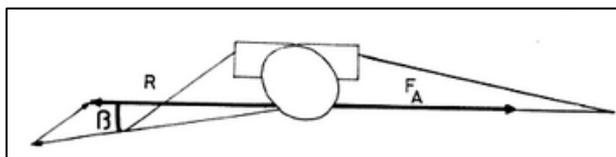
Extraido de: "Tiro con Arco" de Eduardo Jimenez Alvarez (30)



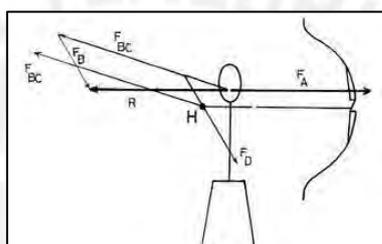
Extraido de: "Tiro con Arco" de Eduardo Jimenez Alvarez (30)

**Brazo de anclaje levantado en plano frontal y/o adelantado en plano horizontal de la flecha.**

Se observan que en esta posición se producen muchas componentes de la resultante que ocasionan una mayor intervención muscular produciendo un rendimiento menor en la potencia y cuesta más al usuario lograr un equilibrio.



Extraído de: "Tiro con Arco" de Eduardo Jimenez Alvarez (30)

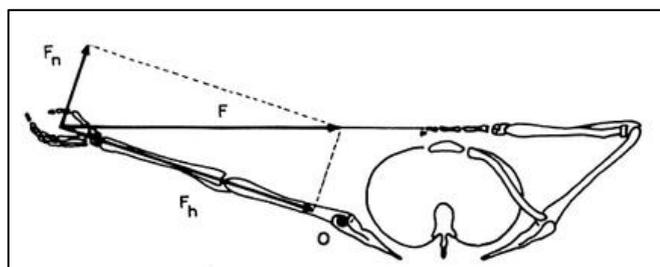


Extraído de: "Tiro con Arco" de Eduardo Jimenez Alvarez (30)

**BRAZO DE ARCO:**

**Con ángulo entre escápula y húmero:**

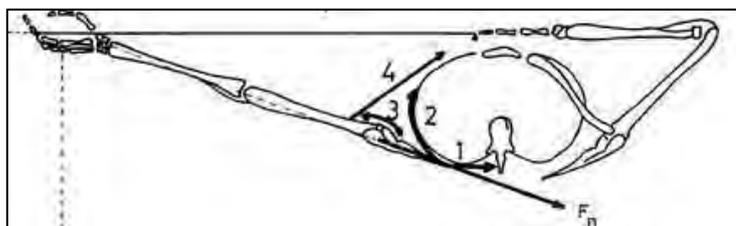
Al realizar la tracción  $F$  sobre la cuerda el efecto que se tiene sobre el brazo de arco es el siguiente: Se tendrá una fuerza  $F_h$  alineada con el brazo que empujará a la escápula y una fuerza  $F_n$  que empujará el brazo alrededor del eje  $O$ .



Extraído de: "Tiro con Arco" de Eduardo Jimenez Alvarez (30)

### **Escápula y húmero alineados:**

Al lograr alinear la escápula con el húmero se eliminan las fuerzas  $F_h$  y  $F_t$  permitiendo alcanzar al arquero una gran estabilidad en su posición. Sin embargo para lograr esta alineación se requiere un muy buen control de los músculos cercanos a la escápula.



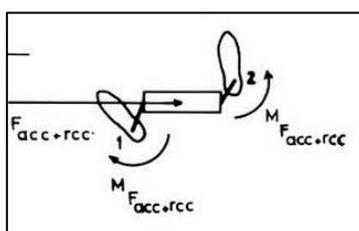
Extraído de: "Tiro con Arco" de Eduardo Jimenez Alvarez (30)

### **CONTROL DE PUNTERÍA EN TIRO CON ARCO:**

Luego de posicionar correctamente tanto los brazos como la parte superior de la espalda, denominados en conjunto como cintura escapular, el siguiente paso es el control de la línea de disparo que tendrá la espalda. Esta se da por el movimiento de todo el sistema correspondiente a la cintura escapular.

Para este caso si se quiere apuntar a un objeto que esté muy alejado o por encima de la altura de brazos del arquero la espalda deberá de realizar una flexión lateral.

Además dependiendo de la posición de las piernas (postura abierta o cerrada) o el tipo de competencia a la que se enfrente el arquero en algunos casos será necesario realizar una ligera rotación axial del tronco a fin de regular la puntería de forma lateral.



Extraído de: "Tiro con Arco" de Eduardo Jimenez Alvarez (30)

## ANEXO 6

### COMPROBACIÓN DE ENGRANE POR RESISTENCIA A LA FATIGA POR PRESIÓN EN EL FLANCO:

Según la norma DIN 39990 para determinar el factor de seguridad requerido para evitar la falla por picaduras en el flanco de los dientes del engrane se puede recurrir a la siguiente expresión:

$$\sqrt{\frac{F_t \cdot K_A \cdot (u+1)}{b \cdot d_1} \cdot \frac{1}{u}} \cdot Z_E \cdot Z_H \cdot Z_\varepsilon \cdot Z_\beta \leq \frac{\sigma_{Hlim}}{S_{Hmin}} \cdot Z_{NT} \cdot Z_L \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot Z_W \cdot Z_X$$

Donde:

$F_t$ : Fuerza tangencial sobre el diente

$K_A$ : Factor de Servicio

$u$ : Relación de Transmisión

$b$ : Ancho del diente

$d_1$ : Diámetro primitivo del piñón

$Z_E$ : Factor de Elasticidad

$Z_H$ : Factor de Zona

$Z_\varepsilon$ : Factor de Engrane

$Z_\beta$ : Factor de Ángulo de hélice

$\sigma_{Hlim}$ : Esfuerzo de fatiga en el perfil del diente

$S_{Hmin}$ : Facto de seguridad para evitar picaduras

$Z_{NT}$ : Factor de duración por presión en el flanco

$Z_L$ : Factor de lubricación

$Z_R$ : Factor de rugosidad

$Z_V$ : Factor de velocidad

$Z_W$ : Factor de apareamiento de los materiales

$Z_X$ : Factor de tamaño

**Para el caso analizado:**

- $F_t$ : 100 N

- $K_A$ : 1,1 (Obtenido de Tabla 1)
- $u$ : 3
- $b$ : 10 mm
- $d_1$ : 80 mm
- $Z_E$ :  $110.36 \sqrt{N/mm^2}$
- $Z_E = \sqrt{0,35 \cdot \frac{E_1 \cdot E_2}{(E_1 + E_2)}}$   
 Donde:  $E_1 = E_2 = 69,6 \times 10^3 \text{ MPa}$   
 $Z_E = 110.36 \sqrt{N/mm^2}$
- $Z_H$ : 2,5 (Ver figura 2)
- $Z_\varepsilon$ : 1 (Ver figura 3)
- $Z_\beta$ : 1 (Ver figura 3)
- $\sigma_{Hlim}$ : 290 MPa (Aproximando el aluminio al St 42 por tener propiedades mecánicas similares). Ver en tabla 2.
- $Z_{NT}$ : 1,1 (Ver figura 4)
- $Z_L$ : 1 (Ver figura 5)
- $Z_R$ : 1 (Ver figura 6)
- $Z_V$ : 1 (Ver figura 8)
- $Z_W$ : 1,2 (Ver figura 7)

- $Z_x$ : 1 (Ver figura 9)

Reemplazando estos valores en la expresión planteada anteriormente se obtiene:

$$S_{Hmin} \leq 3$$

La norma indica que se puede tener como mínimo un factor de seguridad de 1,2. Se cumple con superar este factor de seguridad mínimo, el sistema no fallará.



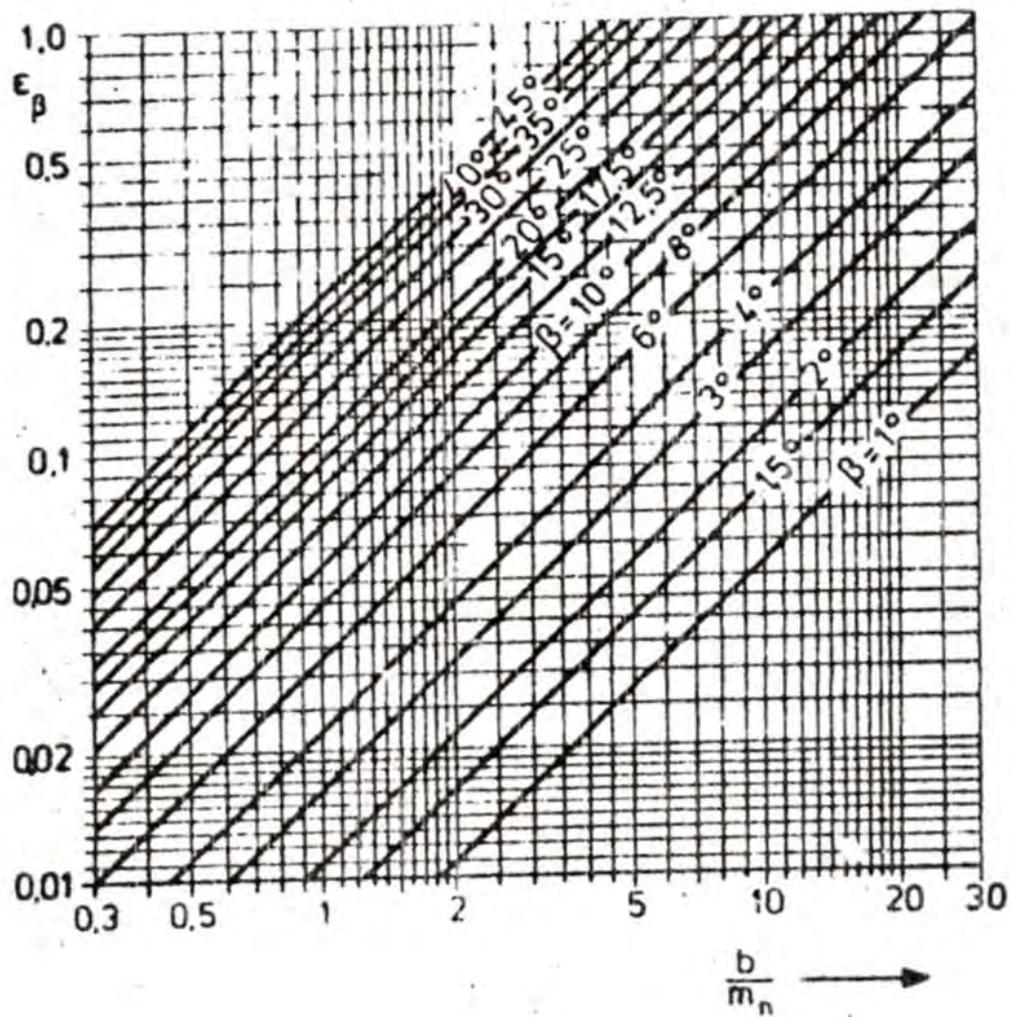


FIGURA N° 1  
 Coeficiente de engrane helicoidal

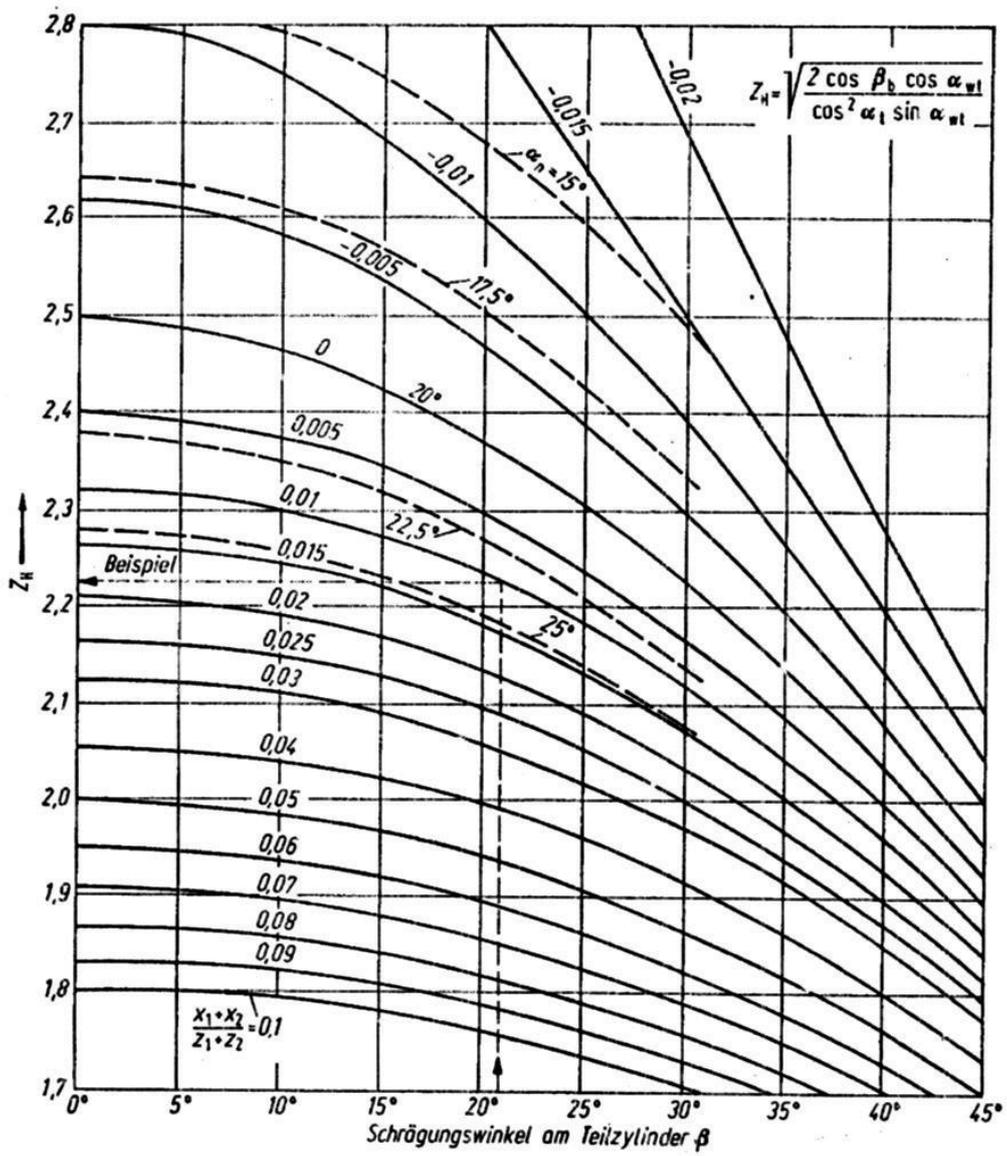


FIGURA N° 2  
Factor de Zona

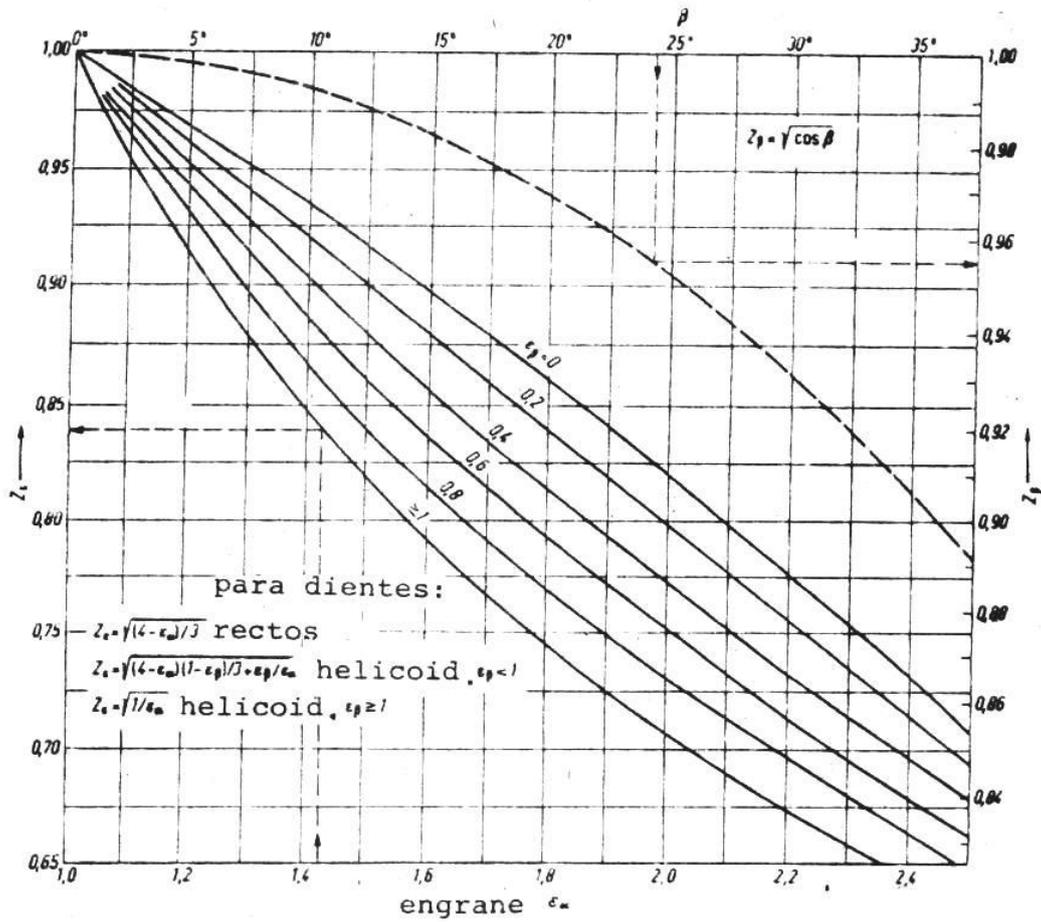


FIGURA N° 3

Factor de engrane

MCMXVII

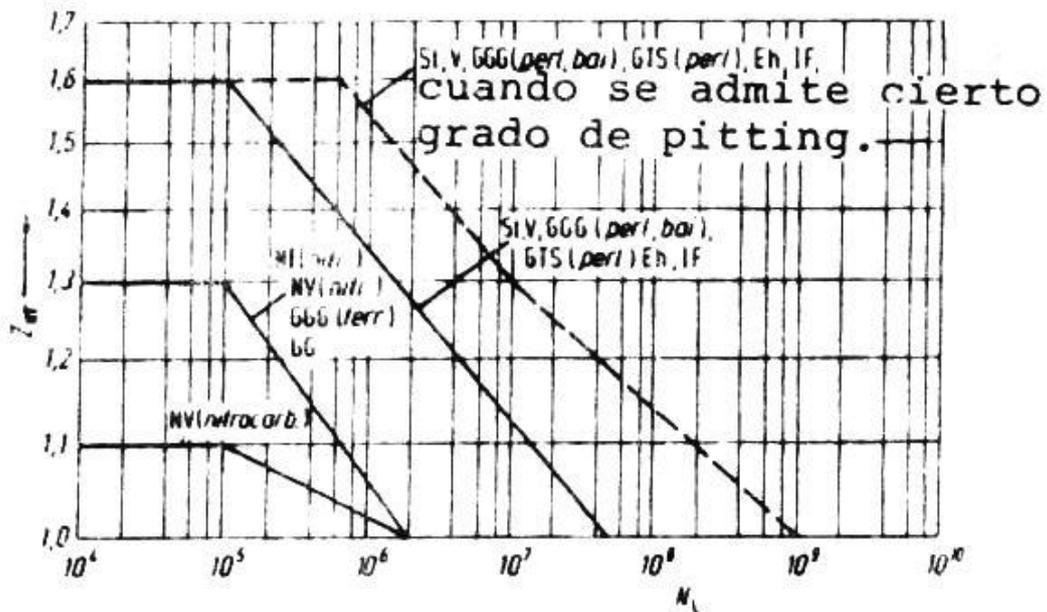


FIGURA N° 4

Factor de duración por presión en el flanco

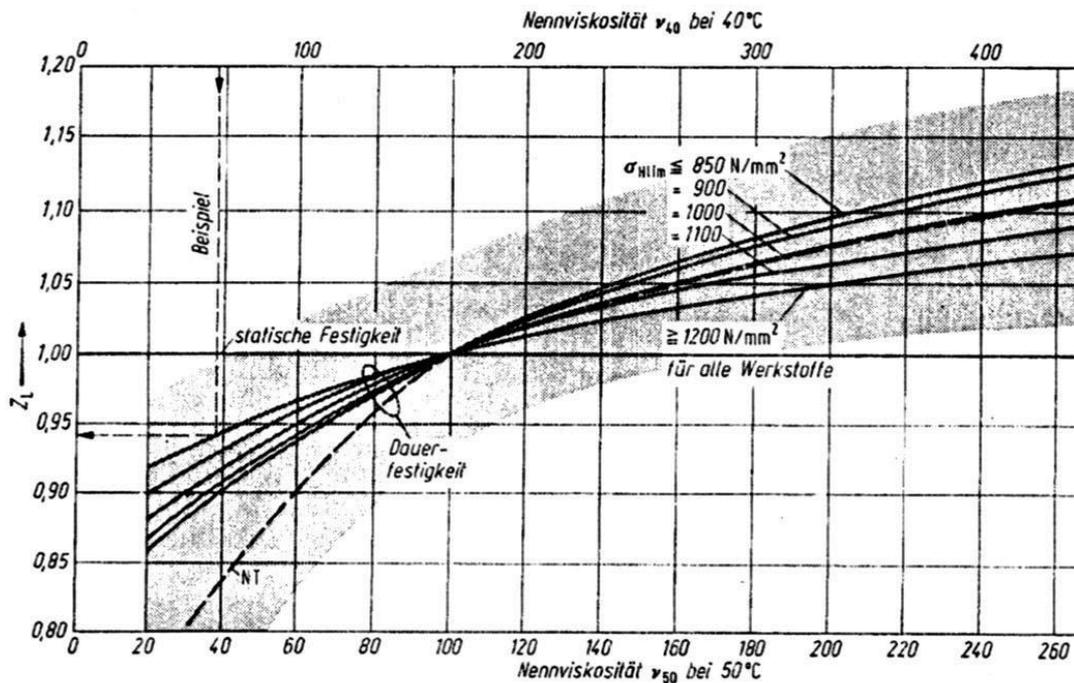


FIGURA N° 5

Factor de lubricación

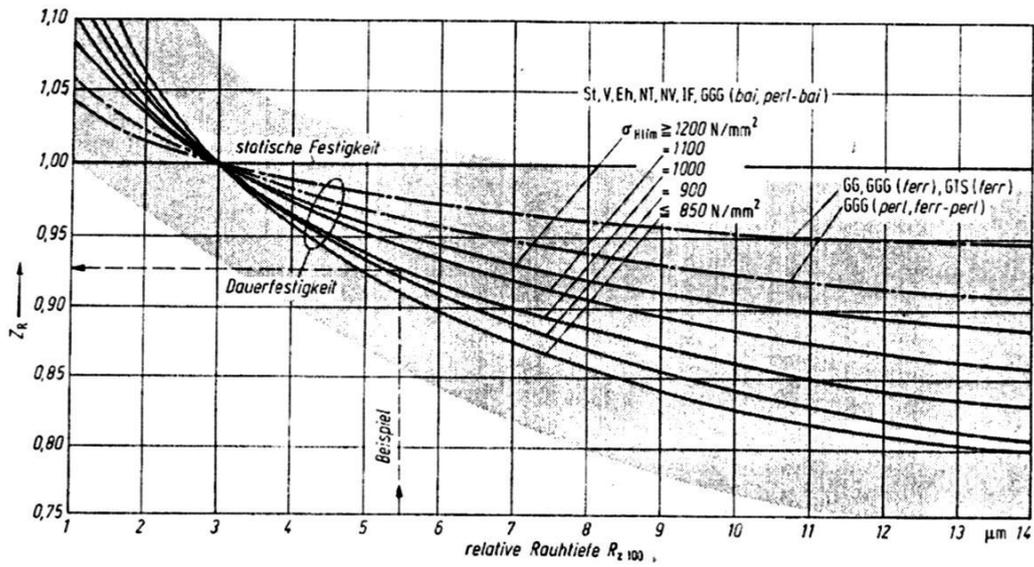
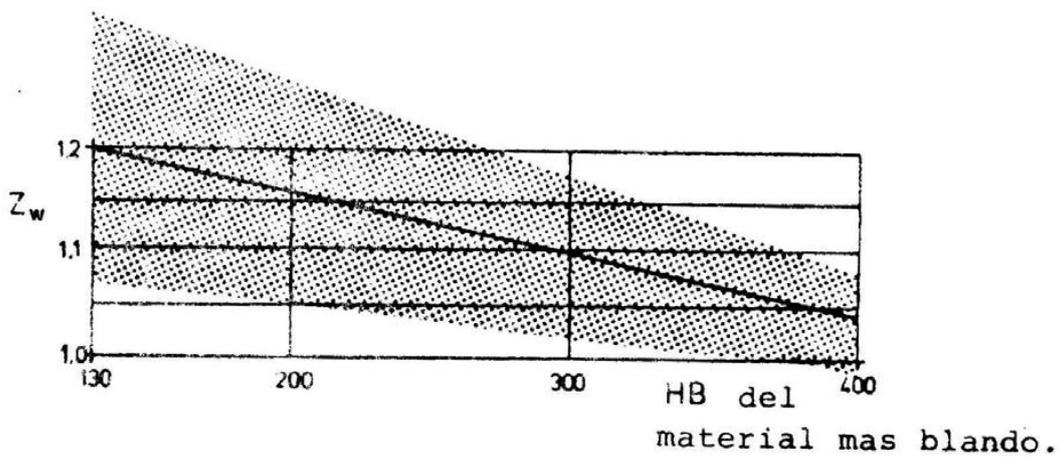


FIGURA Nº 6

Factor de rugosidad



$Z_W$ : factor de apareamiento de los materiales.

FIGURA Nº 7

Factor de apareamiento

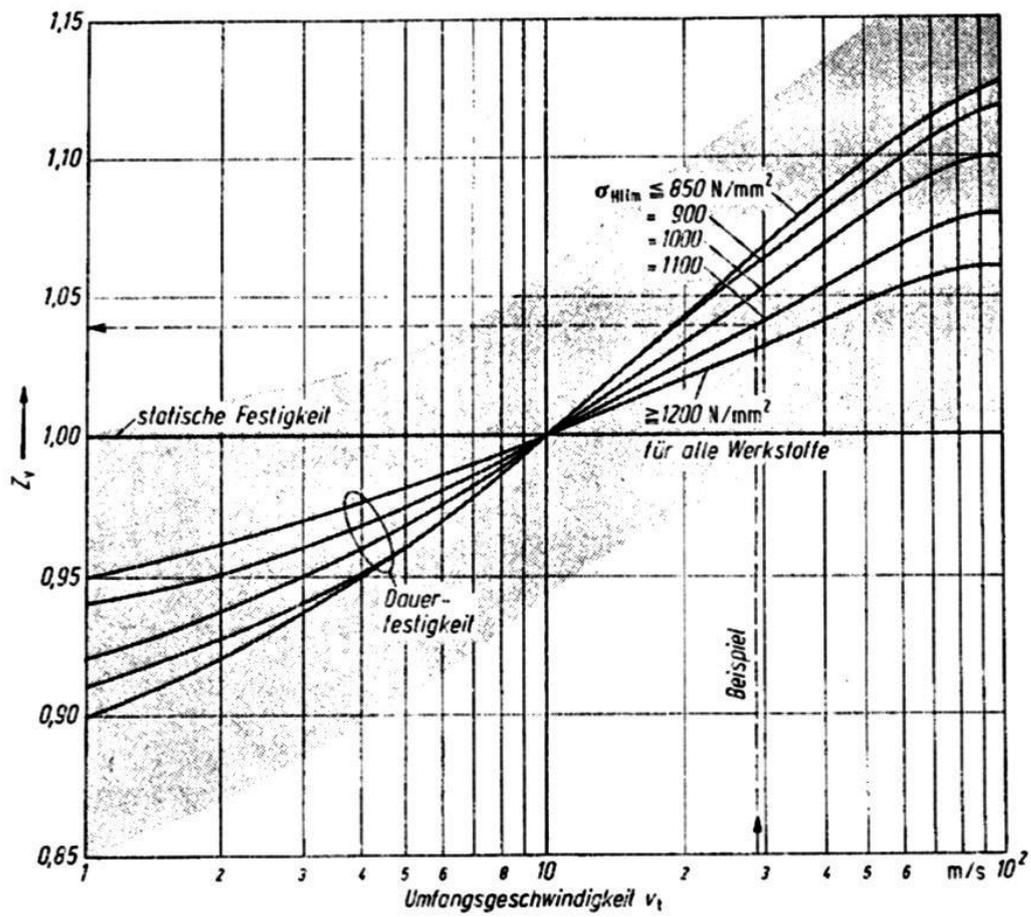


FIGURA N° 8  
Factor de velocidad

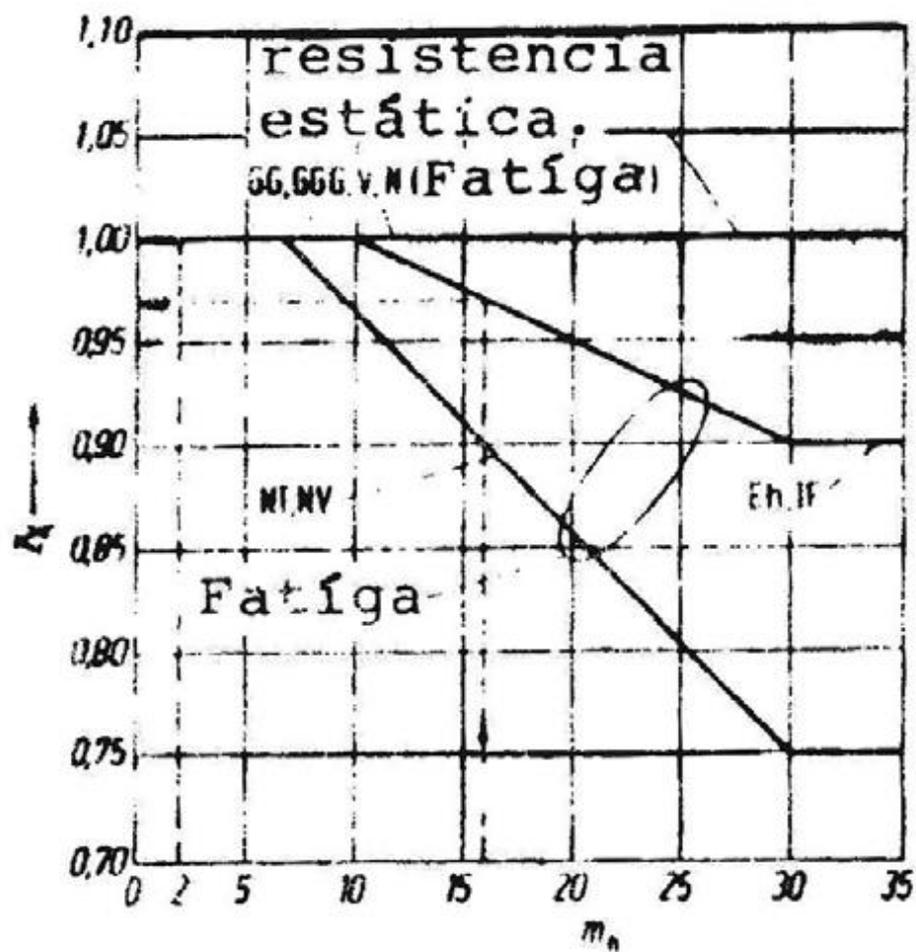


FIGURA N° 9  
Factor de tamaño

**Tabla 1:**

Máquinas Accionadas	Máquinas Motrices			
Ejemplos	Uniforme Ej. Motor eléctrico, turbina de vapor, turbina de gas.	Choque liviano. Ej. uniforme pero grandes Momentos de Arranques frecuentes	Choques moderados. Ej. Motor a combustión con varios cilindros.	Choques pesados. Ej. Motor a combustión 1 cilindro.
<b>Uniforme</b> Bombas centrífugas. Compresores centrífugos. Cintas transportadoras (Cargas ligeras). Ventiladores y bombas hasta 7,5 kW	1,00	1,10	1,25	1,50
<b>Choques moderados</b> Cizallas, prensas, transportadoras por cadenas y cintas transportadoras (cargas pesadas). Cribas vibratorias. Generadores. Mezcladoras amasadoras. Máquinas herramientas (tornos, rectificadoras). Lavadoras, Maquinaria de artes gráficas. Ventiladores y bombas de más de 7,5 kW	1,25	1,35	1,50	1,75
<b>Choques medios</b> Compresores de pistones. Transportadores inclinados, verticales y de impulsos, transportadores de placas articuladas, elevadores de cangilones y otros. Montacargas, prensas de ladrillos. Maquinaria textil. Máquinas para la fabricación de papel. Bombas de émbolo, bombas de dragas, sierras alternativas. Molinos de martillos.	1,50	1,60	1,75	2,00
<b>Choques fuertes</b> Molinos sometidos a grandes cargas (barras y bolas), Machacadoras (de mandíbulas, giratorias, de rodillos, etc). Calandras, Mezcladoras. Cabrestantes. Grúas. Dragas.	1,75	1,85	2,00	≥ 2,25

Ref.: Decker, *Maschinenelemente*, Edit. Hanser, Alemania, 2009.

Tabla 2:

Nº	Grupo de Material	Denominac. Según DIN	Estado Trata- miento	Rugo- sidad Media $R_m$ $\mu_m$	Dureza de la rueda		Resistencia a la Fatiga		Resist. Estát. en la raíz $10^3 \frac{N}{mm^2}$
					Nucleo $10^3 \frac{N}{mm^2}$	Flanco $10^2 \frac{N}{mm^2}$	Flanco $\sigma_{H \text{ lim}} 10^3 \frac{N}{mm^2}$	Raiz $\sigma_{F \text{ lim}} 10^3 \frac{N}{mm^2}$	
					HB	HB			
1	Fund.	GG 20	--	6	1.70	1.70	0.27	0.05	0.20
2	Lamelar	GG 26		6	2.10	2.10	0.31	0.06	0.26
3	DIN 1691	GG 35		6	2.30	2.30	0.36	0.08	0.35
4	Fund. Lobular DIN 1693	GGG 42	--	6 bis 7	1.70	1.70	0.36	0.20	0.80
5		GGG 60		6 bis 7	2.50	2.50	0.49	0.22	1.00
6		GGG 80		6 bis 7	2.75	2.75	0.56	0.23	1.20
7		GGG 100		6 bis 7	3.00	3.00	0.61	0.24	1.30
8	Fd. gris	GTS 35	--	6	1.40	1.40	0.36	0.19	0.80
9	DIN 1692	GTS 65		6 bis 7	2.35	2.35	0.49	0.23	1.00
10	Ac.Fdo.	GS 52	--	4 bis 5	1.50	1.50	0.34	0.15	0.47
11	DIN 1681	GS 60		4 bis 5	1.75	1.75	0.42	0.17	0.52
12	Acero de	St 42	--	6	1.25	1.25	0.29	0.17	0.45
13	Constr.	St 50		6	1.50	1.50	0.34	0.19	0.55
14	DIN	St 60		6	1.80	1.80	0.40	0.20	0.65
15	17100	St 70		6	2.08	2.08	0.46	0.22	0.80
					HV 10	HV 10			
16	Acero bonifica- do DIN 17200	Ck 22	Bonif.	3	1.40	1.40	0.44	0.17	0.60
17		Ck 45	Normal	3	1.85	1.85	0.59	0.20	0.80
18		Ck 60	Bonif.	3	2.10	2.10	0.62	0.22	0.90
19		34 Cr 4	Bonif.	3	2.60	2.60	0.65	0.26	0.90
20		37 Cr 4	Bonif.	3	2.60	2.60	0.65	0.27	0.95
21		42 Cr Mo 4	Bonif.	3	2.80	2.80	0.67	0.29	1.10
22	Ck 45	Bonif.	3	3.10	3.10	0.77	0.32	1.30	
23	Ac.bonif.	34 Cr Nr Mo6	Endur	3	2.20	5.60	1.10	0.27	1.00
24	DIN 17200	37 Cr 4	Bordes	3	2.70	6.10	1.28	0.31	1.15
25	end.induc	42 Cr Mo 4	y raíz	3	2.75	6.50	1.36	0.35	1.30
26	Ac.bonif.	Ck 45	Nitru B	3	2.20	4.00 *	1.10	0.35	1.10
27	DIN 17200	42 Cr Mo 4	Nitru B	3	2.75	5.00 *	1.22	0.43	1.45
28	nitruado	42 Cr Mo 4	Nitru C	3	2.75	5.00 *	1.22	0.43	1.45
29	Ac. de Nitru.	31 Cr Mo V9	Nitru C	3	3.20	7.00 *	1.40	0.50	1.50
30	Ac. de cement. DIN 17210	C 15	Cemen- tado	3	1.90	7.20 *	1.60	0.23	0.90
31		16 Mn Cr 5		3	2.70	7.20 *	1.63	0.46	1.40
32		20 Mn Cr 5		3	3.30	7.20 *	1.63	0.48	1.50
33		20 Mn Cr 4		3	2.70	7.20 *	1.63	0.40	1.30
34		15 Cr Ni 6		3	3.10	7.20 *	1.63	0.50	1.60
35		18 Cr Ni 8		3	4.00	7.40 *	1.63	0.50	1.70
36		17 Cr Ni Mo 6		3	4.00	7.40 *	1.63	0.50	1.70
	Sintético	Designac	Cond. de trabajo				--	--	--
37	Duroplast mat.ext.	Tej.duro grueso	Engran. Don ruedas rect y endur. Lub. Acei 60°C				0.11	0.05	--
38		Tej.duro fino	Veloc.tanq $v \leq 5$ m/s				0.13	0.06	--

## ANEXO 7

### GRÁFICAS USADAS EN CÁLCULOS DE FATIGA:

