

ANEXO A

Mood Boards

Referente: Montaña Rusa



{Punto de partida para la **exploración formal**, junto con la **Emoción**}

Tema Visual



{Qué **objetos** rodean al **usuario**}

Referente: Payaso



{Punto de partida para la **exploración formal**, junto con la **Emoción**}

Tema Visual



{Qué **objetos** rodean al **usuario**}

ANEXO B

Matriz Evaluación de Alternativas Procesos de Diseño 1 y 2

Tabla B1. Matriz Evaluación Alternativas Proceso de Diseño 1

MATRIZ EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PROCESO DE DISEÑO 1											
ASPECTOS	MEDIDA			PESO	ALTERNATIVAS						
					10		6		7		
					V	T	V	T	V	T	
Materiales 6%	Uso de nuevos materiales	0-30% /30-70%/ 70-100%		1%							
		0	3		5	5	0,05	5	0,05	5	0,05
	Facilidad de maquinado	Baja	Media	Alta	1%						
		0	3	5		3	0,03	5	0,05	0	0
Costos de materiales	Bajo	Media	Alta	2%							
	5	3	0		3	0,06	3	0,06	0	0	
Facilidad de consecución	importado		nacional	local	2%						
	0		3	5		5	0,1	3	0,06	3	0,06
Manufactura 7%	Costo viable	NO	SI		3%						
		0		5		5	0,15	5	0,15	5	0,15
	Viabilidad de producción	importado		nacional	local	2%					
	0		3	5	5		0,1	5	0,1	3	0,06
EL prototipo puede ser realizado en las instalaciones de la universidad	0-30%		/30-70%	/ 70-100%	2%						
	0		3	5		5	0,1	5	0,1	5	0,1
Retos 12%	Aplicación de nuevos conocimientos	No aplica	Pocos	Muchos	3%						
		0		3		5	5	0,15	3	0,09	5
	Aplicación de conocimientos adquiridos	No aplica	Pocos	Muchos	3%						
		0		3		5	5	0,15	5	0,15	5
Fácil consecución de tema	NO	SI		3%							
	0		5		5	0,15	5	0,15	5	0,15	
Idea viable en el tiempo académico estipulado	NO (>1 año)		SI (= 1 año)		3%						
	0			5		5	0,15	5	0,15	5	0,15

Ergonomía 8%	Demanda conocimiento del producto para la adecuada operación por parte del usuario	Bajo Medio Alto								
		5 3 0	2%	5	0,1	5	0,1	3	0,06	
	Adecuación/ acoplamiento al espacio del usuario	NO SI								
	0 5	2%	5	0,1	5	0,1	0	0		
	Se ajusta a medidas antropométricas	NO SI								
	0 5	4%	5	0,2	5	0,2	5	0,2		

Seguridad 8%	Evita riesgos durante el uso y mantenimiento	Nulo Parcial Total							
		0 3 5	2%	5	0,1	5	0,1	3	0,06
	Tiene señales de seguridad	NO SI							
		0 5	1%	5	0,05	0	0	0	0
	Asegura bienestar a largo plazo	NO SI							
	0 5	2%	5	0,1	5	0,1	5	0,1	
	% de riesgo en la utilización por parte del paciente y quien lo acompaña	0-30% /30-70%/ 70-100%							
	5 3 0	1%	5	0,05	5	0,05	3	0,03	
	Grado de estabilidad que brinda al usuario	Bajo Medio Alto							
	0 3 5	2%	5	0,1	5	0,1	3	0,06	

Innovación 8%	El producto existe en el mercado nacional	NO SI							
		5 0	2%	5	0,1	5	0,1	5	0,1
	Sustituye productos importados	NO SI							
		0 5	2%	5	0,1	5	0,1	5	0,1
	Utilización de nuevos procesos de manufactura	Nulo Parcial Total							
	5 3 0	2%	5	0,1	3	0,06	3	0,06	
	Número de diferenciadores	1 2 3							
	0 3 5	2%	3	0,06	3	0,06	3	0,06	

Funcionalidad 10%	Es esterilizable	NO SI							
		0 5	2%	5	0,1	5	0,1	5	0,1
	Se ajusta a dimensiones del usuario	Nulo Parcial Total							
		0 3 5	3%	5	0,15	5	0,15	5	0,15
	Sencillo de manipular	NO SI MEDIO							
	0 5 3	3%	5	0,15	5	0,15	3	0,09	
	Mejora la disfunción a la incapacidad	Nulo Parcial Total							
	0 3 5	2%	5	0,1	5	0,1	5	0,1	

Mercado 6%	Satisface una necesidad latente de un mercado específico	Nulo Parcial Total 0 3 5	2%	5	0,1	5	0,1	5	0,1
	Producto genera un grado de interés en usuario	Bajo Medio Alto 0 3 5	1%	5	0,05	5	0,05	5	0,05
	La demanda del mercado para esta categoría de productos es rentable	NO SI 0 5	1%	5	0,05	5	0,05	5	0,05
	% de usuarios directos del producto	0-30% /30-70%/ 70-100% 0 3 5	1%	0	0	0	0	0	0
	Número de beneficiarios (mercado primario)	0-30% /30-70%/ 70-100% 0 3 5	1%	3	0,03	3	0,03	3	0,03

Mantenimiento 6%	Posee partes intercambiables (comerciales)	0-30% /30-70%/ 70-100% 0 3 5	3%	0	0	0	0	0	0
	Fácil ensamblaje/desensamblaje con herramientas existentes	Nulo Parcial Total 0 3 5	3%	3	0,09	3	0,09	3	0,09

Costos 5%	Rango adecuado para usuario/competencia	Bajo Medio Alto 0 3 5	5%	3	0,15	3	0,15	5	0,25
------------------	-----------------------------------------	----------------------------------------------	----	---	------	---	------	---	------

Aspectos estéticos 8%	Colores acordes al sector	NO SI 0 5	2%	5	0,1	5	0,1	5	0,1
	Lenguaje formal que indica su uso	no evidente confuso evidente 0 3 5	3%	5	0,15	3	0,09	3	0,09
	Lenguaje del producto indica el sector al que pertenece	no evidente confuso evidente 0 3 5	3%	5	0,15	5	0,15	3	0,09

Calidad 8%	Satisface las necesidades del usuario	NO SI 0 5	3%	5	0,15	5	0,15	5	0,15
	Buenos acabados	NO SI 0 5	3%	5	0,15	5	0,15	5	0,15

Tamaño/ peso 8%	La prótesis es liviana en su totalidad de ensambles (800-1000Kg)	NO	SI							
		0	5	8%	5	0,4	5	0,4	5	0,4
TOTAL						4,42		4,19		3,84

Siendo 6: Alternativa 6
7: Alternativa 7
10: Alternativa 10 (Ver Figura. Alternativas de Diseño Preliminar
V: Valor
T: Total
Alternativa Seleccionada

Tabla B2. Matriz Selección Alternativas Proceso de Diseño 2

MATRIZ EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PROCESO DE DISEÑO 2

ASPECTOS	MEDIDA	PESO	ALTERNATIVAS						
			5		2		3		
			V	T	V	T	V	T	
Materiales 6%	Uso de nuevos materiales	0-30% /30-70%/ 70-100%							
		0 3 5	1%	5	0,05	5	0,05	5	0,05
	Facilidad de maquinado	Baja Media Alta							
		0 3 5	1%	5	0,05	3	0,03	3	0,03
	Costos de materiales	Bajo Media Alta							
		5 3 0	2%	3	0,06	3	0,06	3	0,06
	Facilidad de consecución	importado nacional local							
		0 3 5	2%	5	0,1	5	0,1	5	0,1

Manufactura 7%	Costo viable	NO SI							
		0 5	3%	5	0,15	5	0,15	3	0,09
	Viabilidad de producción	importado nacional local							
		0 3 5	2%	5	0,1	5	0,1	5	0,1
	EL prototipo puede ser realizado en las instalaciones de la universidad	0-30% /30-70%/ 70-100%							
		0 3 5	2%	5	0,1	5	0,1	3	0,06

Retos 12%	Aplicación de nuevos conocimientos	No aplica Pocos Muchos	0 3 5 3%	3 0,09	3 0,09	3 0,09
	Aplicación de conocimientos adquiridos	No aplica Pocos Muchos	0 3 5 3%	3 0,09	3 0,09	3 0,09
	Fácil consecución de tema	NO SI	0 5 3%	5 0,15	5 0,15	5 0,15
	Idea viable en el tiempo académico estipulado	NO (>1 año) SI (= 1 año)	0 5 3%	5 0,15	5 0,15	5 0,15

Ergonomía 8%	Demanda conocimiento del producto para la adecuada operación por parte del usuario.	Bajo Medio Alto	5 3 0 2%	3 0,06	3 0,06	3 0,06
	Adecuación/acoplamiento al espacio del usuario	NO SI	0 5 2%	5 0,1	5 0,1	5 0,1
	Se ajusta a medidas antropométricas	NO SI	0 5 4%	5 0,2	5 0,2	5 0,2

Seguridad 8%	Evita riesgos durante el uso y mantenimiento	Nulo Parcial Total	0 3 5 2%	5 0,1	5 0,1	5 0,1
	Tiene señales de seguridad	NO SI	0 5 1%	0 0	0 0	0 0
	Asegura bienestar a largo plazo	NO SI	0 5 2%	5 0,1	5 0,1	5 0,1
	% de riesgo en la utilización por parte del paciente y quien lo acompaña	0-30% /30-70%/ 70-100%	5 3 0 1%	3 0,03	3 0,03	3 0,03
	Grado de estabilidad que brinda al usuario	Bajo Medio Alto	0 3 5 2%	5 0,1	5 0,1	3 0,06

Innovación 8%	El producto existe en el mercado nacional	NO SI									
		5 0	2%	5	0,1	5	0,1	5	0,1		
	Sustituye productos importados	NO SI									
		0 5	2%	5	0,1	5	0,1	5	0,1		
Utilización de nuevos procesos de manufactura	Nulo Parcial Total										
	5 3 0	2%	3	0,06	3	0,06	3	0,06			
Número de diferenciadores	1 2 3										
	0 3 5	2%	3	0,06	3	0,06	3	0,06			

Funcionalidad 10%	Es esterilizable	NO SI								
		0 5	2%	5	0,1	3	0,06	5	0,1	
	Se ajusta a dimensiones del usuario	Nulo Parcial Total								
		0 3 5	3%	5	0,15	5	0,15	5	0,15	
Sencillo de manipular	NO SI MEDIO									
	0 5 3	3%	5	0,15	3	0,09	5	0,15		
Mejora la disfunción a la incapacidad	Nulo Parcial Total									
	0 3 5	2%	5	0,1	5	0,1	5	0,1		

Mercado 6%	Satisface una necesidad latente de un mercado específico	Nulo Parcial Total								
		0 3 5	2%	5	0,1	5	0,1	5	0,1	
	Pdcto genera un grado de interés en usuario	Bajo Medio Alto								
		0 3 5	1%	3	0,03	3	0,03	3	0,03	
	La demanda del mercado para esta categoría de productos es rentable	NO SI								
	0 5	1%	3	0,03	3	0,03	3	0,03		
% de usuarios directos del producto	0-30% /30-70%/ 70-100%									
	0 3 5	1%	0	0	0	0	0	0		
Número de beneficiarios (mercado primario)	0-30% /30-70%/ 70-100%									
	0 3 5	1%	3	0,03	3	0,03	0	3	0,03	

Mantenimiento 6%	Posee partes intercambiables (comerciales)	0-30% /30-70%/ 70-100%								
		0 3 5 3%	3	0,09	5	0,15	3	0,09		
	Fácil ensamble/desensamble con herramientas existentes	Nulo Parcial Total								
		0 3 5 3%	5	0,15	3	0,09	3	0,09		

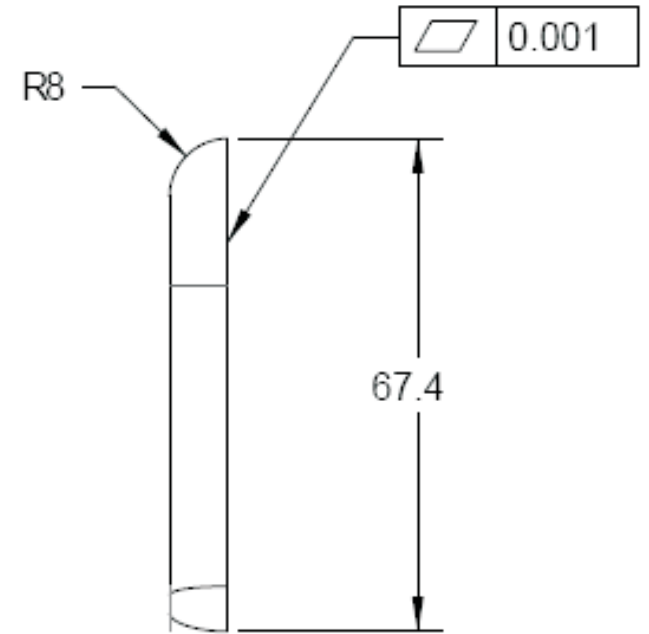
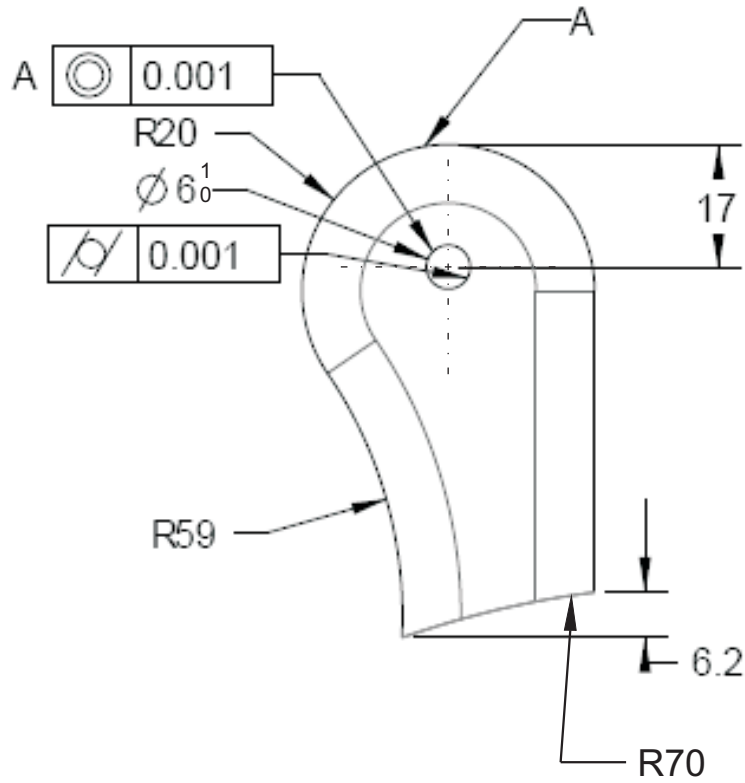
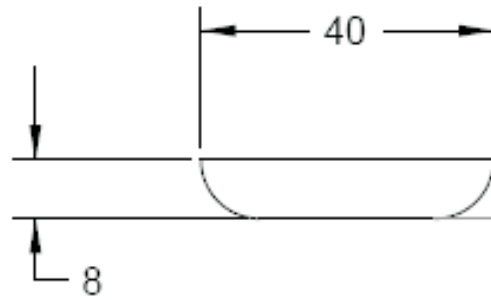
Costos 5%	Rango adecuado para usuario-competencia	Bajo Medio Alto								
		0 3 5 5%	5	0,25	3	0,15	3	0,15		

Aspectos estéticos 8%	Colores acordes al sector	NO SI								
		0 5 2%	3	0,06	3	0,06	3	0,06		
	Lenguaje formal que indica su uso	no evidente confuso evidente								
		0 3 5 3%	5	0,15	3	0,09	3	0,09		
	Lenguaje del pdcto indica el sector al que pertenece	no evidente confuso evidente								
		0 3 5 3%	5	0,15	5	0,15	5	0,15		

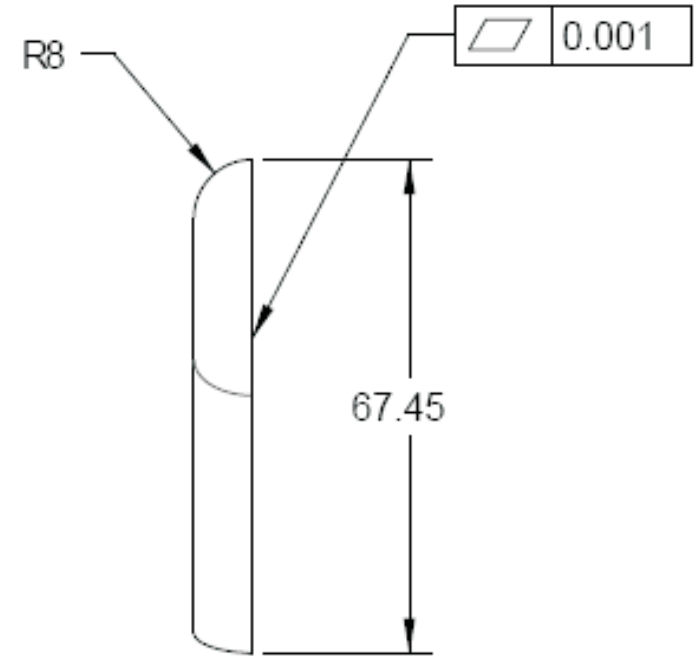
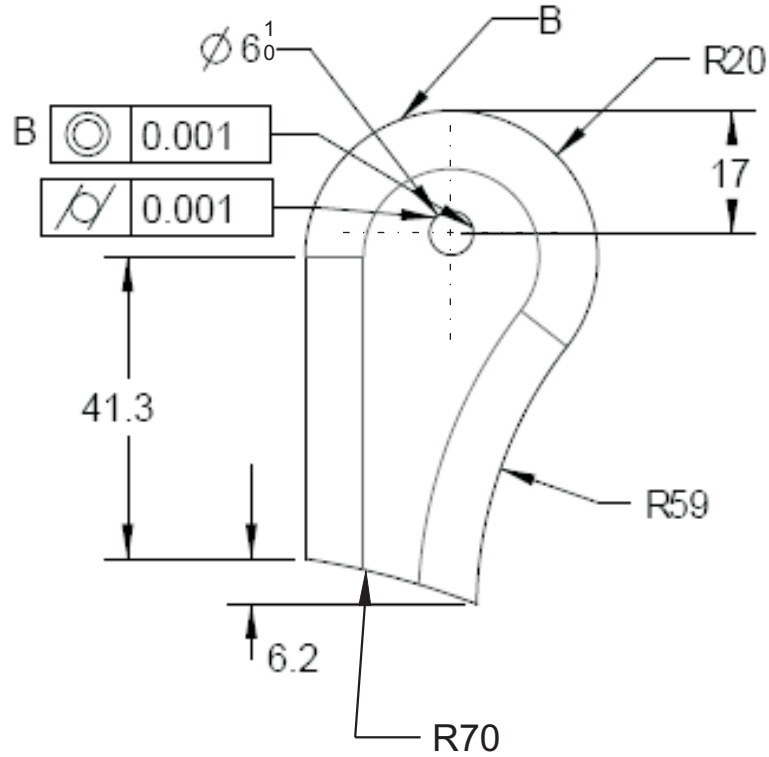
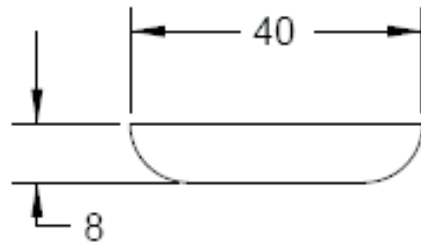
Calidad 8%	Satisface las necesidades del usuario	NO SI								
		0 5 3%	5	0,15	5	0,15	5	0,15		
	Buenos acabados	NO SI								
		0 5 3%	5	0,15	5	0,15	5	0,15		

Tamaño/peso 8%	La prótesis es liviana en su totalidad de ensambles (800-1000Kg)	NO SI								
		0 5 8%	5	0,4	5	0,4	5	0,4		
TOTAL				4,34		4,06		3,96		

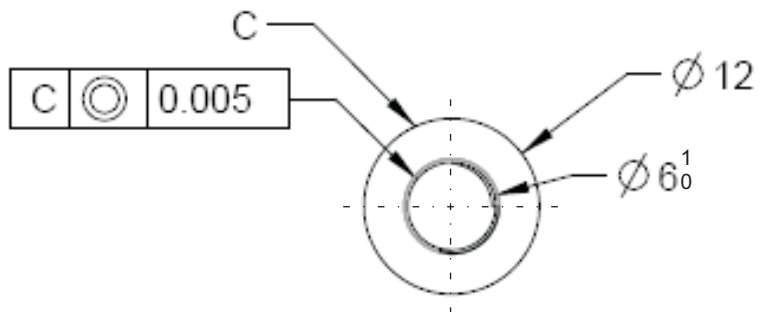
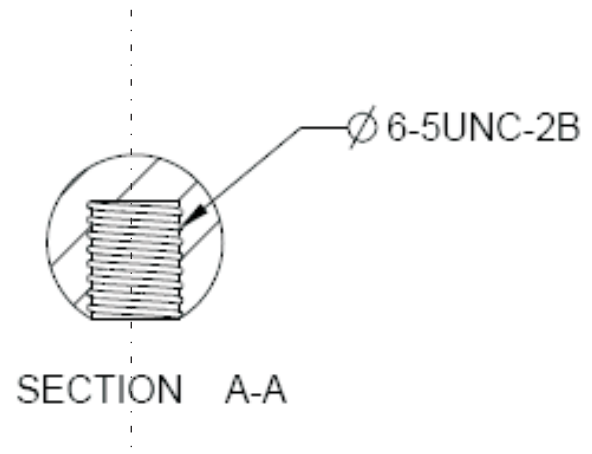
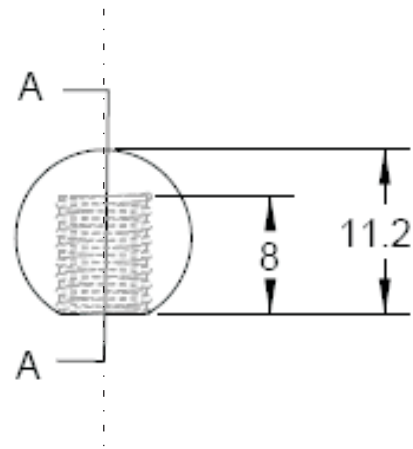
Siendo 2: Alternativa 2
3: Alternativa 3
5: Alternativa 5 (Ver Figura. Alternativas de Diseño Preliminar
V: Valor
T: Total
Alternativa Seleccionada



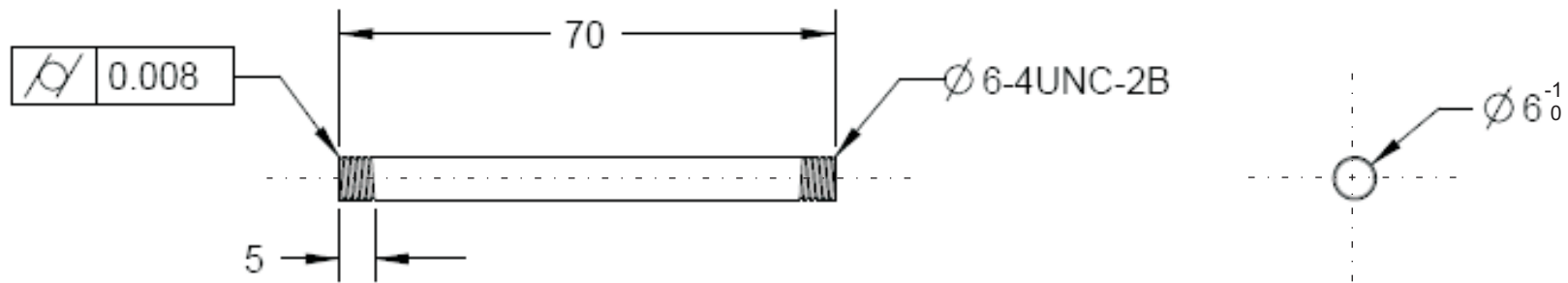
PROYECTO	Diseño Prótesis Transtibial Infantil		
EQUIPO	Prótesis Transtibial Infantil		
PIEZA	REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA
Soporte 1			
ESCALA	UNIDADES	FORMATO	
1:1	MM	A4	
SISTEMA	FECHA	PLANO	
	2009	1/17	
DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil APROBÓ Santiago Correa <small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>			



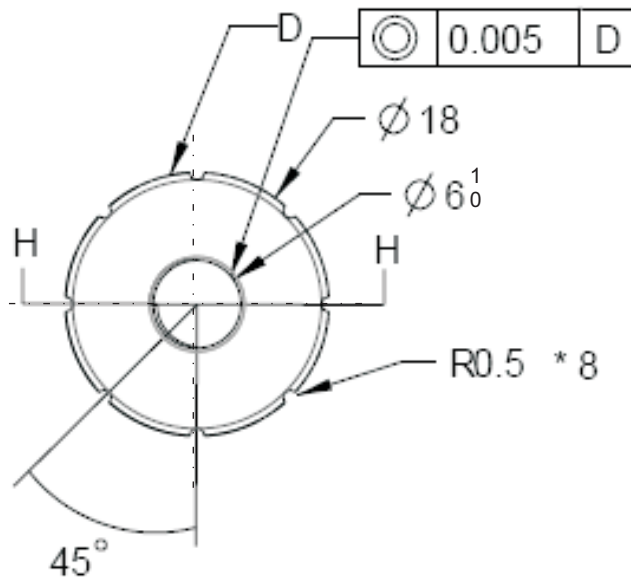
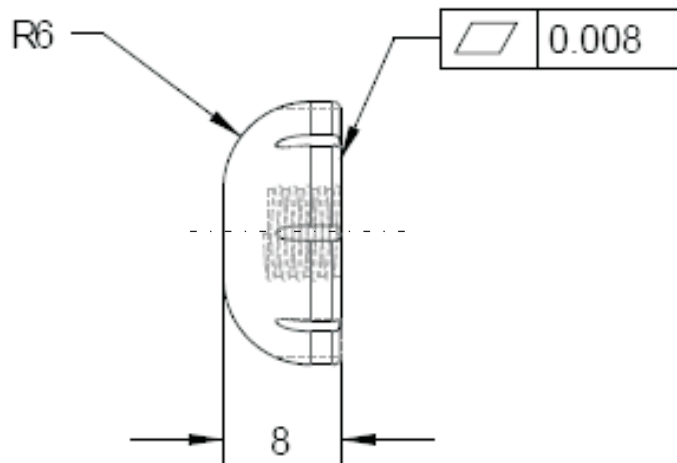
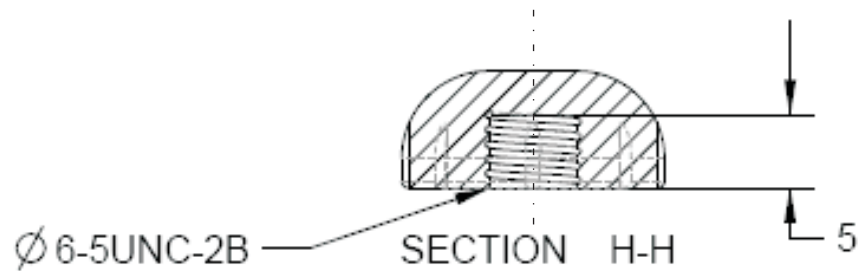
PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Soporte 2			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	UNIDADES	FORMATO	DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
1:1	MM	A4	APROBÓ Santiago Correa			
SISTEMA	FECHA	PLANO	La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
	2009	2/17				



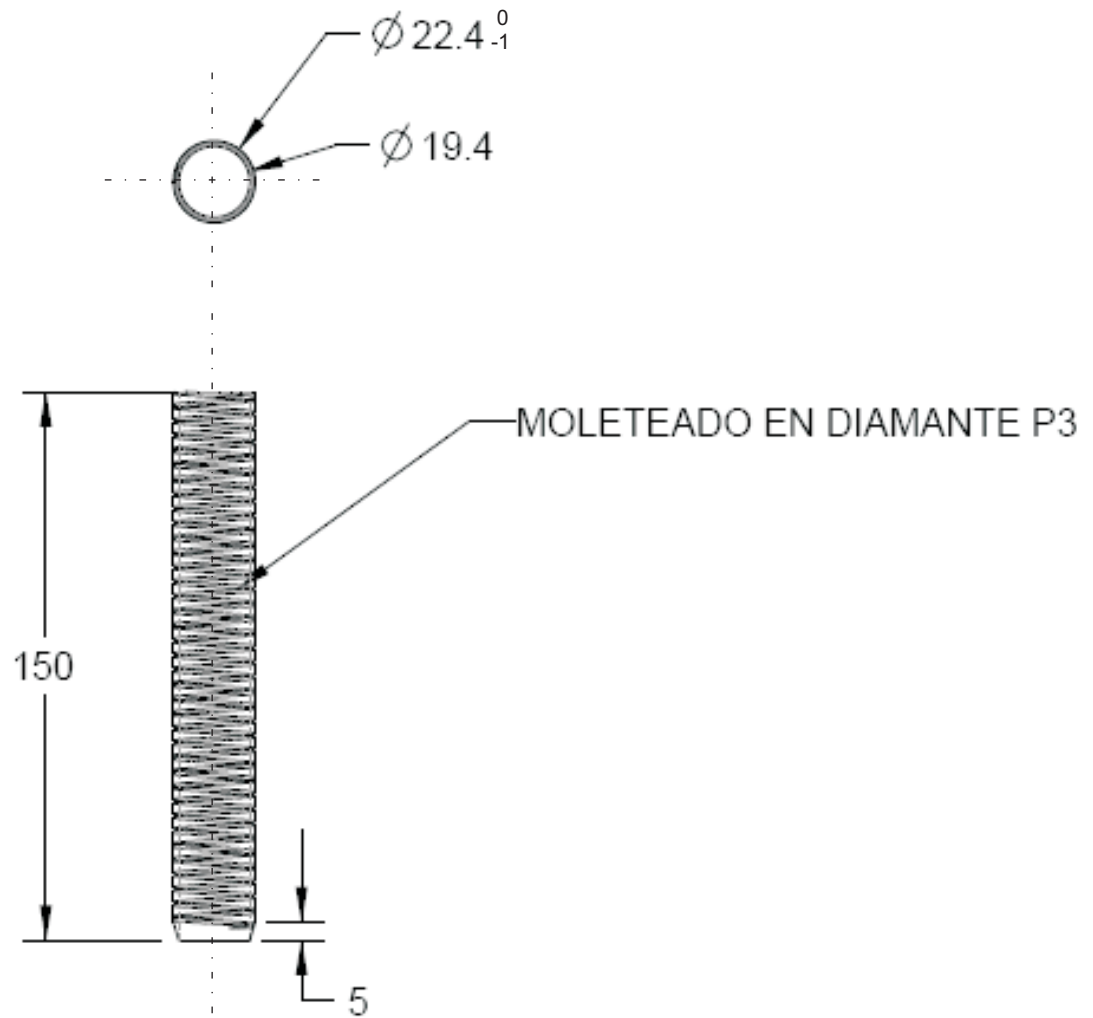
PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Tuerca Tope			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	2:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
			DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
			APROBÓ Santiago Correa			
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	3/17	
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						




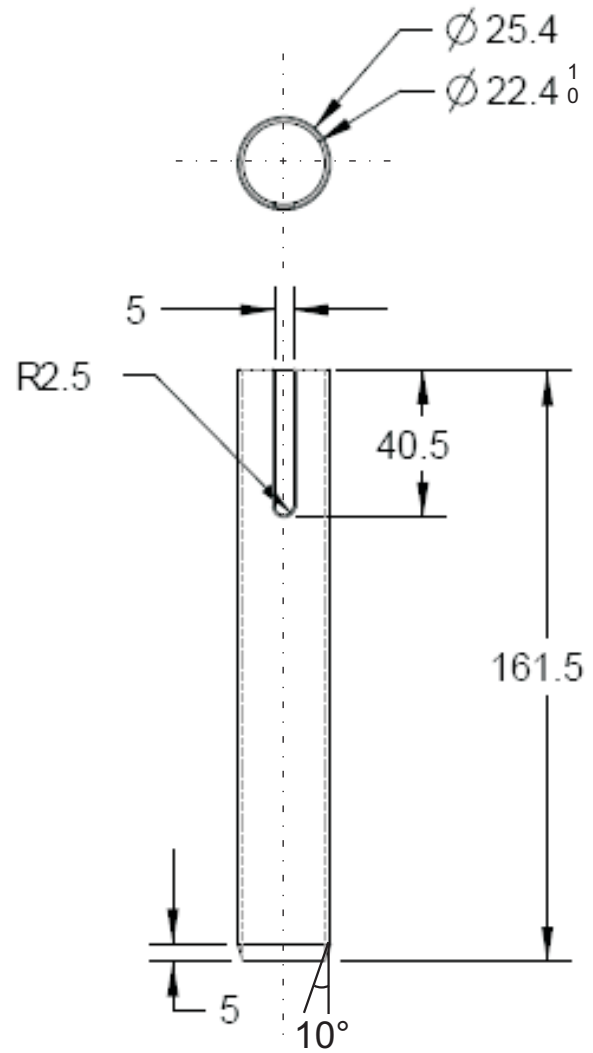
PROYECTO			_____	_____	_____
Diseño Prótesis Transtibial Infantil			_____	_____	_____
EQUIPO			_____	_____	_____
Prótesis Transtibial Infantil			_____	_____	_____
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA
Eje			DIBUJÓ	Equipo Prótesis Transtibial Infantil	FECHA
ESCALA	1:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4
DISEÑO			Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
APROBÓ			Santiago Correa		
SISTEMA	FECHA	2009	PLANO	4/17	La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil



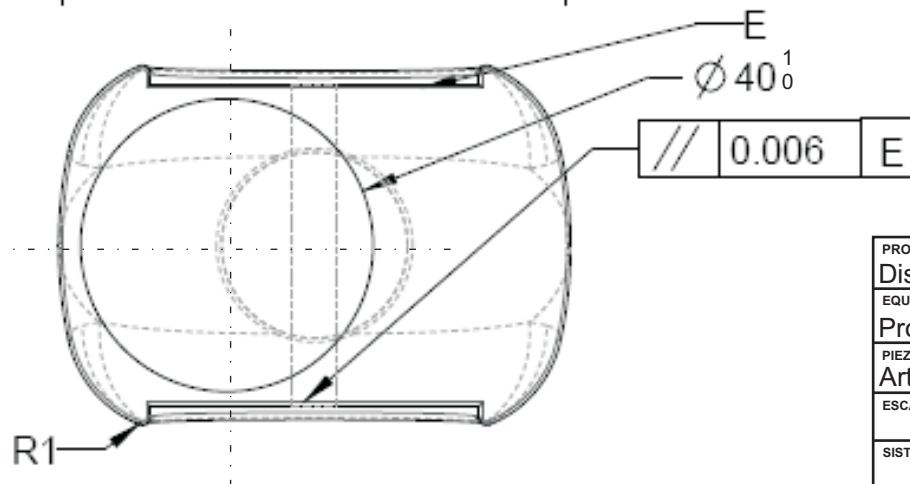
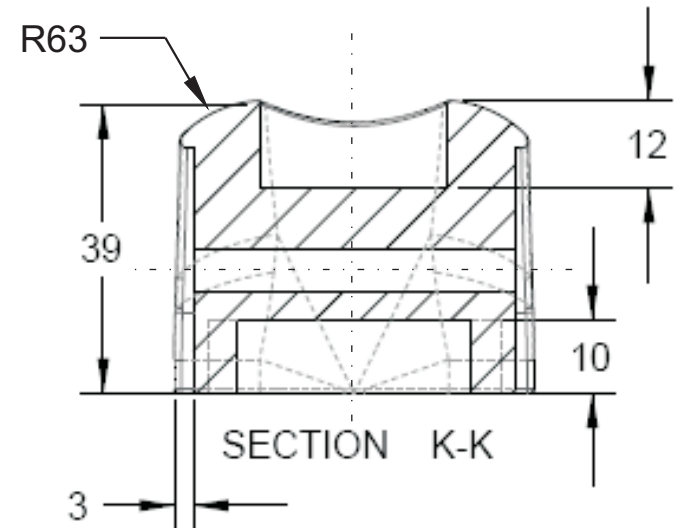
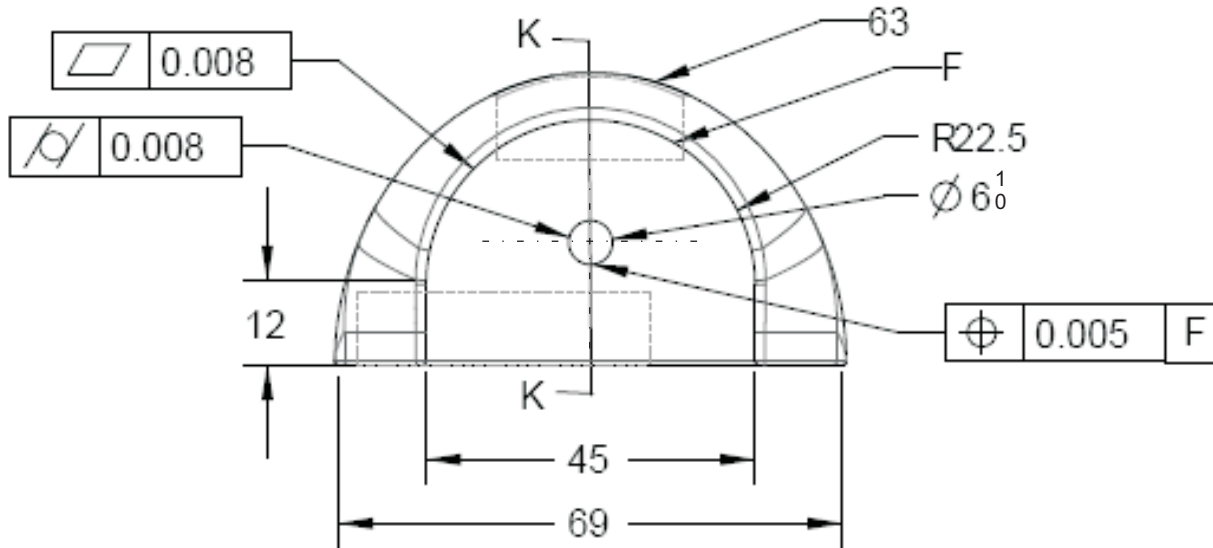
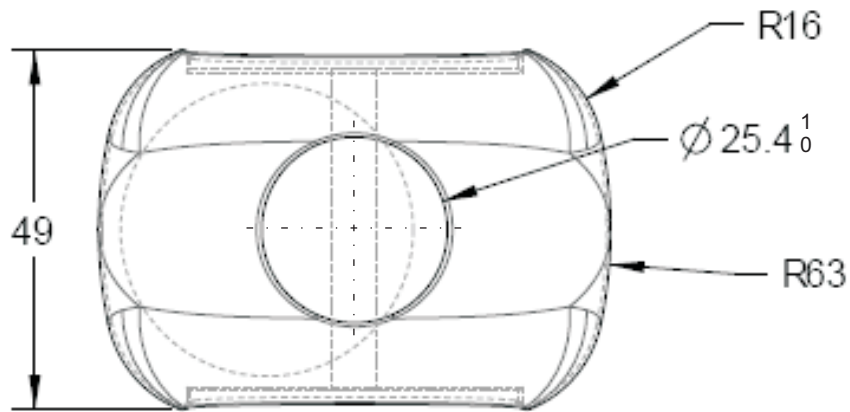
PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Cubierta			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	2:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
			DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
			APROBÓ Santiago Correa			
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	5/17	
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						



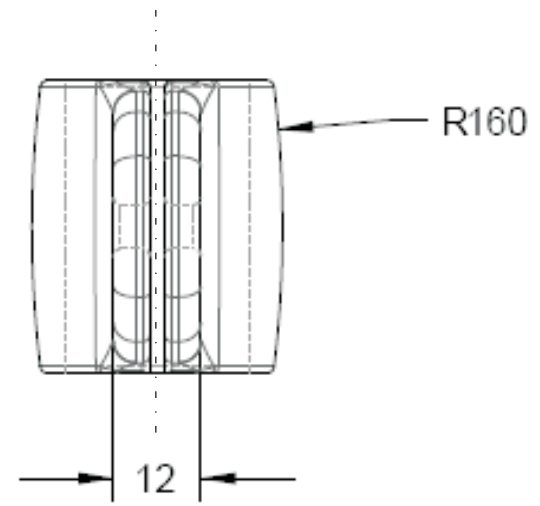
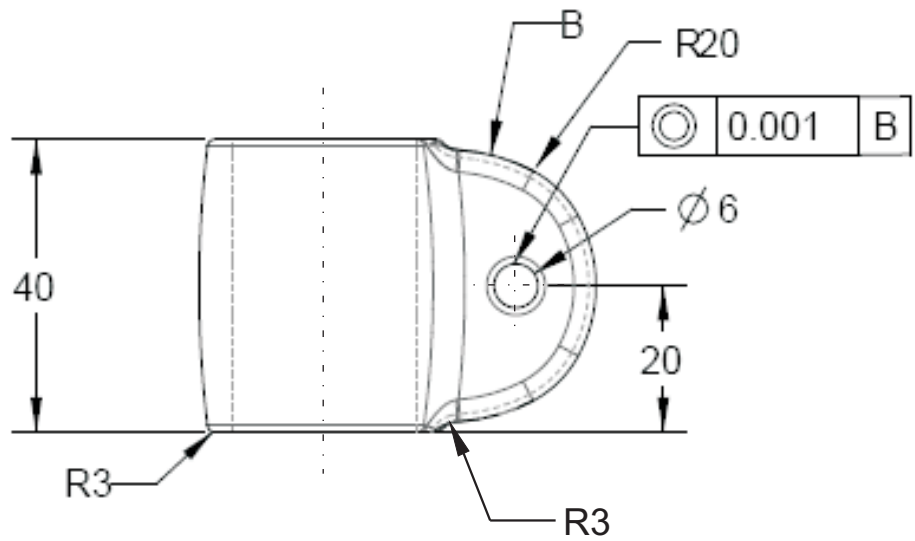
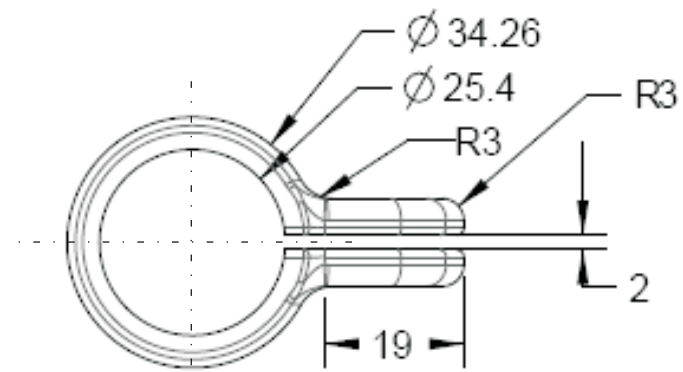
PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Caña Graduable			DIBUJÓ	Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
ESCALA	UNIDADES	FORMATO	DISEÑO			
1:2	MM	A4	Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
SISTEMA			APROBÓ			
			FECHA	2009	PLANO	6/17
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						



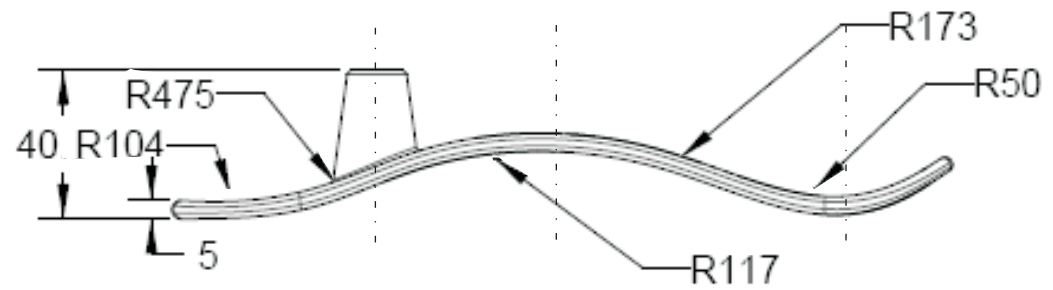
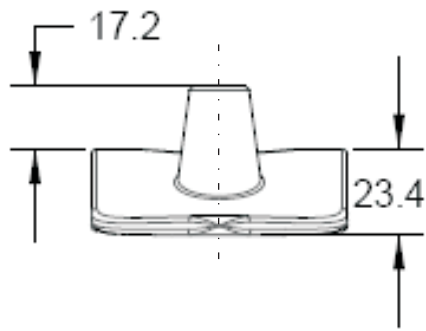
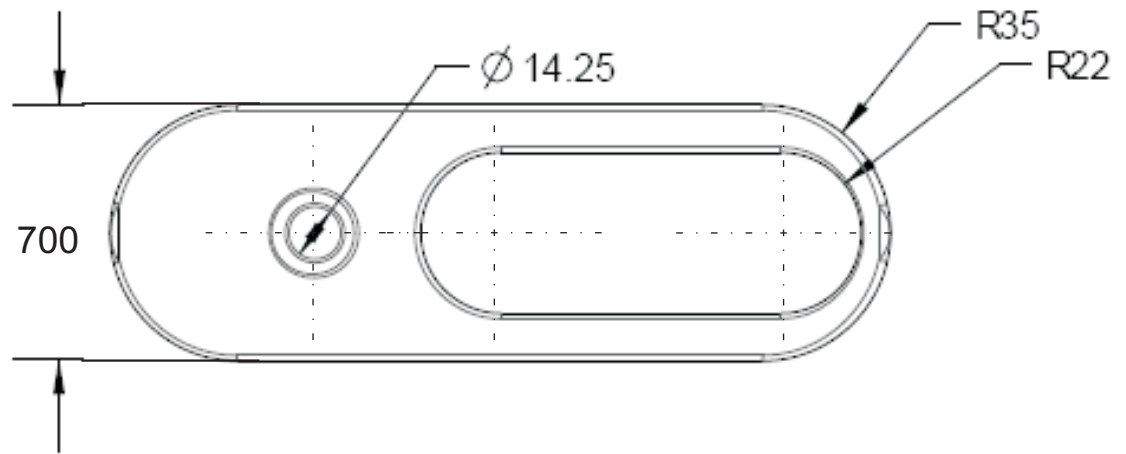
PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Caña Fija			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	1:2	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
			DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
			APROBÓ Santiago Correa			
SISTEMA	FECHA	2009	PLANO	7/17		
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						



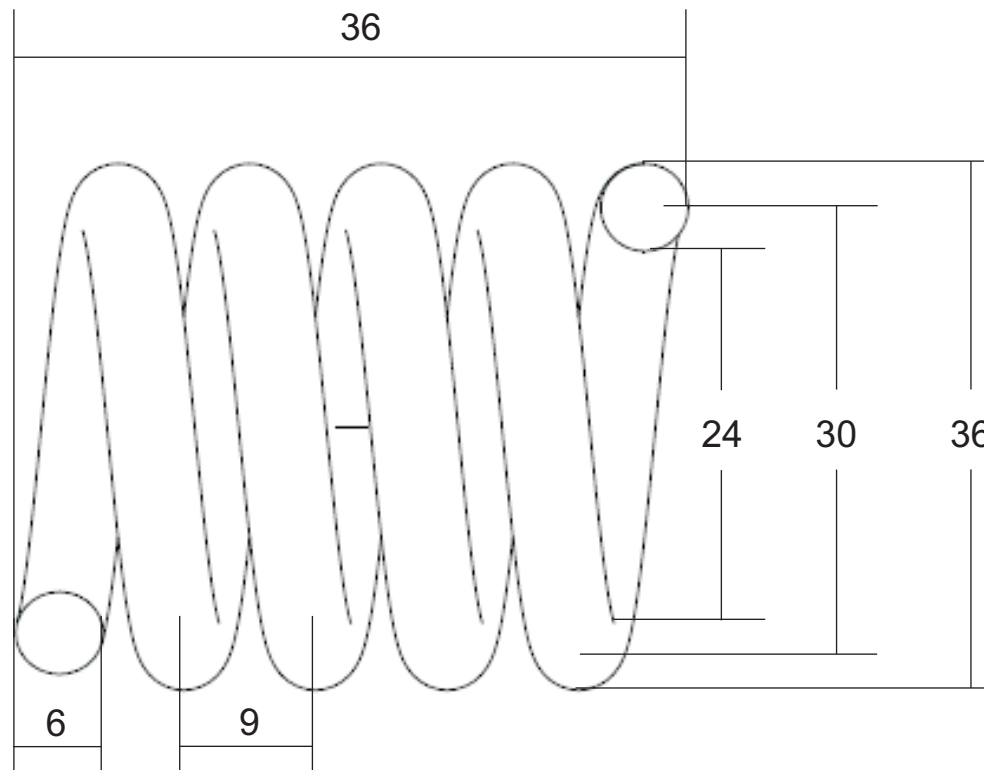
PROYECTO							
Diseño Prótesis Transtibial Infantil							
EQUIPO							
Prótesis Transtibial Infantil							
PIEZA				REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Articulación				DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	1:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4		
				DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
				APROBÓ Santiago Correa			
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	8/17		
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>							



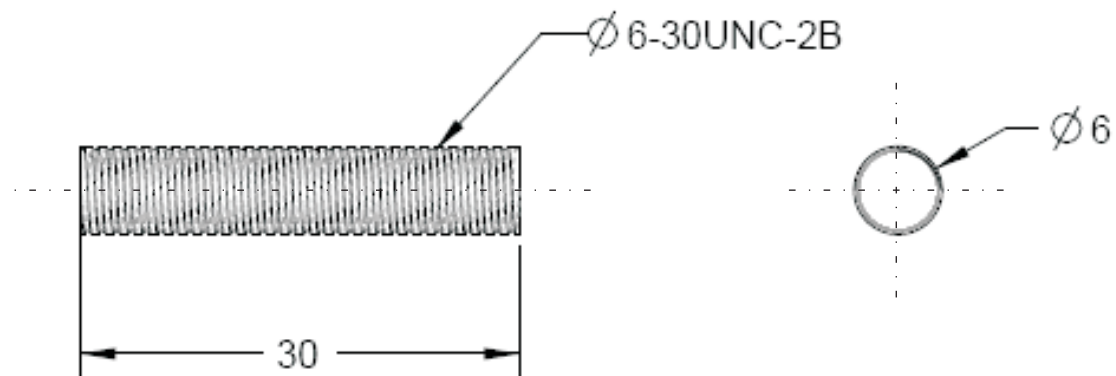
PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Abrazadera			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	1:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
SISTEMA			FECHA	2009	PLANO	9/17
			La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil			



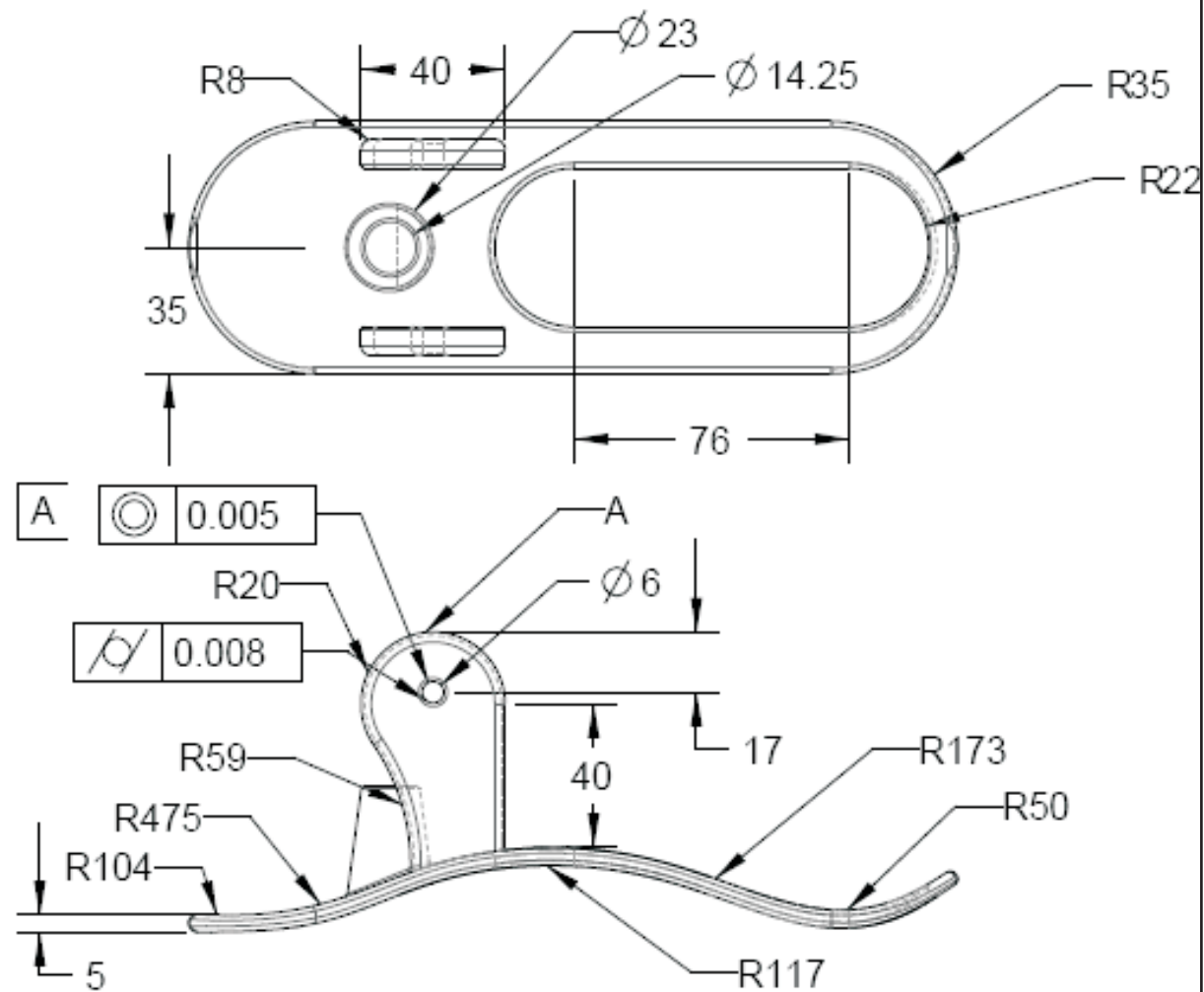
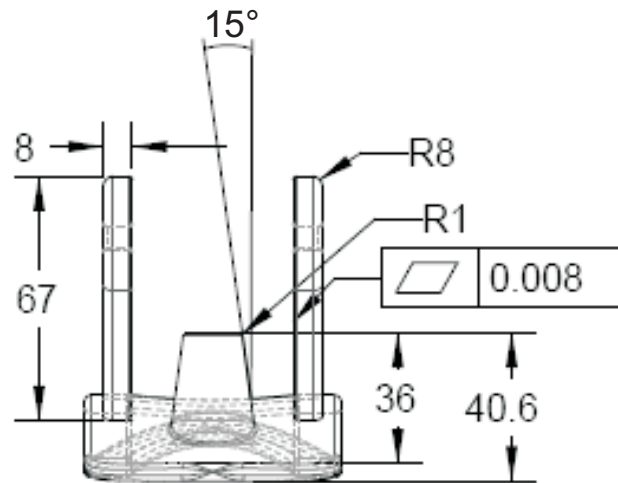
PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Pie			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	1:2	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
			DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
			APROBÓ Santiago Correa			
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	10/17	
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						



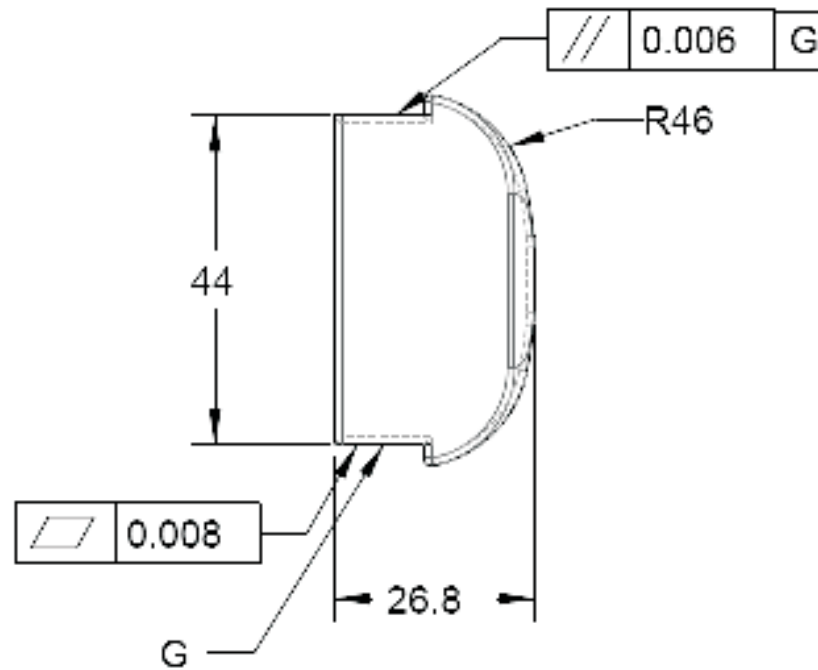
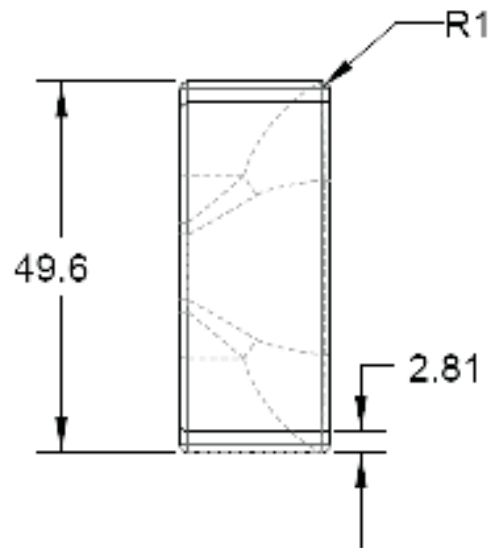
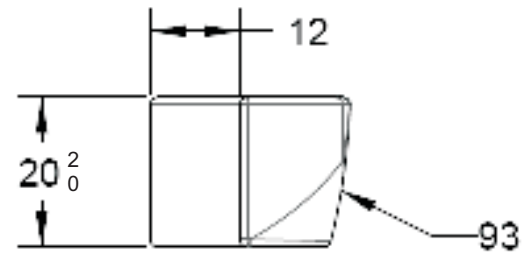
PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Resorte			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	2:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
DISEÑO			Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
APROBÓ			Santiago Correa			
SISTEMA	FECHA	2009	PLANO	11/17		
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						



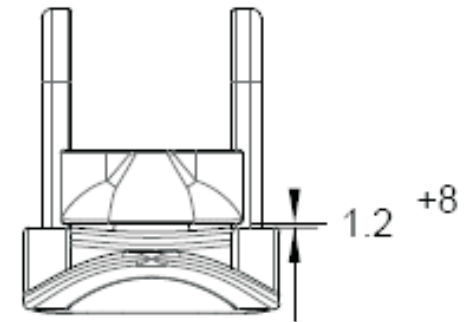
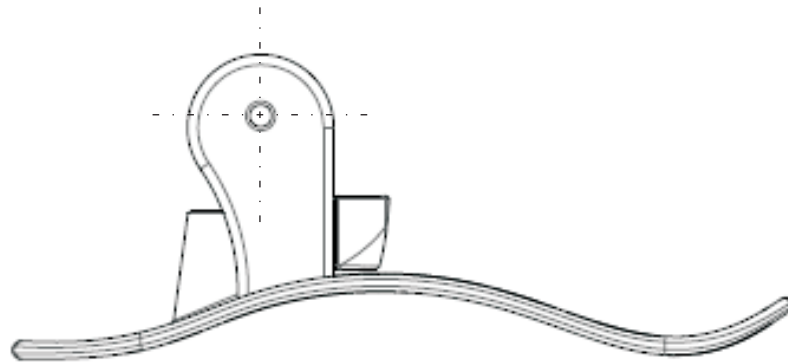
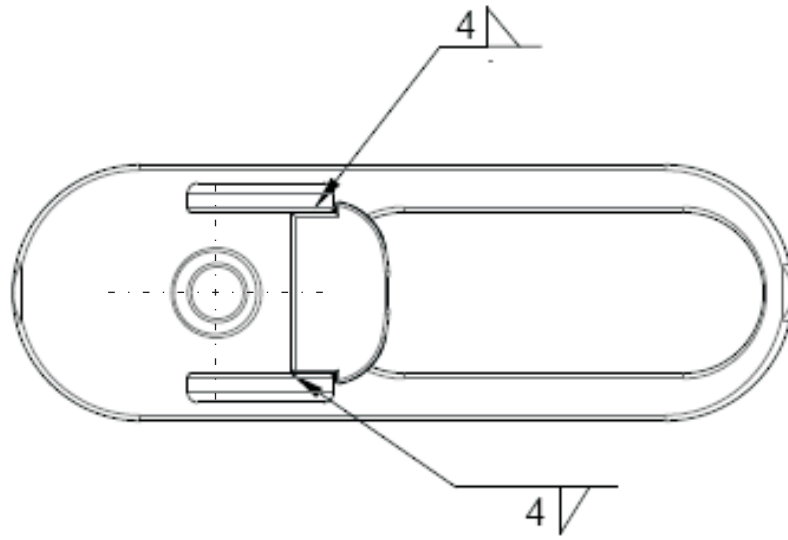
PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Tornillo			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	2:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
			DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
			APROBÓ Santiago Correa			
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	12/17	
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						



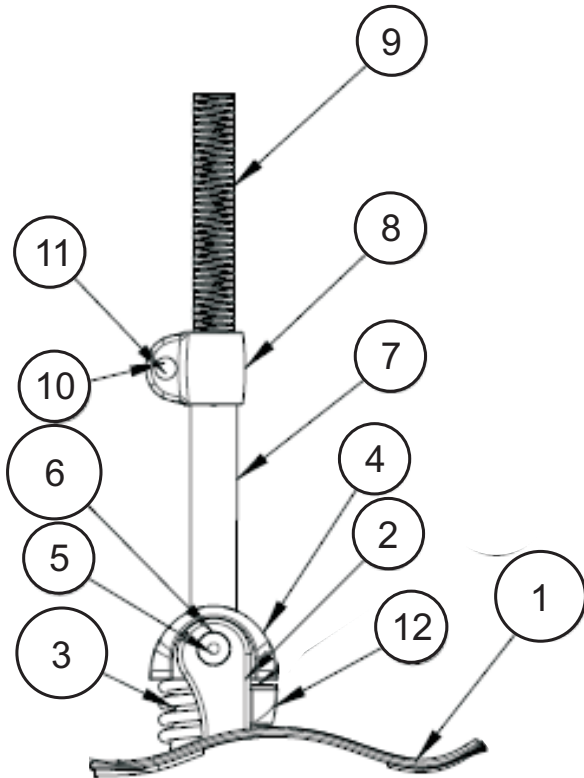
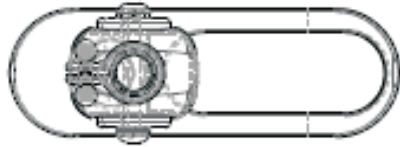
PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ensamble Pie - Soportes						
ESCALA	UNIDADES	FORMATO	DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
1:2	MM	A4	DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
SISTEMA			APROBÓ Santiago Correa			
FECHA			La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
2009			PLANO 13/17			



PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Articulación Inferior			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	1:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
SISTEMA			FECHA	2009		
PLANO			14/17			
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						



PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Subensamble Soldadura			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	1:2	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
			DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
			APROBÓ Santiago Correa			
SISTEMA	FECHA	2009	PLANO	15/17		
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						



12	Articulación Inferior	1	Aluminio Al6063	Anodizado color amarillo 108C
11	Tuerca Tope	2	Aluminio Al6063	Anodizado color Rojo 032C
10	Tornillo	1	AC300	N/A
9	Caña Móvil	1	Tubería Comercial Aluminio 6/8Pulg.	Moletado Punta Diamante 1x1
8	Abrazadera	1	Aluminio Al6063	Anodizado color Rojo 032C
7	Caña Fija	1	Tubería Comercial Aluminio 1Pulg.	Anodizado color Azul 307C
6	Cubierta	2	Aluminio Al6063	Anodizado color Rojo 032C
5	Eje de Rotación	1	AC300	N/A
4	Articulación	1	Aluminio Al6063	Anodizado color amarillo 108C
3	Resorte	1	AC1070	N/A
2	Soporte	2	Aluminio Al6063	Anodizado color amarillo 108C
1	Pie	1	Aluminio Al 6063	Anodizado color verde 375C
No.	NOMBRE	CANTIDAD	MATERIAL	ESPECIFICACIÓN

PROYECTO

Diseño Prótesis Transtibial Infantil

EQUIPO

Prótesis Transtibial Infantil

PIEZA

Ensamble Prótesis

ESCALA 1:5

UNIDADES MM

FORMATO A4

SISTEMA

FECHA 2009

PLANO 16/17

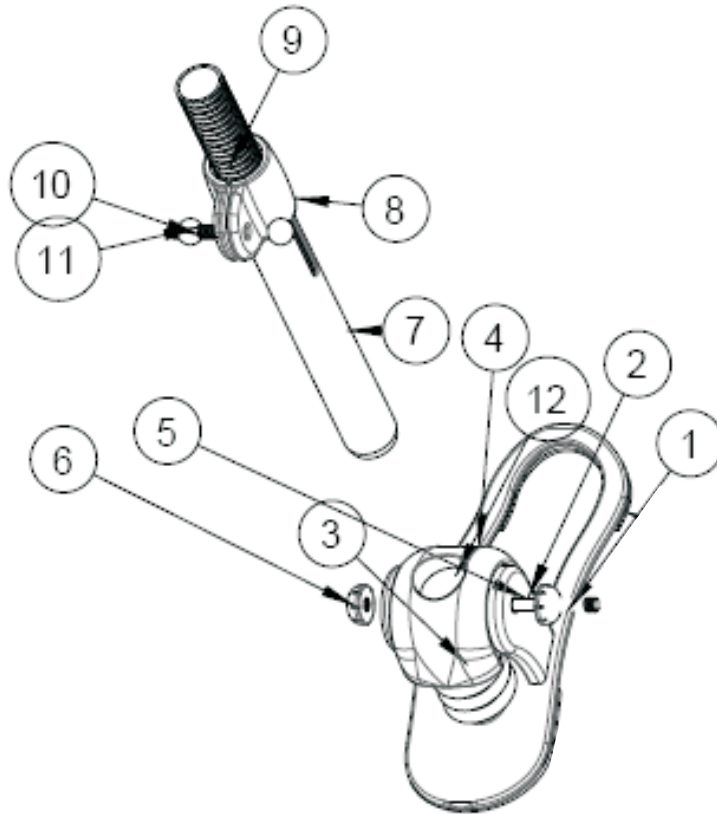
REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA

DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil

DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil

APROBÓ Santiago Correa

La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil



12	Articulación Inferior	1	Aluminio Al6063	Anodizado color amarillo 108C
11	Tuerca Tope	2	Aluminio Al6063	Anodizado color Rojo 032C
10	Tornillo	1	AC300	N/A
9	Caña Móvil	1	Tubería Comercial Aluminio 6/8Pulg.	Moletado Punta Diamante 1x1
8	Abrazadera	1	Aluminio Al6063	Anodizado color Rojo 032C
7	Caña Fija	1	Tubería Comercial Aluminio 1Pulg.	Anodizado color Azul 307C
6	Cubierta	2	Aluminio Al6063	Anodizado color Rojo 032C
5	Eje de Rotación	1	AC300	N/A
4	Articulación	1	Aluminio Al6063	Anodizado color amarillo 108C
3	Resorte	1	AC1070	N/A
2	Soporte	2	Aluminio Al6063	Anodizado color amarillo 108C
1	Pie	1	Aluminio Al 6063	Anodizado color verde 375C
No.	NOMBRE	CANTIDAD	MATERIAL	ESPECIFICACIÓN

PROYECTO			_____	_____	_____	_____
Diseño Prótesis Transtibial Infantil			_____	_____	_____	_____
EQUIPO			_____	_____	_____	_____
Prótesis Transtibial Infantil			_____	_____	_____	_____
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Explosión			DIBUJÓ	Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
ESCALA	1:5	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
			DISEÑO	Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
			APROBÓ	Santiago Correa		
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	17/17	
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						

ANEXO D

Informe de Ingeniería 1
(Análisis de Elementos Finitos): Diseño Preliminar

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	6
1. DATOS INICIALES.....	7
1.1 Propiedades del Material.....	7
1.2 Condiciones de Frontera.....	8
1.3 Cargas Aplicadas.....	9
2. OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivo General.....	10
2.2 Objetivos Específicos.....	10
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	11
3.1 Cálculos por Software.....	11
3.1.1 Análisis Estático en posición Reposo.....	11
3.1.1.1 Media Elongación.....	11
3.1.1.2 Máxima Elongación.....	16

3.1.2 Análisis Estático en posición Dorsal.....	16
3.2 CÁLCULOS MANUALES (RESORTE)	19
3.2.1 Diseño de resorte para cargas a fatiga.....	19
3.2.2 Diseño de resorte para flexión y pandeo.....	22
4. CONCLUSIONES.....	24
BIBLIOGRAFÍA.....	25

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Propiedades mecánicas del Aluminio de Fundición.....	7
Tabla 2. Propiedades mecánicas del Acero 304.....	8

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubicación Soporte “Fijo”.....	8
Figura 2. Carga Aplicada sobre la prótesis.....	9
Figura 3. Mallado 1 Prótesis Transtibial Infantil.....	11
Figura 4. Deformación y Esfuerzos en Prótesis Transtibial Infantil malla 1.....	12
Figura 5. Mallado 2 Prótesis Transtibial Infantil.....	13
Figura 6. Deformación y Esfuerzos en Prótesis Transtibial Infantil con malla2.....	13
Figura 7. Mallado 3 Prótesis Transtibial Infantil.....	14
Figura 8. Esfuerzos en Prótesis Transtibial Infantil con malla 3.....	15
Figura 9. Deformación y Esfuerzos en Prótesis Transtibial Infantil con caña graduable elongada.....	16
Figura 10. Isométricos posición Dorsal.....	17
Figura 11. Deformación en Prótesis Transtibial Infantil para posición Dorsal.....	17
Figura 12. Esfuerzos en la Prótesis Transtibial para posición Dorsal.....	18
Figura 13. Criterio de Soderberg modificado para resortes.....	20

INTRODUCCIÓN

Como parte del proceso de rediseño de Prótesis Transtibial, se realiza un informe de ingeniería en el que se incluyen análisis de esfuerzos y deformaciones de la estructura, sometida a una fuerza axial (peso del usuario), para tener conocimiento sobre el comportamiento de esta durante el tiempo de uso (4 años).

Para lograr el análisis se realizan 3 diferentes mallas y se obtienen gráficas del comportamiento de la estructura en dos posiciones diferentes, haciendo uso de la plataforma *CAE Ansys Workbench*.

1. DATOS INICIALES

Se eliminaron algunos componentes (cubiertas y resorte) en el análisis puesto que el esfuerzo no se ejerce directamente sobre ellos, ni aportan datos relevantes al análisis estático.

Aunque se fabricará el socket para pruebas de usuario, este no hace parte del análisis de esfuerzos, ya que no está concebido en el desarrollo del proyecto.

1.1 PROPIEDADES DEL MATERIAL

Debido a su resistencia mecánica, a la corrosión y a su baja densidad, el aluminio es el metal que más se utiliza para construcción de estructuras, después del acero, debido a las buenas propiedades mecánicas que posee.

- Material de las piezas: Aluminio para Fundición
- Material Eje Articulación: Acero Inoxidable AC304

Tabla 1. Propiedades mecánicas del Aluminio de fundición.

ALUMINIO DE FUNDICIÓN – Propiedades del Material	
Módulo de elasticidad	70 GPa
Módulo de Poisson	0.24
Resistencia a la cedencia	95 MPa

Fuente: Página Web: www.goodfellow.com.

Tabla 2. Propiedades mecánicas del Acero 304

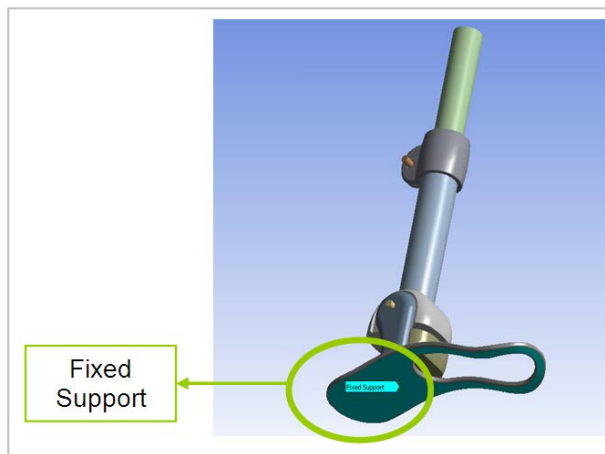
ACERO INOXIDABLE AISI 304 – Fe/Cr18/Ni10 – Propiedades del Material	
Alargamiento (%)	<60
Dureza Brinell	160-190
Impacto Izod (J m ⁻¹)	20-136
Módulo de Elasticidad (GPa)	190-210
Resistencia a la Tracción (MPa)	460-1100
Densidad (g cm ⁻³)	7,93

Fuente: Página Web: www.goodfellow.com.

1.2 CONDICIONES DE FRONTERA

Fixed Support: El soporte “fijo” evita que una o más superficies curvas o planas se muevan o deformen en la dirección normal o perpendicular. Para ambos análisis, el soporte está ubicado en la parte inferior del pie, simulando que éste va apoyado sobre el suelo sin ángulo de inclinación (ver figura 1.)

Figura 1. Ubicación Soporte “Fijo”.



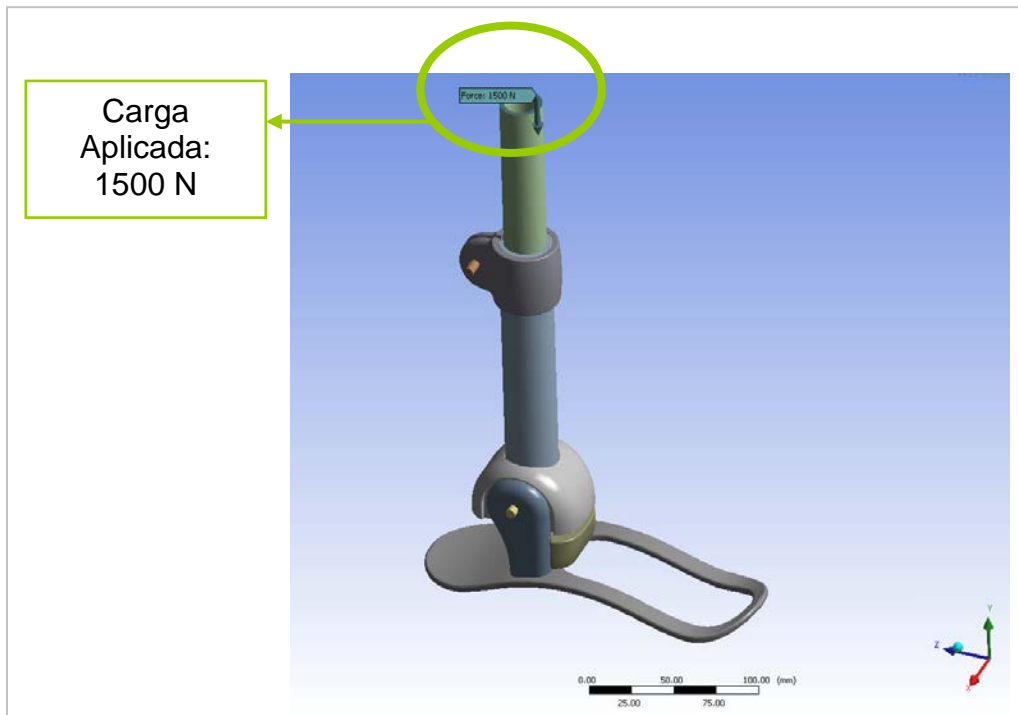
Fuente: Plataforma CAE Ansys Workbench.

1.3 CARGAS APLICADAS

Se aplica una carga axial sobre la prótesis que equivale a 3 veces el peso del usuario (ver figura 2.), ya que, en el momento del *gait* el centro de gravedad se desplaza entre los dos extremos de la pelvis, ejerciendo mayor fuerza (Fuerza ejercida > Peso del Usuario) sobre el lado en que se apoya.

- Peso de la Prótesis: 832 Gr.
- Peso del Usuario: 50 Kg.
- Peso Estimado (Carga Aplicada): 150 Kg. (1500 N)

Figura 2. Carga Aplicada sobre la prótesis.



Fuente: Plataforma CAE Ansys Workbench.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Analizar el desempeño del producto durante su uso, para determinar si este resistirá el tiempo estimado (ciclo de vida del producto) y si se ofrecerá al usuario un producto seguro con los requerimientos de funcionamiento de la prótesis (establecidos en el *PDS*).

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Analizar y determinar los esfuerzos y deformaciones de la estructura del producto considerando una carga axial (peso del usuario) a través de la plataforma *Ansys Workbench*.
- Elegir un material que soporte el uso al cual estará sometida la prótesis transtibial infantil.
- Calcular un sistema de amortiguación que garantice la deflexión especificada en el *PDS*.
- Conocer el número de ciclos y la sensibilidad de la vida del resorte al valor de la carga.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se analiza el modelo de la estructura para determinar los esfuerzos a los cuales es sometida, así como la deformación que se efectúa debido a la fuerza ejercida. Para ello se utilizó el software *CAE Ansys Workbench* (como herramienta de ayuda y solución).

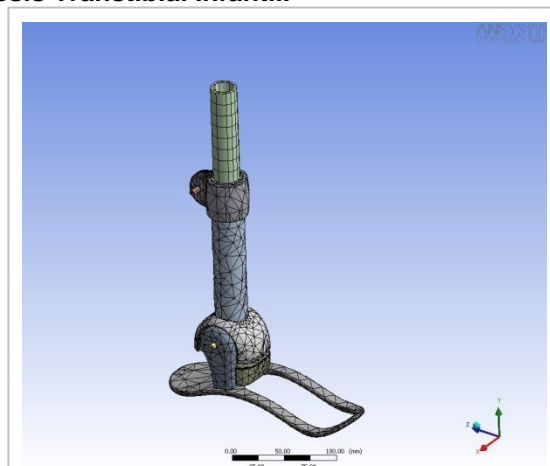
3.1 CÁLCULOS POR SOFTWARE

3.1.1 Análisis Estático en posición de reposo

3.1.1.1 Media Elongación La caña graduable, cuya longitud total es de 150 mm, se encuentra elongado 100 mm a partir del extremo de la caña fija. (Siempre quedarán mínimo 20 mm de la caña graduable dentro de la caña fija, para evitar pandeo y asegurar el ensamblaje de la pieza).

- **Malla 1**

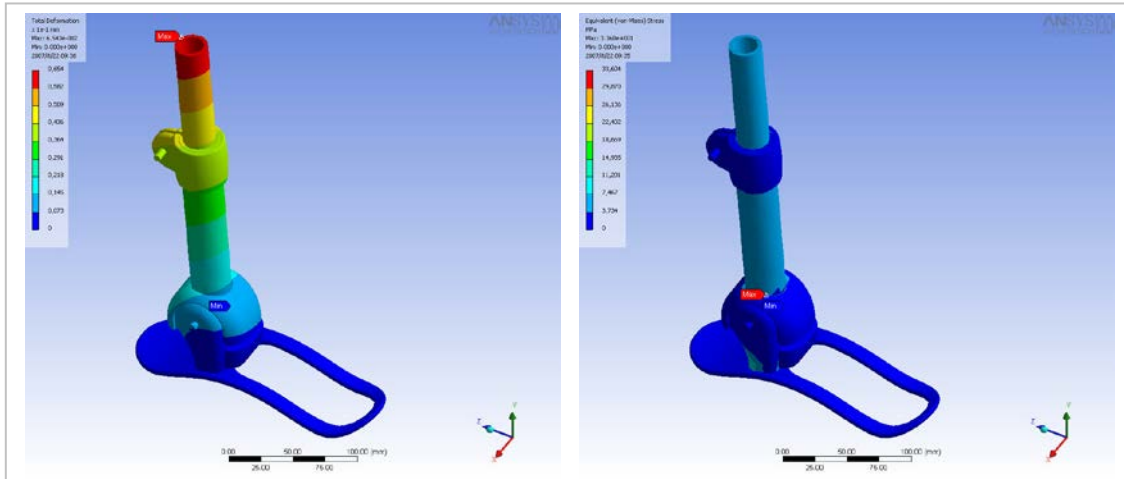
Figura 3. Mallado 1 Prótesis Transtibial Infantil.



Fuente: Plataforma *CAE Ansys Workbench*.

La malla realizada en el modelo presenta 20185 nodos y 10691 elementos con un tamaño de elemento de 10mm (ver figura 3.)

Figura 4. Deformación y Esfuerzos en Prótesis Transtibial Infantil malla 1.



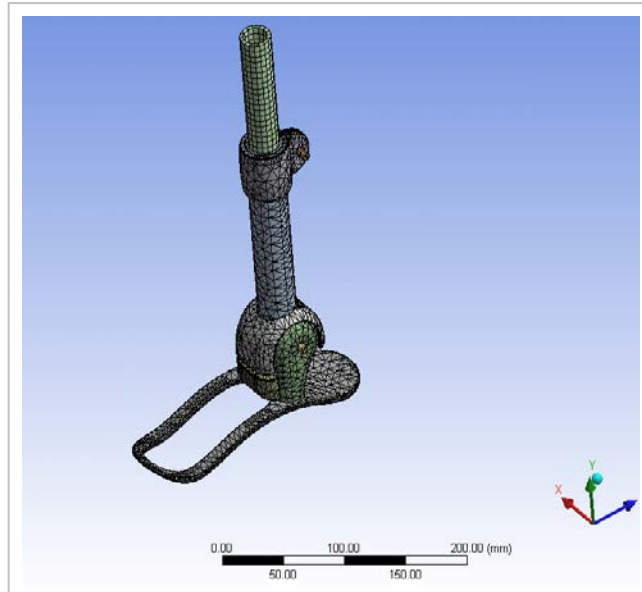
Fuente: Plataforma CAE Ansys Workbench.

La deformación máxima de la prótesis según el análisis es de 0,654 mm, en el extremo superior de la caña graduable, donde se aplica la fuerza de 1500N y el esfuerzo máximo total al que está sometida es de 28,056 MPa (ver figura 4.) en el área de contacto entre las cañas y la abrazadera ya que la ranura de la caña se comporta como un concentrador de esfuerzos.

Para calcular el porcentaje de error de la prótesis se realizan dos mallas más finas empleando un tamaño de elemento de 5mm (malla 2) y 3 mm (malla 3).

- Malla 2

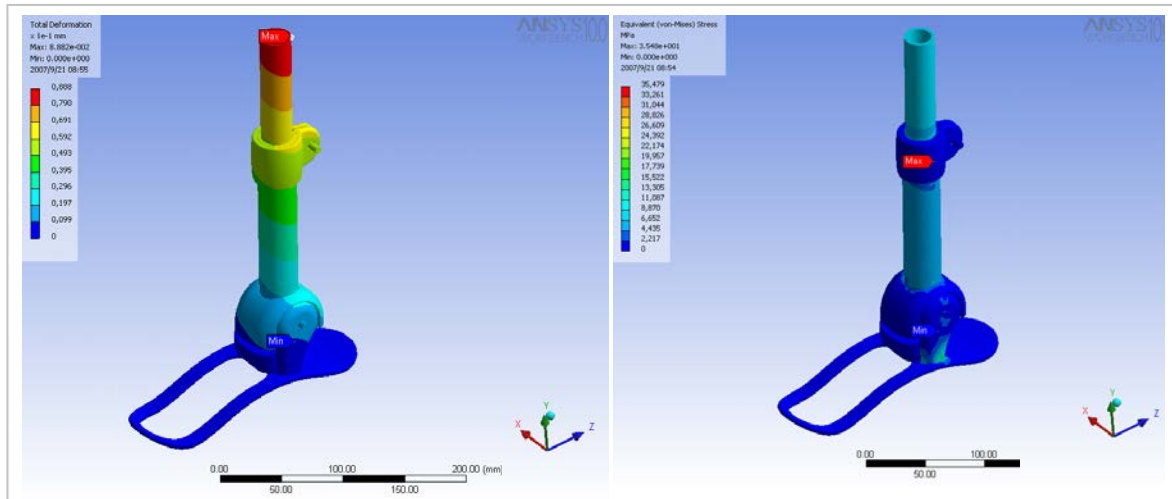
Figura 5. Mallado 2 Prótesis Transtibial Infantil



Fuente: Plataforma CAE Ansys Workbench.

La segunda malla realizada en el modelo presenta 42105 nodos y 21550 elementos con un tamaño de elemento de 5mm (ver figura 5.)

Figura 6. Deformación y Esfuerzos en Prótesis Transtibial Infantil con malla 2.



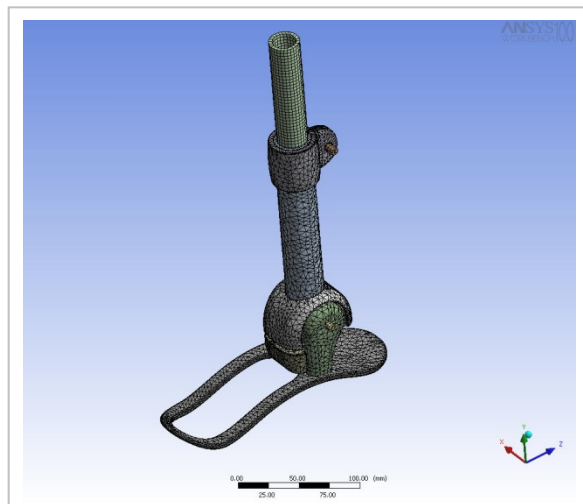
Fuente: Plataforma CAE Ansys Workbench.

El resultado de la deformación máxima de la prótesis que arroja el análisis es de 0,888 mm, en el extremo superior de la caña graduable, donde se aplica la fuerza de 1500N y el esfuerzo máximo total al que está sometida es de 35,479 MPa en el área de contacto entre las cañas y la abrazadera (ver figura 6.)

- **Malla 3**

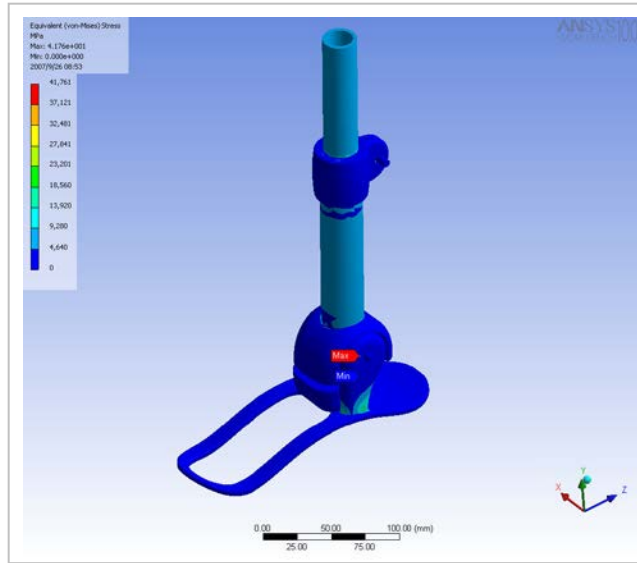
La segunda malla realizada en el modelo presenta 87949 nodos y 46299 elementos con un tamaño de elemento de 3mm (ver figura 7.)

Figura 7. Mallado 3 Prótesis Transtibial Infantil.



Fuente: Plataforma CAE Ansys Workbench.

Figura 8. Esfuerzos en Prótesis Transtibial Infantil con malla 3.



Fuente: Plataforma CAE Ansys Workbench.

El esfuerzo máximo total al que está sometida la prótesis es de 41,761 MPa en el área de contacto del soporte y el eje.

Entonces, una vez analizadas las dos mallas se puede calcular el porcentaje de error de la estructura y el factor de seguridad:

$$\% \text{ error} = \frac{\text{malla 3} - \text{malla 2}}{\text{malla 3}} * 100 = \frac{41,761 \text{ MPa} - 35,479 \text{ MPa}}{41,761 \text{ MPa}} * 100 = 15 \%$$

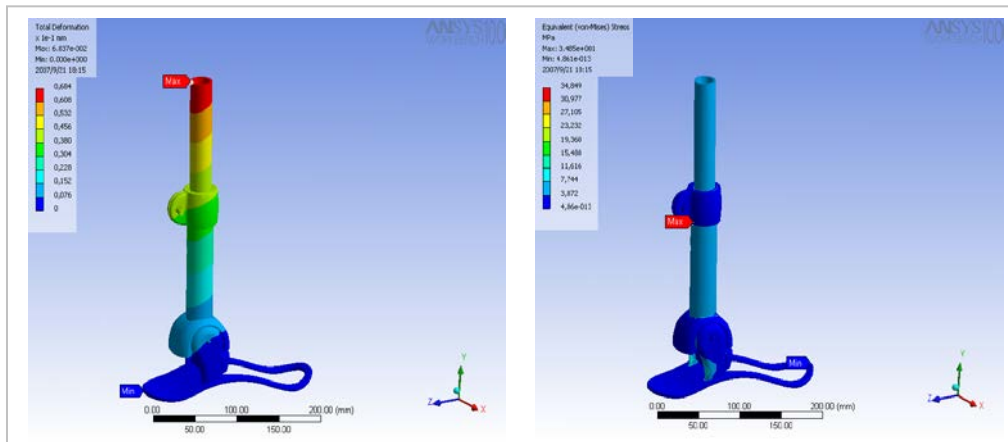
- **Factor de seguridad**

$$\frac{95 \text{ MPa}}{41,761 \text{ MPa}} = 2,27$$

Es un buen factor teniendo en cuenta que el peso del usuario fue sobreestimado. Este factor se justifica por la incertidumbre del método de cálculo empleado y posibles desviaciones en las propiedades previstas de los materiales que se utilizan y las obtenibles en la realidad.

3.1.1.2 Prótesis en su máxima elongación. La deformación máxima de la prótesis en la posición de máxima elongación (130 mm), según el análisis es de 0,684 mm, en el extremo superior de la caña graduable, donde se aplica la fuerza de 1500N y el esfuerzo máximo total al que está sometida es de 34,849 MPa en el área de contacto entre las cañas y la abrazadera donde se encuentra la ranura de la caña que concentra esfuerzos transmitidos (ver figura 9.).

Figura 9. Deformación y Esfuerzos en Prótesis Transtibial Infantil con caña graduable elongada.

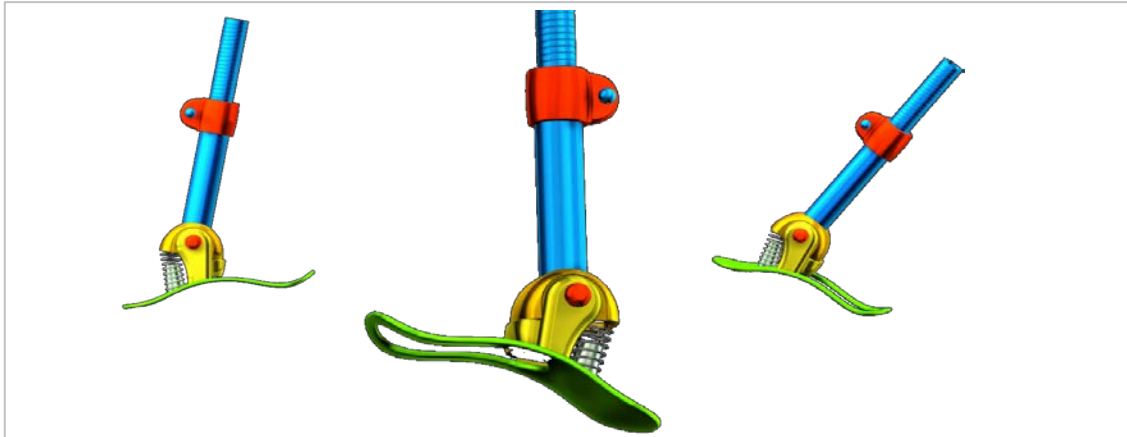


Fuente: Plataforma CAE Ansys Workbench.

3.1.2 Análisis Estático en posición Dorsal Para analizar los esfuerzos generados sobre la prótesis durante el *Gait*, se realizó el análisis durante la flexión

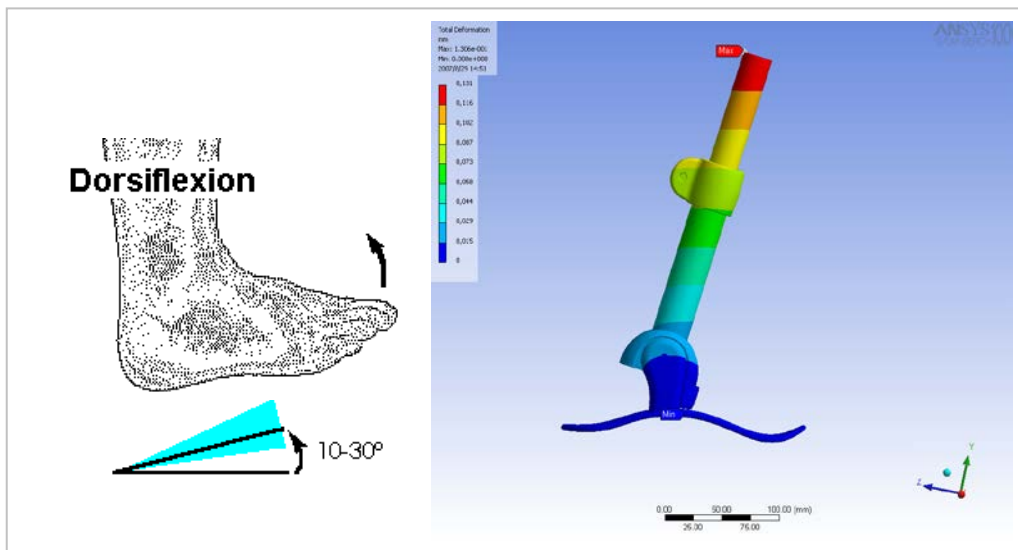
dorsal (ver figura 10.), movimiento que ocurre en la prótesis al entrar en contacto las articulaciones superior e inferior¹.

Figura 10. Isométricos posición Dorsal



Fuente: Plataforma CAD/CAM/CAE ProEngineer.

Figura 11. Deformación en Prótesis Transtibial para posición Dorsal.



Fuente: Plataforma CAE Ansys Workbench.

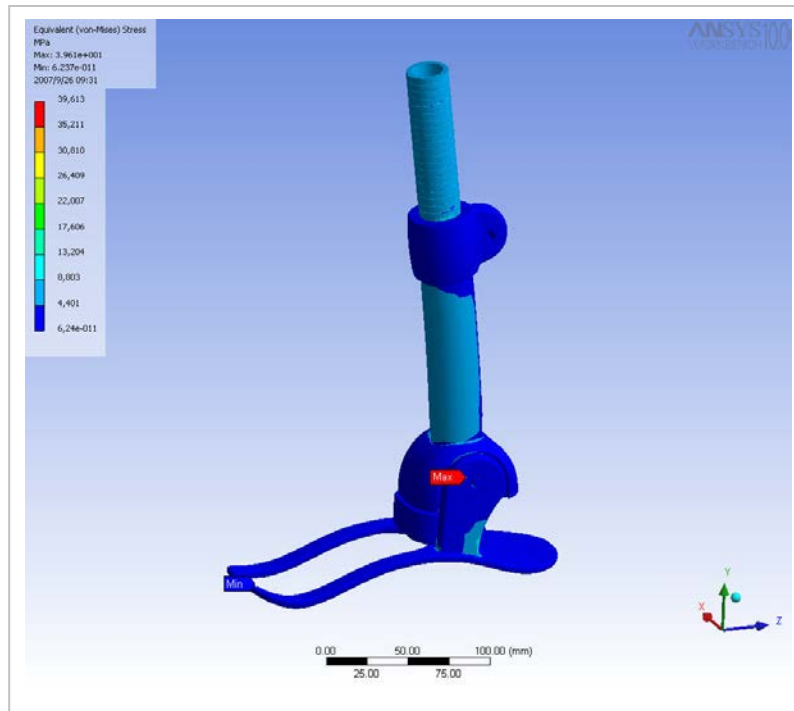
¹ Ver anexo 1: Video simulación mecánica de movimiento entre posición reposo y posición dorsal

La magnitud de la fuerza, el soporte fijo del pie y las piezas consideradas, son iguales para el análisis 2.

La deformación total es de 0,131 mm en la parte superior, donde es aplicada la carga (ver figura 11.)

Se alcanza un esfuerzo de 39,613 MPa en el Eje de Rotación donde se concentran los esfuerzos (ver figura 12.)

Figura 12. Esfuerzos en la Prótesis Transtibial para posición Dorsal.



Fuente: Plataforma CAE Ansys Workbench.

3.2 CÁLCULOS MANUALES

3.2.1 Diseño de resorte para cargas a fatiga Conociendo el esfuerzo límite de fatiga del alambre del resorte en un sentido y el esfuerzo de corte en el punto de cedencia, se puede usar el método de Soderberg modificado. La prueba de corte en un sentido está basada en que el esfuerzo de corte está variando continuamente desde cero hasta un valor máximo.

- **Variables**

S'_e = Esfuerzo límite de fatiga a corte

S'_{yp} = Resistencia de cedencia a corte

N = Factor de seguridad

τ_r = Esfuerzo de corte variable

τ_m = Esfuerzo medio de corte

C = Índice del resorte

D = Diámetro del alambre

R = Radio medio del resorte o brazo del momento de la carga

d_w = Deflexión de trabajo

d_s = Deflexión sólida

K = Constante del resorte

p = Paso del resorte

L = Longitud del resorte

$S'_e = 100 \text{ psi} = 689.4 \text{ MPa}$

$S'_{yp} = 200.000 \text{ psi} = 1378 \text{ MPa}$

$S'_e = \frac{689.4 \text{ MPa}}{2N} = 229 \text{ MPa} \approx 230 \text{ MPa}$

$2N = 2 * 1,5$

$$S_{yp} = \frac{1378 \text{ MPa}}{1.5} = 918.67$$

$$N = 1.5$$

La carga está medida por:

$$P_m = \frac{P_{\text{máx}} + P_{\text{min}}}{2} = \frac{1500 \text{ N} + 500 \text{ N}}{2} = 1000 \text{ N}$$

La amplitud máxima de la carga fluctuante por:

$$P_r = \frac{P_{\text{máx}} - P_{\text{min}}}{2} = \frac{1500 \text{ N} - 500 \text{ N}}{2} = 500 \text{ N}$$

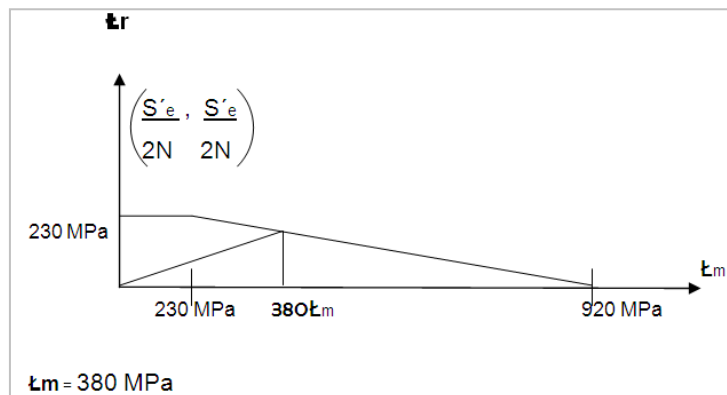
El esfuerzo de corte es directamente proporcional a la carga

$$\frac{\tau_r}{\tau_m} = \frac{P_r}{P_m} = \frac{500 \text{ N}}{1000 \text{ N}} = \frac{1}{2}$$

$$\tau_m = \frac{P_m}{2}$$

- **Soderberg modificado**

Figura 13. Criterio de Soderberg modificado para resortes



Fuente: Aaron D. Deutchman, W. J. (1989). *Diseño de Máquinas Teoría y Práctica*. México: Compañía Editorial Continental.

$$D^2 = \frac{8P_m C}{\pi S_{syp}} \left(\frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C} \right) = \left(\frac{8 \cdot 1000 \cdot 5}{\pi \cdot 380 \cdot 10^6} \cdot \frac{4 \cdot 5 - 1}{4 \cdot 5 - 4} + \frac{0.615}{5} \right)$$

$$D = 6.6 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 6.6 \text{ mm}$$

Se define una tolerancia permitida de $r_c = 20\% = 0.20$

La deflexión de trabajo está dada por los requerimientos del producto (Flexión dorsal) $d_w = 9 \text{ mm}$

$$r_c = \frac{d_s - d_w}{d_w}$$

$$d_s = (r_c \cdot d_w) + d_w = (0.2 \cdot 9 \text{ mm}) + 9 \text{ mm} = 10,8 \text{ mm}$$

- **Deflexión sólida**

$$d_s = 1,20 \frac{P_{\text{máx}}}{K} = 10,8 \text{ mm}$$

Entonces la constante del resorte está dada por:

$$K = 1,20 \frac{P_{\text{máx}}}{d_s} = 1,20 \frac{1500 \text{ N}}{10,8 \text{ mm}} = 166,67 \text{ N/mm}$$

Una vez hallado **K**, el número de vueltas activas **N_a** para el resorte calculado será:

N_a = 4 vueltas.

- **Radio medio del resorte**

$$R = \frac{CD}{2} = \frac{5 * 6.6}{2} = 16.5 \text{ mm}$$

Teniendo el valor del número de vueltas activas, se puede establecer el paso del resorte utilizando la siguiente fórmula:

$$p = D + \frac{d_s}{N_a} = 6.6 \text{ mm} + \frac{10.8 \text{ mm}}{4} = 9.3 \approx 9$$

3.2.2 Diseño de resorte para flexión y pandeo. Dado el momento flexionante generado por el movimiento de la articulación, debe considerarse el comportamiento del resorte bajo las condiciones de pandeo.

Por analogía podemos describir el resorte como una viga simple en flexión pura, para lo cual se cumple:

$$\delta = \frac{ML}{E I_{eq}}$$

Resulta entonces un momento de inercia equivalente para un resorte helicoidal:

$$I_{eq} = \frac{LD^4}{128N_aR(1 + \nu/2)} = 8.98$$

Donde ν es la constante de Poisson, $\nu=0.3$ y $L=46$ mm es la longitud del resorte.

Este resultado puede usarse directamente en las ecuaciones de Euler de columnas para obtener las cargas críticas, es decir, las cargas de compresión a las cuales un resorte pudiera fallar por pandeo.

$$E = 200 \text{ GPa}$$

- **Carga crítica**

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E I_{eq}}{L^2} = 8.381$$

4. CONCLUSIONES

- La prótesis resistirá la carga aplicada de 1500 N sin problemas de desempeño ya que la estructura presenta valores de esfuerzo (11,201 MPa) y deformación total (0.654 mm) que no son críticos durante los 4 años que corresponden al tiempo de uso (ver figura 4).
- El aluminio y acero seleccionados para realizar el análisis FEA se consideran ideales como materiales constitutivos para el diseño de prótesis ya que presentan esfuerzos menores a su deformación plástica (límite elástico Aluminio=110-170 MPa, Acero=235-314 MPa).
- Dada la carga crítica de resorte = 8.381 N, se establece que el resorte no fallará por pandeo puesto que ésta carga no supera el valor de la carga máxima aplicada a la estructura.
- Según el análisis del comportamiento del resorte sobre la línea segura de Soderberg que garantiza una vida infinita (ver gráfica 1) se verifica que éste no fallará por fatiga durante el tiempo de uso (4 años).
- Ninguno de los esfuerzos obtenidos para las dos posiciones (Dorsiflexión 39,613 MPa y Reposo 41.76 MPa) superan el límite elástico de cada material (Aluminio=110-170 MPa, Acero=235-314 MPa) por lo que no se esperan fallas durante la marcha con la prótesis.
- Como consecuencia de la configuración de los contactos en el análisis FEA, que no permiten realizar un mallado más fino, no se logra el porcentaje de error esperado (menor al 10%).

BIBLIOGRAFÍA

- Aaron D. Deutchman, W. J. (1989). *Diseño de Máquinas Teoría y Práctica*. México: Compañía Editorial Continental .
- Bumgardner, W. (23 de Junio de 2004). *About.com*. Recuperado el Septiembre de 2007, de <http://walking.about.com/od/measure/a/childsteps.htm>
- Goodfellow. (s.f.). *Goodfellow*. Recuperado el Septiembre de 2007, de <http://www.goodfellow.com/S/Aluminio.html>
- Goodfellow. (s.f.). *Goodfellow*. Recuperado el Septiembre de 2007, de <http://www.goodfellow.com/S/Aceroinoxidable-AISI304.html>
- Jensen, C. H. (1988). *Dibujo y Diseño en Ingeniería*. McGraw Hill.
- Joseph Edgar Shigley, C. R. (1996). *Diseño en ingeniería Mecánica, quinta edición*. México: McGraw Hill.

ANEXO E

PROTOCOLO DE PRUEBAS DE USUARIO



**Prótesis
Transtibial
Infantil**

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN.....	7
1. JUSTIFICACIÓN.....	8
2. OBJETIVOS.....	9
2.1 objetivo General.....	9
2.2 objetivos Específicos.....	9
3. ANTECEDENTES.....	10
3.1 ¿Qué son las Pruebas Técnicas?.....	10
3.2 ¿Qué son las Pruebas de Usuario?.....	10
3.3 Problemas Físico-psicológicos en la Adaptación de la Prótesis.....	11
4. GLOSARIO.....	13

5. PROTOCOLO.....	19
5.1 Introducción.....	19
5.2 Tipos de Alineación.....	19
5.2.1 Alineación Estática.....	19
5.2.2 Alineación Dinámica.....	23
5.3 Tipos de Prueba.....	24
5.3.1 Pruebas de Usuario.....	24
5.3.1.1 Pruebas Computacionales.....	24
5.3.1.2 Pruebas Perceptuales (Apreciativas).....	33
5.3.2 Pruebas Técnicas Del Producto.....	37
6. RECOMENDACIONES.....	39
6.1 Antes de la Prueba.....	39
6.2 Durante la Prueba.....	40
6.3 Después de la Prueba.....	41
7. FORMATOS DE PRUEBA.....	42
BIBLIOGRAFÍA.....	52

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Flexión Dorsal.....	14
Figura 2. Flexión Plantar.....	14
Figura 3. Gait o Marcha Humana.....	15
Figura 4. Metatarsalgia.....	16
Figura 5. Valgo.....	18
Figura 6. Alineación Estática Frontal.....	20
Figura7. Alineación Estática Sagital.....	21
Figura 8. Planos y Ejes Cuerpo Humano.....	22
Figura 9. Crestas Ilíacas.....	23
Figura 10. Componentes de Escáner I-Step.....	30
Figura 11. Condiciones ideales de distribución de presión en el pie.....	32

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Formato para Diligenciar antes de las Pruebas de Usuario.....	43
Tabla 2. Formato para Diligenciar durante las Pruebas de Usuario.....	44

RESUMEN

El protocolo de pruebas de usuario es el conjunto de pasos a seguir, necesarios para la correcta organización y desarrollo de las pruebas de usuario. Por tanto este es un documento que aconseja y da unas pautas básicas para la buena consecución final de las mismas que apuntan al rediseño formal y funcional de la prótesis.

Para la evaluación de la Prótesis Transtibial se realizan 3 tipos de pruebas: Las Pruebas Técnicas, las Pruebas de Usuario y las Pruebas Computacionales. Las pruebas técnicas se realizan al producto con el fin de evaluar sus propiedades mecánicas y garantizar su adecuado funcionamiento dentro de los límites de utilización sugeridos. Las pruebas de usuario son una evaluación controlada que se realizan a la prótesis cuando se testea con el usuario real. Ellas son parte de un proceso de ajustes protésicos que debe realizarse al paciente para lo que se llevan a cabo inicialmente, las alineaciones de Banco y Dinámica para garantizar estabilidad y confort en el ensamble; seguido a esto se realizan las pruebas perceptuales tanto estáticas como dinámicas con las que se evalúa el desempeño de la prótesis en el momento de uso y la adaptación del paciente a la misma. Por último, las Pruebas Computacionales se realizan para determinar la estabilidad unipodal y bipodal del paciente estático y durante la marcha al utilizar el sistema protésico. Es una evaluación tanto cualitativa como cuantitativa para las que se hace uso de herramientas como los son la Plataforma de Fuerzas y el Tapete de Bipedestación

El análisis de la información y los datos recopilados durante todas las pruebas permitirán establecer la tabla de requerimientos de la Prótesis Transtibial Infantil como punto de partida para el rediseño de la Prótesis, garantizando así la funcionalidad requerida.

1. JUSTIFICACIÓN

El **protocolo** es un método estándar que permite la ejecución de determinada actividad mediante el seguimiento de su contenido. Es un conjunto de procedimientos sugeridos que pretenden guiar, para este caso, todo el proceso de planeación y ejecución de las pruebas de usuario y producto.

El seguimiento de dichos procesos permite la comunicación efectiva entre el paciente y quien desarrolla la prueba.

La metodología para desarrollar las pruebas de usuario y producto contenida en este protocolo, está encaminada a evaluar la funcionalidad de la prótesis, por tanto, los resultados que éstas arrojen serán el punto de partida para realizar correcciones y mejoras en el diseño de prótesis transtibial.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Guiar las pruebas de usuario y técnicas para determinar los beneficios y fallas estéticas y/o funcionales que la prótesis presenta; mediante el análisis de datos recopilados en los formatos de evaluación.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar la evaluación de la prótesis haciendo uso de los formatos de pruebas de usuario, técnicas y preceptuales.
- Establecer una tabla de requerimientos del producto que respondan al análisis de los nuevos datos que arrojan las pruebas de usuario y que apunten al mejoramiento funcional y estético de la prótesis.
- Reconsiderar formas, sistemas de funcionamiento, procesos de manufactura y materiales de acuerdo a los nuevos requerimientos de producto establecidos.

3. ANTECEDENTES

3.1 ¿QUÉ SON LAS PRUEBAS TÉCNICAS?

Las pruebas técnicas son aquellas realizadas al producto con el fin de evaluar sus propiedades mecánicas y comportamiento del mismo al ser sometido a condiciones extremas de uso, para así garantizar su adecuado funcionamiento dentro de los límites de utilización sugeridos¹.

3.2 ¿QUÉ SON LAS PRUEBAS DE USUARIO?

Las pruebas de usuario son una evaluación controlada por lineamientos estandarizados que se realizan a determinado producto cuando se testea con su usuario real. Ellas son parte de un proceso de ajustes protésicos que debe realizarse a un paciente.

Este proceso consta de:

1. Examen general del paciente antes de la prescripción
2. Prescripción del elemento protésico requerido
3. Tratamiento antes de la adaptación
4. Fabricación protésica
- 5. Revisión inicial (Pruebas de Usuario - Evaluación)**
6. Entrenamiento protésico
7. Revisión final (Evaluación)
8. Seguimiento-Chequeo del paciente.

¹ En el diseño de productos debe establecerse un "límite de utilización", dentro del cuál se garantiza que el producto funcionará óptimamente. Al excederse este límite, pueden presentarse fallas en el producto por "abuso de uso".

El documento a continuación se centrará en la revisión inicial, es decir, la evaluación de la prótesis y su usuario como una “entidad biomecánica²”. Con ésta se corrobora la adecuada prescripción y su acatamiento; y se evalúa la adecuación biomecánica de la prótesis según su eficiencia y diseño.

Los resultados obtenidos son el punto de partida para el mejoramiento del producto evaluado, en aspectos funcionales y estéticos.

Nota: Para efectos de análisis; el tiempo en ejecutar una acción y los tipos de errores al momento de uso, son ejemplos de datos que permiten la comparación entre dos productos diferentes o versiones del mismo.

3.3 PROBLEMAS FÍSICO-PSICOLÓGICOS EN LA ADAPTACIÓN DE LA PRÓTESIS

Los problemas de índole psicológica, social y física son consecuencia del trauma producido por la pérdida de un miembro corporal, el ajuste de un suplente mecánico y reintegración de la persona a la sociedad. Estos aspectos pueden llegar a obstaculizar el proceso de rehabilitación del usuario, interfiriendo su motivación individual. Algunos de estos son:

- **Capacidades Físicas**

Su función física se ve limitada ineludiblemente por la falta de coordinación y pérdida de control muscular; su estabilidad emocional es afectada por el temor al fracaso, evadiendo el uso del producto. Sin embargo existen condicionantes que el usuario no puede controlar y que son exclusivos del diseño de la prótesis. Un fallo

² Concepto tomado del libro “Protésica del Miembro Inferior”.

en el diseño, el ensamble entre sus componentes y/o al paciente pueden afectar el desempeño del mismo.

- **Comodidad**

Los pacientes presentan en su mayoría, durante los días recientes a la pérdida del miembro, sensaciones de “miembro fantasma” y dolor en el lugar de la amputación. La presencia de este último, e incomodidad durante el uso del producto es frecuente.

- **Apariencia**

El acabado estético que brinde el producto es de alta incidencia en el proceso de aceptación de la prótesis como parte del individuo.

4. GLOSARIO

Alineación: Ajuste del elemento protésico de acuerdo a los planos y ejes corporales, que permita la marcha adecuada del usuario.

Alineación con Valgo: Es un ajuste que se realiza al elemento protésico con una leve desviación en el plano frontal. (Ver definición *valgo*).

Amputación Transtibial: Supresión del miembro inferior por debajo de la rodilla.

Articulación de Tobillo: Elemento mecánico del sistema protésico que permite la transmisión de un movimiento de rotación en direcciones diferentes, emulando el movimiento del tobillo humano.

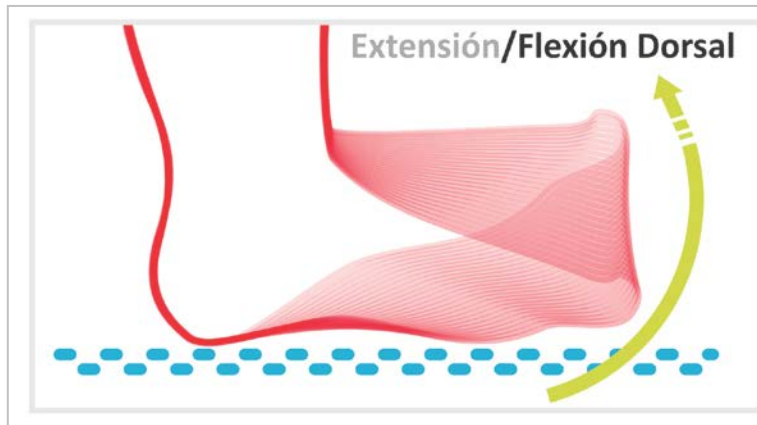
Caña: Componente de la prótesis que sustituye el conjunto de tibia y peroné en la pierna humana.

Crestas ilíacas: Las dos salientes, derecha e izquierda, de la parte superior de la pelvis.

Flexión dorsal (o dorsiflexión): Movimiento del pie en el que se aproxima, visto desde su plano lateral, la parte distal a la pierna. (Ver Figura1. Flexión Dorsal.).

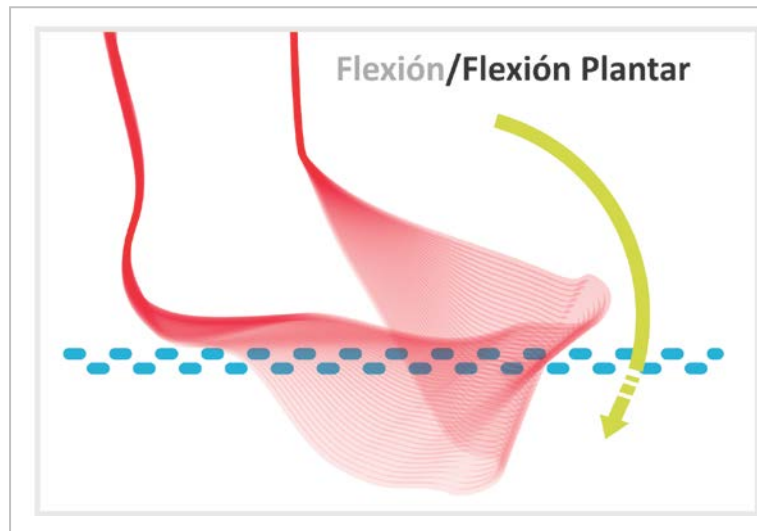
Flexión plantar: Movimiento del pie en que se aleja, visto desde su plano lateral, la parte distal de la pierna. (Ver Figura 2. Flexión Plantar.).

Figura 1. Flexión Dorsal



Fuente: Las autoras.

Figura 2. Flexión Plantar.

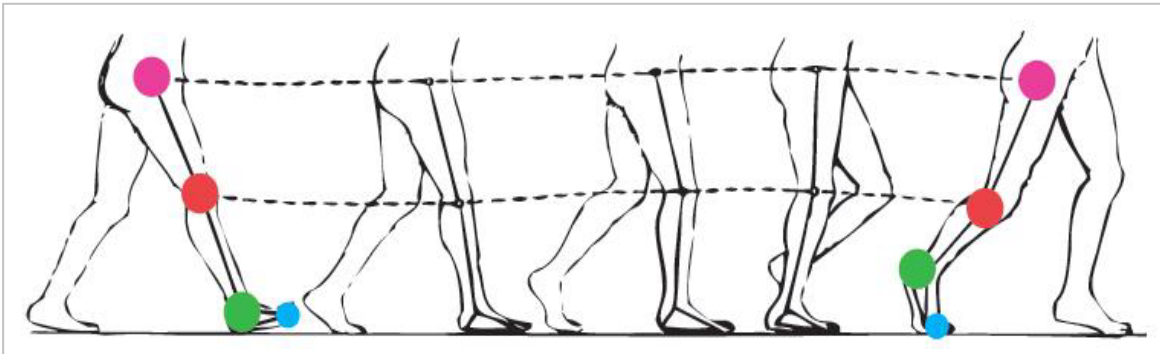


Fuente: Las autoras.

Gait: Acción de andar, movimiento, traslado. Ciclo de marcha humana desarrollado en tres fases: apoyo, balanceo y propulsión. (Ver Figura 3. Gait o Marcha Humana³).

³ Imagen tomada de la página Web: <http://html.rincondelvago.com/biomecanica-de-la-marcha.html>. Artículo "Biomecánica de la Marcha". Fecha de Consulta: Enero 30 de 2008.

Figura 3. Gait o Marcha Humana.



Fuente: Página Web: <http://www.orthopaedicsurgeries.co.uk/images/altered-gait.gif>.

Galga: “Dispositivo comúnmente usado en pruebas y mediciones mecánicas. La galga más común es la galga extensiométrica de resistencia que consta de una matriz de bobinas o cable muy fino el cual varía su resistencia linealmente dependiendo de la carga aplicada al dispositivo. Cuando se usa una galga extensiométrica, ésta se une directamente al dispositivo bajo prueba, se aplica fuerza y se mide la carga detectando los cambios en resistencia. Las galgas extensiométricas también son usadas en sensores que detectan fuerza, aceleración, presión y vibración”⁴.

Goniómetro: “Instrumento de medición con forma de semicírculo o círculo graduado en 180° o 360°, utilizado para medir o construir ángulos. Este instrumento permite medir ángulos entre dos objetos”⁵.

Línea Central: Delineación vertical que se traza a lo largo del elemento protésico y que acoge a su vez la articulación de rodilla del paciente, con el fin de alinear la prótesis. Se define una para cada plano.

⁴ Definición tomada de la página Web: <http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/D864C2C25C7B5EE086256F490070432B>. Fecha de consulta: Febrero 3 de 2008.

⁵ Definición tomada de la página Web: <http://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080721141257AAToE2m>. Fecha de consulta: Febrero 3 de 2008.

Línea de Plomada: Haz de luz lineal usado para verificar que las líneas centrales se encuentran correctamente ubicadas. P. Ej.: Láser.

Metatarsalgia: Condición de dolor intenso en la zona metatarsal del pie (la planta anterior del pie) causada por presiones excesivas sobre el área durante largos periodos de tiempo, afectando huesos y articulaciones en dicha zona (ver Figura 4.Metatarsalgia).

Figura 4. Metatarsalgia.



Fuente: Página Web: http://www.foot.com/shopping/shop_by_condition.php.

Muñón: Parte de un miembro cortado que permanece adherido al cuerpo.

Pie protésico: Elemento que reemplaza al pie humano en el sistema protésico.

Plano Sagital: Plano perpendicular al suelo que divide al cuerpo en 2 mitades; izquierda y derecha.

Plataforma Dinamométrica: Sistema de análisis cinético del movimiento que permite medir las fuerzas que el pie ejerce sobre el plano de apoyo durante la marcha, la carrera o el salto.

Posición Bipodal: Postura humana al estar erguido y apoyado en ambos pies.

Posición Unipodal: Postura del usuario en la que se encuentra erguido sostenido en un solo pie.

Pruebas técnicas: Pruebas que evalúan el desempeño de los componentes protésicos, en función de sus propiedades mecánicas.

Pruebas de Usuario: Pruebas que evalúan la capacidad de adaptación del usuario a la prótesis y el desempeño de la misma durante su uso.

Sección Poplítea: Región ubicada en la parte posterior de la rodilla.

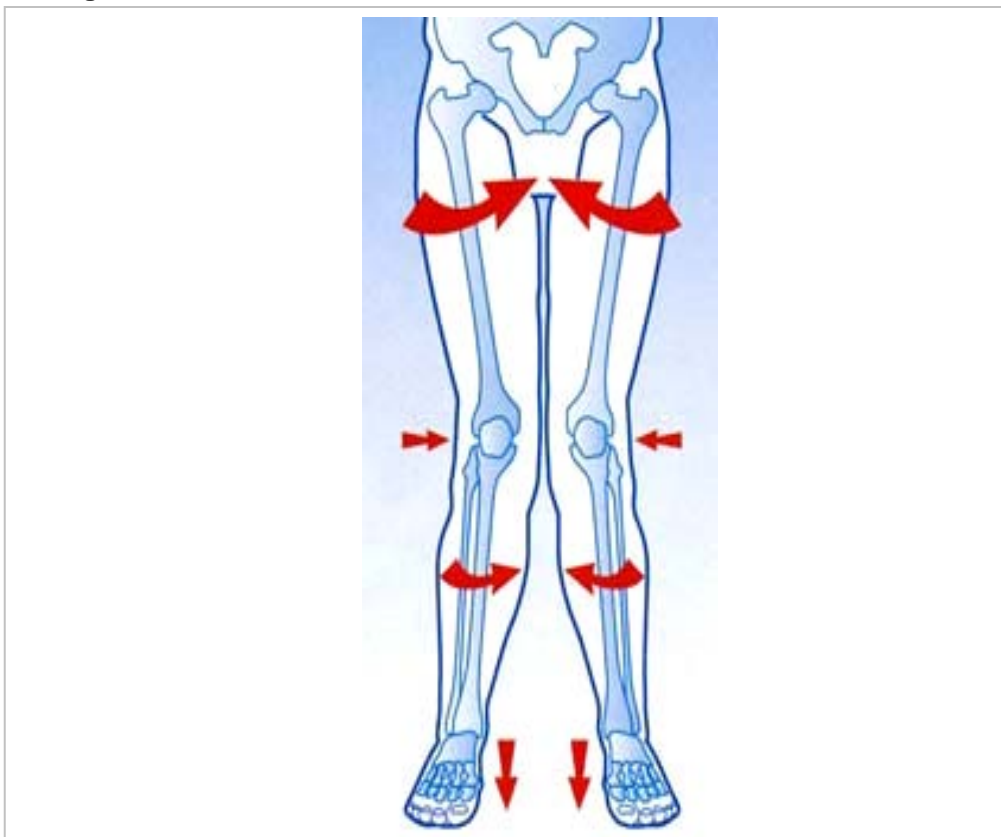
Sensación Fantasma: Efecto psicológico pos-quirúrgico en que el amputado siente la permanencia del miembro removido.

Socket: Pieza que va ensamblada a la prótesis y contiene el muñón.

Valgo o Pronación: Deformidad de la pierna caracterizada porque el muslo y la pierna se encuentran desviados, en el plano frontal, de tal manera que forman un ángulo abierto hacia fuera tomando como referencia un eje vertical trazado a lo largo del individuo por su centro. Cuando está de pie, las rodillas se aproximan hacia la línea media, es decir, los talones de los pies están separados y las rodillas juntas.⁶ (Ver Figura 5. Valgo⁷).

⁶ Tomado de la página web http://es.wikipedia.org/wiki/Genu_valgo. Fecha de consulta: Abril 10 de 2008.

Figura 5. Valgo.



Fuente: Página Web: <http://www.ultramed.com.mx/>.

⁷ Imagen tomada de la página Web: <http://blogs.chueca.com/cury2006/200608.htm>. Fecha de consulta: Noviembre 15 de 2008.

5. PROTOCOLO

5.1 INTRODUCCIÓN

El proceso de acoplamiento de una prótesis transtibial comienza con la toma de medidas del muñón del paciente para construir su molde en yeso y ajustar el diseño del socket a las exigencias particulares de cada usuario.

Una vez terminado el socket se hacen las respectivas pruebas⁸ en el muñón del paciente para verificar las dimensiones y asegurar la comodidad y precisión. En caso de presentar alguna inexactitud se hacen las correcciones pertinentes. En seguida, se llevan a cabo las alineaciones de Banco y Dinámica (ver sección 6.2 Tipos de Alineación) para garantizar estabilidad y confort en el ensamble. Finalmente se desarrollan las pruebas de usuario Estáticas y Dinámicas (según formatos de prueba) para verificar el desempeño.

5.2 TIPOS DE ALINEACIÓN

La alineación del elemento protésico es determinada por las características de amputación de cada usuario (tipo de muñón).

Deben realizarse dos tipos de alineación: *Estática y Dinámica*.

5.2.1 Alineación Estática (o de Banco) El paciente debe permanecer de pie durante esta alineación, la cual se realiza con base en la observación de tres planos principalmente (para más información sobre estos planos, (ver Figura 8. Planos y Ejes Cuerpo Humano.):

⁸ Estas pruebas se ejecutan exclusivamente en el muñón, para corroborar medidas del socket, aún sin ensamblarle el elemento protésico.

- **FRONTAL**

La Línea Central Frontal debe estar ubicada entre el primer y segundo dedo del pie protésico, atravesar el centro de la rótula, y pasar por una línea divisoria imaginaria del socket. (Ver Figura 6. Alineación Estática Frontal). Ésta línea debe verificarse con la Línea de Plomada.

Se recomienda que la alineación tenga una ligera inclinación hacia adentro (con valgo).

Figura 6. Alineación Estática Frontal



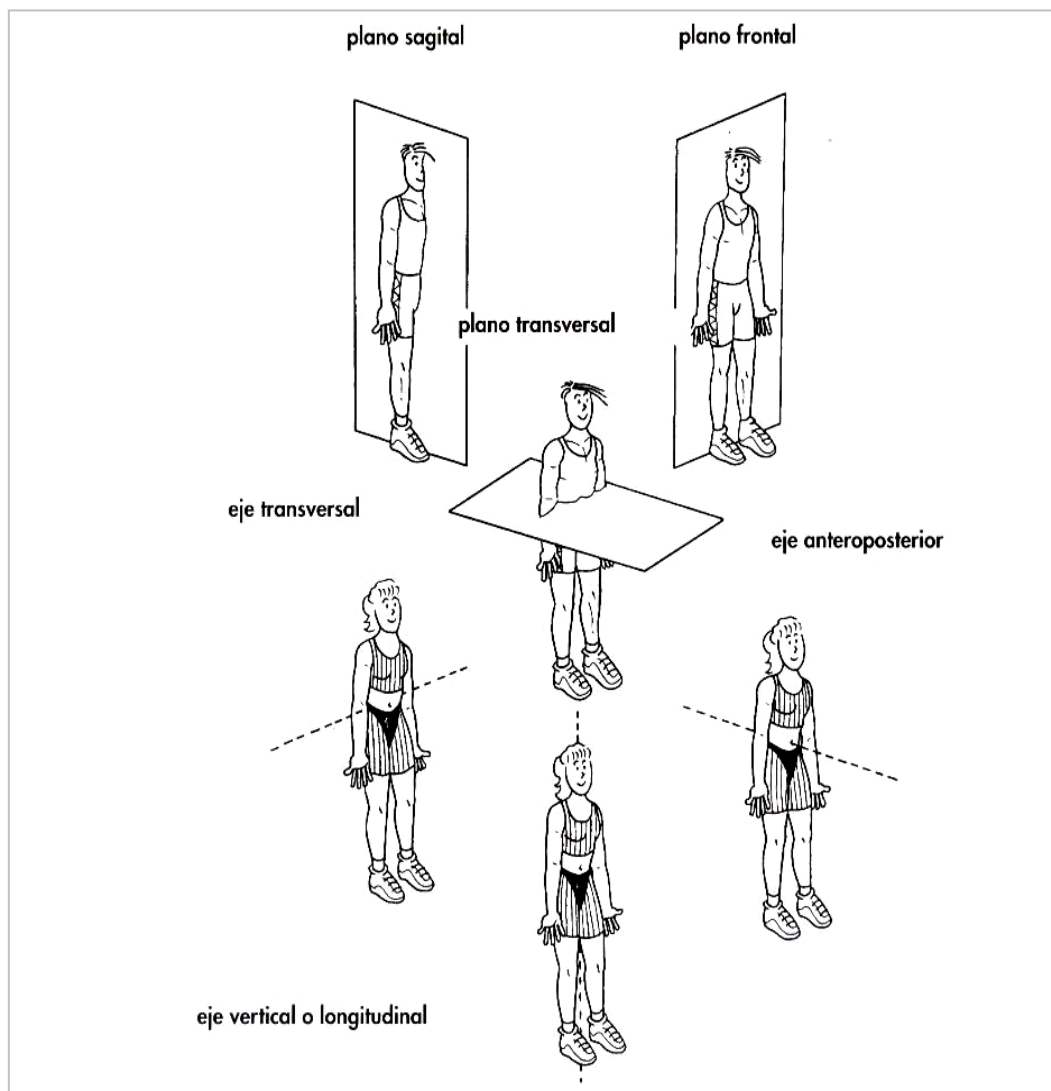
Fuente: Las autoras.

- **POSTERIOR**

La Línea Central Posterior, debe pasar por la mitad del talón y extenderse hasta la Sección Poplítea, pasando luego por una línea divisoria imaginaria del socket.

Una vez realizada la Alineación de Banco, se efectúa la Alineación Dinámica.

Figura 8. Planos y Ejes Cuerpo Humano.



Fuente: Página Web: <http://metodopilates.blogspot.com/>.

5.2.2 Alineación Dinámica Esta alineación se hace con el fin de verificar la alineación de la prótesis durante la marcha.

- Se confirma que las dimensiones de la prótesis sean proporcionales con la estatura del paciente.
- Se verifica que las crestas ilíacas estén al mismo nivel, al igual que los centros de rodilla (Ver Figura 9. Crestas Ilíacas.).

Figura 9. Crestas Ilíacas.



Fuente: Las autoras

- Se evalúa la anatomía del paciente, considerando la posición y el estado muscular del muñón (tensión, inclinación). En caso de presentar ciertas inclinaciones (hacia los lados o hacia delante o atrás) deberán realizarse las correcciones pertinentes para asegurar comodidad y precisión.

- Si durante la marcha se ve una efectiva Alineación de Banco, no es necesaria la Alineación Dinámica. En caso contrario, deberá realizarse la misma.

5.3 TIPOS DE PRUEBA

El producto puede evaluarse en diferentes aspectos, como son su desempeño con el usuario en términos cualitativos (como son comodidad y estabilidad) y cuantitativos (fuerza que ejerce el usuario al caminar con el producto) y propiedades mecánicas del mismo.

Según los aspectos a evaluar, pueden realizarse diferentes tipos de pruebas a un producto, como se muestra a continuación.

5.3.1 Pruebas de Usuario En general, el objetivo de las pruebas de usuario es determinar el cumplimiento (o no) de una serie de condiciones para el elemento protésico sujeto de evaluación y el desempeño del mismo cuando es usado por su usuario real.

Adicionalmente, el análisis de sus resultados determinará el rediseño futuro del producto.

Nota: Para dar inicio a cualquier tipo de prueba, la prótesis debe estar correctamente alineada. En caso tal de no ser así, los resultados que arrojen se verán alterados.

5.3.1.1 Pruebas Computacionales Este tipo de pruebas se realizan para determinar la estabilidad unipodal y bipodal del usuario al utilizar determinado sistema protésico. Su evaluación es tanto cualitativa (visual) como cuantitativa (numérica).

Se estudia el equilibrio del paciente apoyado sobre ambas extremidades. El programa computacional arroja una gráfica en la cual se aprecia la estabilidad del paciente estático y durante la marcha.

Existen determinadas herramientas para desarrollar las pruebas computacionales, las más destacadas son:

A) Plataforma de Fuerzas

“Es una herramienta para el estudio objetivo del movimiento humano, especialmente idónea en actividades en las que la interacción del sujeto con el suelo cobra importancia”⁹.

Su función básica es registrar las fuerzas de acción-reacción y momentos que el usuario, vinculado al elemento protésico, realiza estática y dinámicamente a lo largo de la plataforma. Adicionalmente permite hacer un diagnóstico de todas las posibles fallas en la prótesis.

Existen tres tipos de análisis posibles y sus respectivas gráficas comparativas (arrojadas por el software) con un análisis de marcha normal al usuario:

- **Marcadores:** Posición, velocidad y aceleración en los ejes X, Y, Z. Gráficas comparativas y evaluación numérica comparativa en puntos críticos.

⁹ Tomado de la página web www.ibv.org. Fecha de consulta: 25 de abril de 2008.

- **Cinético:** Movimientos angulares de cadera, rodilla, tobillo-pie en los ejes X, Y, Z.
- **Cinemática:** Fuerzas, momentos y potencias de las articulaciones en los ejes X, Y, Z.

Es idóneo, para evidenciar la funcionalidad de la prótesis, que las gráficas de marcha registradas por el software sean tan semejantes como sea posible entre los miembros sano y amputado.

Herramientas para el desarrollo de esta prueba:

- Plataforma de fuerzas, con mínimo una galga para registrar los datos de marcha.
- Cámara de Video para registrar la prueba.
- Computador con software para la toma de datos.

Procedimiento:

“En estas pruebas se hace una valoración clínica del paciente (Edad, Peso, Medidas Antropométricas, entre otros), un registro de la marcha por medio de cámaras de video¹⁰ instaladas al frente y a los lados del pasillo seleccionado para la prueba. Una vez se han hecho los registros de marcha del paciente, se escoge la toma en que el paciente ha pisado de forma apropiada la plataforma y ha caminado normalmente, luego se hace una digitalización durante un ciclo de marcha, por medio de la cual se obtienen las coordenadas planas de posición.

¹⁰ Para preservar la objetividad de estas pruebas se recomienda seguir los formatos adjuntos a este protocolo, y hacer uso de otros medios de registro, como filmar y fotografiar (u otro tipo de documentación) el desarrollo de la prueba.

Se ingresan medidas antropométricas del paciente (diámetros y longitudes de los segmentos), para que los cálculos y reconstrucciones se basen en las medidas reales del sujeto de estudio. También se hace un análisis de las placas de fuerza, marcando eventos de interés: apoyo, despegue, oscilación, logrando así una reconstrucción en 3D de la marcha del paciente.

Hecho el barrido de las principales alteraciones en el ciclo de marcha, y debido a que cada una de estas alteraciones tienen asociadas unas posibles causas protésicas y anatómicas que las originan, se puede hacer un filtrado de estas causas, determinando cuales de éstas se presentan con mayor repetición, y tienen mayor incidencia en la diferencia del patrón de marcha protésico respecto al normal, generando de esta forma un listado de los rediseños tales como: Cambio de materiales en el pie, ajuste en la rodilla, dimensiones de las piezas de la prótesis (longitud del eje), alineación de la prótesis, modificación en las restricciones mecánicas de la prótesis, modificación en la suspensión, corrección en los rangos de movilidad de la rodilla y el tobillo, etc., que se deberían hacer en las prótesis con el fin de mejorar el patrón de marcha del paciente y lograr así un avance en tratar de asemejar el patrón de marcha de un niño protésico al de un niño normal”¹¹.

B) Tapete de Bipedestación

Esta herramienta de evaluación computacional representa una opción más simplificada para el análisis del producto y su usuario como “entidad mecánica”.

Consiste en un tapete sensible a la fuerza ejercida sobre un punto del mismo (presión), y un tablero digital que enseña el tiempo de exposición a dicha presión.

¹¹ Párrafo tomado de la página Web: www.ibv.org.es. Fecha de consulta: Mayo 20 de 2008.

Herramientas para el desarrollo de esta prueba:

- Tapete de Bipedestación
- Medio de registro de resultados (Cuaderno, computador, etc.).

Procedimiento:

- Ubicar al paciente a un metro de distancia del tapete (así resultará mas fluida la marcha sobre el mismo.).
- El paciente debe caminar con la prótesis sobre el tapete (Para esta evaluación se recomienda realizar un solo ciclo de marcha por prueba y tres pruebas como mínimo.).
- Tomar datos de tiempo en que el pie se encuentra apoyado sobre el tapete.

Los datos de tiempo son útiles para determinar la comodidad del paciente cuando usa el producto (una menor cantidad de tiempo de apoyo, significa una mayor incomodidad para dar el paso).

C) Escáner de placas de Presión (I-Step)

El escáner I-Step consta de una placa central que identifica 3 variables diferentes:

1. Tamaño de Pie: Largo y ancho (calzado).
2. Tipo de Arco (Arch Type): Su medición está determinada en niveles: Alto, Medio, Bajo, siendo el Arco Medio el ideal. Arcos Medios proveen estabilidad y Soporte, Arcos Altos necesitan amortiguación y Arcos Bajos indican Pie Plano.

3. Puntos de Presión del Pie: Identifica las áreas de mayor y menor presión.

Esto arroja (a través de un software) un resultado inmediato (1 minuto) de manera gráfica del mapa de presión de cada pie (derecho e izquierdo), haciendo visibles las áreas de mayor presión (zonas de tonos cálidos, como el rojo) y menor presión (zonas de tonos fríos, como el azul) (Ver Figura 10. Componentes de Escáner I-Step y Figura 11. Condiciones ideales de distribución de presión en el pie).

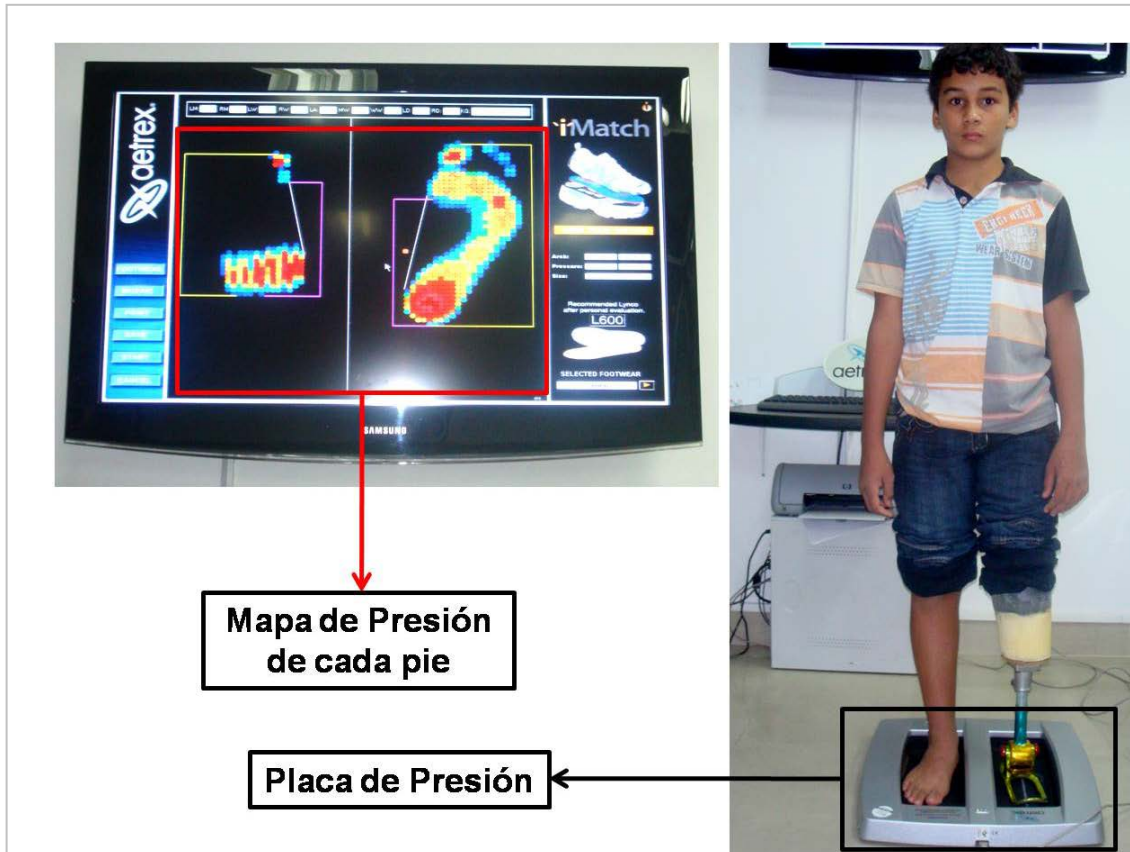
I-Step usa en su mecanismo sensores barométricos para identificar el tipo de arco y medir la presión del pie cada centímetro cuadrado (cm^2), una vez el usuario se ubica sobre la plataforma. Para capturar con precisión la altura y ancho del pie, se activan LEDs infrarrojos y receptores contenidos en su placa.

Condiciones Ideales de Distribución de Presión en el Pie:

Se considera que un pie cumple con las condiciones ideales, y que su desempeño y apoyo es adecuado cuando sigue los siguientes parámetros, evidentes en los resultados que arroja el examen (ver Figura 11. Condiciones ideales de distribución de presión en el pie):

- ***Presencia de Presión en los dedos.*** Los dedos del pie deben aparecer en la gráfica ejerciendo una presión moderada (tonos azules). El primer dedo debe presentar una mayor presión (tonos cálidos, rojos), al ser éste el apoyo de la última fase del ciclo de marcha.

Figura 10. Componentes de Escáner I-Step.



Fuente: Las autoras.

- **La zona Metatarsal debe presentar presión moderada.** La presión que se ejerce en esta área debe tender hacia tonalidades amarillas y naranja, indicando una presión media. Altas presiones en esta zona (que se mostrarían como áreas rojas) pueden ocasionar enfermedades como Metatarsalgia (ver Glosario).
- **El arco longitudinal debe mostrar bajas presiones,** en tonalidades azules y máximo amarillas.

- ***El talón debe presentar la mayor presión.*** Esta zona del pie es aquella en la cual se ejerce mayor presión, por lo que muestra zonas rojas predominantes, que se atenúan a su alrededor.
- ***La distribución de presión debe darse de forma equitativa para ambos pies.*** En una condición ideal, sobre cada pie se ejerce la mitad de la presión total ejercida (sumatoria pie derecho y pie izquierdo). Esto puede verificarse a través de los valores que arroja la gráfica de área total de presión ejercida.

Herramientas para el desarrollo de esta prueba:

- Escáner I-Step.
- Medio de registro de resultados (Cuaderno, computador, cámara fotográfica, etc.).

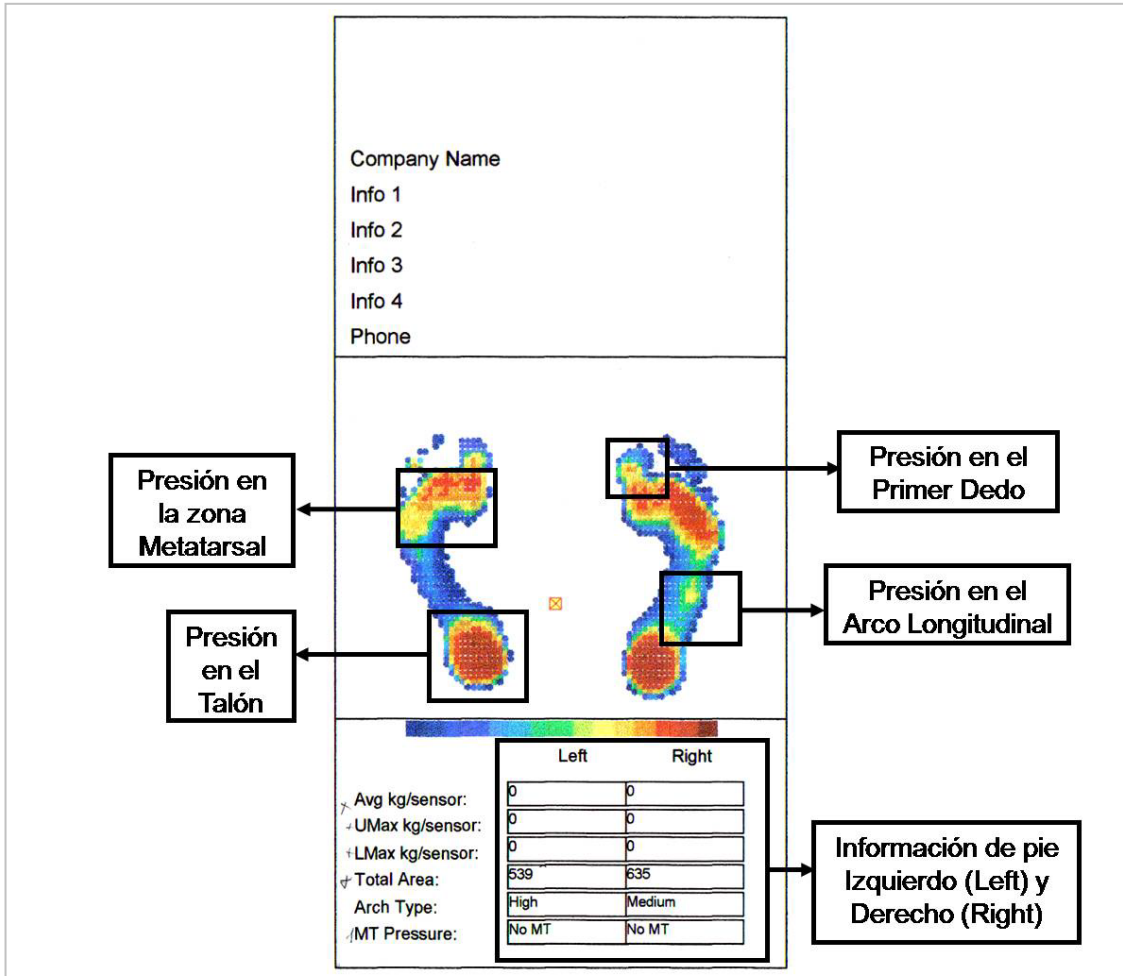
Procedimiento:

Ésta evaluación se hace comparando los datos del paciente estudiado, contra los datos y rangos de normalidad (establecidos en las “Condiciones Ideales de Distribución de Presión en el Pie”).

- Ubicar al paciente sobre la superficie del escáner. Este instrumento de medición cuenta con dos divisiones en su superficie (una para cada pie), por lo tanto el paciente debe posicionar cada pie dentro de la división correspondiente.

- El paciente debe permanecer en quietud para un adecuado registro de datos. Se obtiene entonces una imagen que muestra la distribución de presión en cada pie, el tipo de arco y puntos de presión.

Figura 11. Condiciones ideales de distribución de presión en el pie



Fuente: Escáner *I-Step*, Avances Médicos.

5.3.1.2 Pruebas Perceptuales (Apreciativas) En estas pruebas se evalúa el desempeño de la prótesis en el momento de uso y la adaptación del paciente a la misma. Es fundamental la atención a los siguientes aspectos:

- Comodidad
- Estabilidad
- Alineamiento
- Estética
- Mano de obra

Herramientas para el desarrollo de esta prueba:

- Cinta métrica
- Barras paralelas o andadoras para más seguridad del amputado
- Silla (con brazos preferiblemente)
- Escaleras /Rampas para el paciente subir por ellas.

Pueden distinguirse dos tipos básicos de pruebas perceptuales; Estáticas y Dinámicas (o de marcha):

A) Estáticas

Consta de:

- Colocación correcta de la prótesis por el usuario
- Paciente de Pie
- Paciente Sentado (Sentarse y levantarse de sillas)
- Paciente Arrodillado (Arrodillarse y levantarse)

Se amplía cada paso a continuación:

- **Revisión de longitud de la prótesis**

Comparar las **alturas de las crestas ilíacas**. Estas deben ser cruzadas por una línea imaginaria paralela al suelo, lo cual garantiza su adecuada alineación.

- **COLOCACIÓN CORRECTA DE LA PROTESIS POR EL USUARIO**

Para este primer paso es ideal que sea el usuario mismo quien se ajuste la prótesis; esto para que se acostumbre a ella y pueda controlarla. Sin embargo, debe estar en presencia del protesista y/o de quien le asista en la prueba.

Observación: El proceso de colocación de la prótesis puede dificultarse por no conocer la técnica adecuada, por lo que es requerida la presencia del protesista en ese momento.

- **PACIENTE DE PIE**

Procedimiento:

- El usuario debe estar de pie, en buena postura (peso distribuido en ambos pies).
- Separar los centros de los talones del usuario a máximo 12 cms.
- En caso de presentar incomodidades, revisar las zonas afectadas.

- **PACIENTE SENTADO**

Procedimiento:

- El usuario debe pasar de la posición erguida a sentado, con los pies planos en el suelo y rodillas en una flexión de 90° (aproximadamente). Puede apoyarse en los brazos de la silla para realizar la acción.
- Pasar de una flexión de rodillas de aproximadamente 90° a una flexión superior.

- **PACIENTE ARRODILLADO**

Procedimiento:

- **Arrodillar**
- Poner el pie sano bastante adelante del pie protésico.
- Mantener la rodilla del lado amputado extendida.
- Desplazar la mayor parte del peso hacia el pie sano.
- Doblar ambas rodillas para ubicar la rodilla del lado amputado suavemente sobre el suelo. A medida que esta rodilla se flexiona, el pie de la prótesis se deslizará hacia atrás sobre el suelo.
- Mantener la rodilla del lado amputado en completa flexión y el cuerpo extendido hacia atrás, para evitar caerse hacia adelante.
- Arrodillarse con ambas piernas.

Levantarse de la posición arrodillada

- Ubicar el pie sano plano en el suelo.

- Flexionar por la cintura hacia adelante.
- Extender la cadera y rodilla de la extremidad sana. Si es necesario, poner la mano sobre el muslo y empujar para ayudar a elevarse.

A medida que el amputado se incorpora, traer el pie protésico hacia adelante, de manera que quede sólo un poco por detrás del pie sano.

B) Dinámicas (De Marcha)

Procedimiento:

- Prueba en Barras (El paciente da sus primeros pasos sin riesgo de caerse apoyado en las barras).
- Marchar sobre superficies horizontales, sin ayuda de barras.
- Subir/Bajar Escaleras y Rampas¹².

Características de la marcha

- a. El paciente **debe estar cómodo cuando camina**.
- b. La base de la marcha debe ser estrecha, aproximadamente de **5 a 10cm. entre los centros de los talones**.
- c. La **rodilla debe flexionarse de 100cm a 150** inmediatamente después del apoyo del talón.
- d. El **pie debe rotar de una forma suave y rápida**, hasta el contacto total de la planta con el suelo.
- f. La **rodilla debe extenderse** cuando se traslada el peso del cuerpo sobre el pie **y debe flexionarse** de nuevo antes del despegue del suelo.

¹² Evitar este paso en el chequeo inicial si es la primera vez que el paciente usa una prótesis transtibial.

g. La fase de balanceo debe tener una apariencia natural, con muy poca o ninguna acción de pistón entre el encaje y el muñón.

h. La **punta del pie no debe rozar con el suelo** durante la fase de balanceo.

Observación: Durante las pruebas perceptuales debe retroalimentarse el proceso de evaluación con el usuario, cuestionándole si se encuentra satisfecho con el producto en aspectos como mano de obra, estética y funcionalidad.

Como paso adicional a la prueba se propone desarrollar, una vez realizada la prueba al paciente con el debido análisis y anotación del desempeño, sumado a la observación de las capacidades individuales; un “**Enfoque Vocacional**” en el cual se proporcione al paciente una asesoría sobre los posibles campos (deportivos, artísticos, etc.) en los cuales puede desarrollarse, e iniciar su entrenamiento-motivación para potenciar sus aptitudes poniéndole en contacto con entidades relacionadas a su elección vocacional.

5.3.2 Pruebas Técnicas Del Producto Es de gran importancia que el producto se evalúe separadamente en un laboratorio, mediante ensayos específicos que midan la capacidad y desempeño futuros del mismo, sometiéndolo a pruebas técnicas de alta exigencia.

Se recomienda realizar pruebas técnicas a la prótesis con la totalidad de componentes ensamblados y como se dispondrán para su uso, pues así permanecerá durante su utilización.

Se sugiere que estas pruebas sean realizadas cuando se cuenta con más de 2 prototipos del mismo producto, ya que la finalidad de éstas es someter la prótesis a esfuerzos y cargas máximas, llegando incluso a la destrucción del prototipo.

NOTA: Se sugiere que las **Pruebas de Usuario y Técnicas** se realicen tanto para la prótesis desarrollada (propuesta) como para la prótesis que el usuario posee en la actualidad, con el fin de comparar el desempeño de ambas y validar el producto desarrollado.

6. RECOMENDACIONES

6.1 ANTES DE LA PRUEBA

- Se recomienda que sea una misma persona a quien se evalúe durante las pruebas para el análisis de un producto.
- Realizar las pruebas de usuario y técnicas tanto para la prótesis desarrollada (propuesta) y la actual (aquella que el individuo ya poseía), así se tiene un punto de comparación para realizar el análisis y determinar beneficios, fallas y aspectos innovadores del producto propuesto.
- Identificar “Vicios de la Marcha” que el usuario pueda presentar al momento de caminar con su prótesis anterior (en caso de no ser su primera vez), los cuales se deben a un mal alineamiento de la prótesis, un diseño de socket incorrecto y/o una longitud inadecuada de la prótesis.
- Recordar que *“la prótesis se debe adaptar al paciente, no el paciente a la prótesis”*¹³.
- Para el correcto desarrollo de las pruebas de usuario es necesario tener en cuenta el tiempo y tratamiento protésico que lleve cada paciente. Esto afectará los resultados de la misma ya que, entre mayor tiempo haya estado el paciente en contacto con un elemento protésico, mejor es su habilidad, e igualmente será el desempeño y acoplamiento del usuario a la nueva prótesis.

¹³ Página Web: inmunotec.com.ar. Fecha de Consulta: 21 feb 2008.

6.2 DURANTE LA PRUEBA

- Para aquellos casos en que se presentan anomalías al transcurrir la marcha, deberá remitirse el usuario a terapia nuevamente, sin que esto represente una falla de la prótesis en sus ensambles o diseño de componentes.
- El muñón de cada paciente es diferente, por lo cuál sus características particulares de cirugía y recuperación (miodesis) entrarán en consideración durante la prueba de usuario, variando los resultados y conclusiones de la misma.
- Es de gran importancia contar con la opinión del usuario durante el desarrollo de las pruebas; en temas como la comodidad¹⁴, el funcionamiento de la prótesis, y que su apariencia se ajuste a sus necesidades.
- Debe proporcionarse al paciente apoyo psicológico, atención personalizada e información clara del proceso del tratamiento y del producto a usar.
- El amputado gasta más energía y como resultado de su mayor esfuerzo, se cansa más rápidamente que una persona que posee ambos miembros.
- Un paciente a quien se coloca una prótesis de este tipo por primera vez, puede sentir molestias por la presión que se produce al cargar en el encaje. Sin embargo, **la cantidad de presión que se produce en el muñón debe ser tolerable.**

¹⁴ Se define comodidad para el caso como el grado mínimo y tolerable de molestia que el usuario admite.

6.3 DESPUÉS DE LA PRUEBA

- Se recomienda al paciente exámenes periódicos (una visita cada seis meses), con el objetivo de comprobar que no hay cambios en las características físicas del paciente que puedan afectar la adaptación y alineación de la prótesis y que no hay deficiencias mecánicas que pudieran disminuir su eficiencia.

7. FORMATOS DE PRUEBA

Los pasos a continuación son una guía para evaluar el funcionamiento del producto. Para mayor facilidad durante el desarrollo de la prueba, este formato está diseñado para ser impreso por ambos lados de la hoja. De esta forma se tendrá el espacio para diligenciar la prueba en el anverso de la hoja y la explicación de cada punto a evaluar en el reverso de la misma.

Las respuestas desfavorables a alguno de los pasos requeridos en la prueba, implican que el producto puede y debe mejorarse en este ítem.

Existen excepciones a algunas desviaciones, lo cual deberá considerarse para el desarrollo de la prueba (Tener en cuenta las recomendaciones del numeral 7).

El siguiente formato es válido para las Pruebas Perceptuales. Diligenciar **antes** de realizar la(s) **Prueba(s) de Usuario**.

Tabla 1. Formato para Diligenciar antes de las Pruebas de Usuario.

INFORMACIÓN PARTICIPANTES			
Nombre	Institución	Cargo	Rol en la Prueba

FICHA DESCRIPCIÓN PRUEBA DE USUARIO PARA PRÓTESIS TRANSTIBIAL INFANTIL	
NOMBRE DE LA PRUEBA:	
FECHA (DD/MM/AAAA)	
EJECUTANTE/RESPONSABLE	
PRODUCTO	
DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA	
OBJETIVO	
ELEMENTOS/HERRAMIENTAS	
MONTAJE	
DURACIÓN ESTIMADA (Min.)	40 min
DURACIÓN REAL (Min.)	30 min

FACTORES PROTÉSICOS	
¿Hace cuánto usa prótesis? (Meses)	
¿Cuánto tiempo ha usado la <i>presente prótesis</i> ? (Meses)	
¿Cuánto la usa? (Horas al día)	
Tipo de Amputación	Derecha Izquierda

Fuente: Las Autoras.

Tabla 2. Formato para Diligenciar durante las Pruebas de Usuario.

8.1 Formato Pruebas Perceptuales


PRUEBA PERCEPTUAL ESTÁTICA	
1. SEGUIMIENTO	
a. ¿Puede ponerse el paciente la prótesis con facilidad?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Observaciones	
 2. PACIENTE DE PIE	
a. ¿Está el paciente cómodo mientras está de pie con el centro de los talones separados no más de 12 cm.?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Observaciones	
b. ¿Es satisfactorio el alineamiento antero-posterior de la prótesis? (¿Inestabilidad en su rodilla - forzada hacia atrás?).	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Observaciones	
c. ¿Es satisfactorio el alineamiento mediolateral?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Observaciones	

Tabla 2. Formato para Diligenciar durante las Pruebas de Usuario (Continuación).

<p>1. Seguimiento</p> <p>a. - Observar al paciente mientras se coloca la prótesis. - Si es primera vez, se deben dar las instrucciones pertinentes para su correcta colocación.</p>
<p>2. Evaluación Paciente de Pie</p> <p>El amputado debe estar erguido con el peso distribuido en ambos pies y los centros de los talones separados no más de 12 cm.</p>
<p>2.</p> <p>a. ¿Está el paciente cómodo mientras está de pie con el centro de los talones separados no más de 12 cm.?</p> <ul style="list-style-type: none">- Si no está cómodo: Asegurarse que la prótesis está bien puesta. Si lo está y la incomodidad persiste, determinar las áreas afectadas.- Continuar la revisión si el paciente tolera las molestias, para encontrar todos los factores que influyan en la molestia u otro más que deba corregirse.
<p>2.</p> <p>b. ¿Es satisfactoria la alineación antero-posterior de la prótesis?</p> <ul style="list-style-type: none">- El paciente no debe sentir inestabilidad en su rodilla ni esfuerzos hacia atrás.- Porción anterior del talón y suela del zapato deben estar planos en el suelo.- El usuario debe ser capaz de mantener la estabilidad de la rodilla con un mínimo esfuerzo muscular.
<p>2.</p> <p>c. ¿Es satisfactorio el alineamiento medio - lateral?</p> <ul style="list-style-type: none">- Pie debe estar en contacto total con el suelo, sin que el apoyo sea mayor en el borde interno o en el externo.- Observar los bordes laterales (interno y externo) del encaje para comprobar que entre éstos y el muñón no existen orificios. Revisar ambos zapatos para comprobar que tienen un desgaste igual.- Si los zapatos están en buenas condiciones y aún persiste el vacío en uno de los lados del encaje, se deberá a una mala adaptación de éste, a una mala alineación de la prótesis o a ambos.

Guía para Diligenciar Formato de Pruebas de Usuario (Respaldo de Hoja 1).

Tabla 2. Formato para Diligenciar durante las Pruebas de Usuario (Continuación).



<p>d. ¿Tiene la prótesis la longitud correcta? (Prótesis deberá tener la misma longitud que la pierna normal - Pelvis nivelada - Postura cadera/rodilla.)</p>	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<p>Observaciones</p>		
<p> 3. PACIENTE SENTADO</p>		
<p>a. ¿Puede sentarse el paciente cómodamente con un mínimo de abultamiento de tejidos blandos en la región poplíteica cuando la rodilla está flexionada 90°?</p>	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<p>Observaciones</p>		
<p> 4. PACIENTE ARRODILLADO</p>		
<p>a. ¿Puede arrodillarse bien el paciente? (Arrodillarse con ambas piernas – tronco vertical)</p>	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<p>Observaciones</p>		

Tabla 2. Formato para Diligenciar durante las Pruebas de Usuario (Continuación).

2.

d. ¿Tiene la prótesis la longitud correcta?

- La prótesis debe tener **la misma longitud que la otra pierna**. Para verificar la longitud de la prótesis, revisar nivelación de la **pelvis** palpando las crestas ilíacas. La pelvis puede permanecer a su nivel, incluso con una prótesis demasiado corta si el amputado flexiona la pierna sana.

- Otra forma de observar la diferencia de longitud es **comprobando la postura de la cadera y la rodilla**.

- En caso de aparente diferencia de longitud puede deberse a:

a) Un pie con una flexión plantar o dorsal excesiva

b) Un muñón que entra mucho o poco en el socket, debido a una adaptación del mismo o a una mala colocación de la prótesis.

c) Una caña de longitud inadecuada.

- Si la prótesis es **demasiado corta**, puede presentarse una **convexidad lumbar hacia el lado de la prótesis**.

3. Evaluación paciente Sentado

3.

a. ¿Puede sentarse el paciente cómodamente con un mínimo de abultamiento de tejidos blandos en la región poplíteica cuando la rodilla está flexionada 90°?

- El amputado debe ser capaz de **sentarse cómodamente con los pies planos en el suelo y las rodillas en una flexión aproximada de 90°**.

- Preguntar al paciente si siente **incomodidad en la parte posterior de la rodilla** o en otro lugar **cuando está sentado con la rodilla flexionada 90°**.

4. Paciente Arrodillado

4.

a. ¿Puede arrodillarse bien el paciente?

- El paciente **debe arrodillarse con ambas piernas**.

- En el chequeo inicial, el paciente puede tener dificultad para arrodillarse, por ello **debe sentarse inicialmente**.

- Verificar si la prótesis produce **pellizcos en la piel en la parte posterior de la rodilla**.

- Debe ser capaz de mantenerse en la **posición arrodillada con el tronco vertical, ejerciendo el mínimo esfuerzo**.

- No debe sentirse **impulsado hacia adelante** por la prótesis.

- **Los mismos factores que intervienen cuando está sentado, también afectan cuando va a arrodillarse**.

- Un amputado puede estar cómodo al estar sentado, pero puede tener molestias al arrodillarse, sin embargo, **si el amputado no está cómodo al sentarse con su rodilla flexionada 90°, probablemente tampoco podrá arrodillarse**.

Tabla 2. Formato para Diligenciar durante las Pruebas de Usuario (Continuación).


PRUEBA PERCEPTUAL DINAMICA	
 5. PACIENTE EN MARCHA	
a. ¿Anda el paciente satisfactoriamente en una superficie plana? (¿desviaciones de marcha?)	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Observaciones	
b. ¿Puede el paciente subir y bajar escaleras y desniveles satisfactoriamente? (Velocidad subida/bajada – estabilidad de rodilla)	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Observaciones	
c. ¿Aparecen rozaduras en el muñón, decoloraciones o transpiración excesiva inmediatamente después de quitar la prótesis?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Observaciones	

Tabla 2. Formato para Diligenciar durante las Pruebas de Usuario (Continuación).

<p>5. Evaluación paciente en Marcha</p>
<p>5.</p> <p>a. ¿Anda el paciente satisfactoriamente en una superficie plana?</p> <ul style="list-style-type: none">- Observar al amputado de frente, por detrás y de lado cuando camina.- Prestar especial atención al pie y a la rodilla en la fase de apoyo del talón, en el apoyo medio y el arranque o despegue del pie.- El amputado que, con una prótesis PTB, camine con un patrón de marcha similar a un amputado por encima de la rodilla, tiene una prótesis mal alineada, un pie con mala función, un muñón doloroso o está acostumbrado a una marcha incorrecta.
<p>5.</p> <p>b. ¿Puede el paciente subir y bajar escaleras y cuestas satisfactoriamente?</p> <ul style="list-style-type: none">- Debe evitarse hacer estas pruebas en el chequeo inicial si el amputado no tenía antes una prótesis.- Verificar:<ul style="list-style-type: none">- La velocidad en el proceso de subir y bajar- Las dificultades en la estabilidad de la rodilla y en el balanceo de la prótesis.- Considerar la longitud del muñón, la edad, las condiciones físicas generales, el sistema de suspensión y el encaje.
<p>4.</p> <p>d. ¿Aparecen rozaduras en el muñón, decoloraciones o transpiración excesiva inmediatamente después de quitar la prótesis?</p> <ul style="list-style-type: none">- Revisar si la coloración y el sudor excesivo son producto de la prótesis actual.- Distinguir las coloraciones recientes de las anteriores. El color rojizo que desaparece en un periodo de diez minutos, no tiene importancia si no hay dolor, incomodidad o zonas con déficit sensorial.

Guía para Diligenciar Formato de Pruebas de Usuario (Respaldo de Hoja 3).

Tabla 2. Formato para Diligenciar durante las Pruebas de Usuario (Continuación).

<p>5. Apariencia y Desempeño</p>
<p>5.</p> <p>a. ¿Es satisfactoria la mano de obra y apariencia de la prótesis en general? ¿Es correcto el acabado de la prótesis?</p> <ul style="list-style-type: none">- Consultar la opinión del usuario sobre estos puntos.- Se deben inspeccionar los elementos de fijación, para asegurarse que están suaves y firmes.- La prótesis debe tener un acabado superficial que no intervenga con el desempeño del usuario.
<p>5.</p> <p>b. ¿Funciona la prótesis sin ruidos?</p> <ul style="list-style-type: none">- Si se detectan ruidos en la prótesis, se debe determinar la ubicación donde se producen (usualmente en las articulaciones).- A veces se puede oír un ruido cuando el aire entra y sale del socket, al caminar el amputado. Esto puede ser por una acción de pistón causada por suspensión inadecuada, por un mal ajuste del encaje o por incongruencias entre el encaje y el forro.
<p>5.</p> <p>c. Opinión del usuario sobre la prótesis.</p> <ul style="list-style-type: none">- Esto ayuda a que se evidencien algunos puntos que se han podido olvidar en el chequeo y que requieren la atención del equipo clínico.

Guía para Diligenciar Formato de Pruebas de Usuario (Respaldo de Hoja 4).

Fuente: Las autoras.

BIBLIOGRAFÍA

Sitios Web

- National.Instruments.Corporation. (s.f.). *National Instruments Corporation*. Recuperado el 2008, de <http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/D864C2C25C7B5EE086256F490070432B>.
- Podo-ortosis. (s.f.). *Podo-ortosis*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2007, de http://www.podoortosis.com/a_introduccion/c01.htm.
- Rodríguez, C. F., & Torres, Y. (2005). *DSpace*. Recuperado el 2008, de http://dspace.uniandes.edu.co:5050/dspace/bitstream/1992/220/1/mi_1183.pdf.

Entrevistas

- Mejía, M. (18 de Septiembre de 2009). Demanda y Cotización de Prótesis Transtibiales. (M. F. Suescum, Entrevistador).
- Torres, A. (Abril de 2008). Plataforma Dinamométrica. (M. F. Berbesi, & M. F. - Suescum, Entrevistadores).
- Vélez, J. M. (2008). Pruebas de Usuario. (M. F. Berbesi, Entrevistador).

Artículos

- Berger, & Fishman. (1998). *Lower Limb Prosthetics*. New York.

- Collado, S. (2005). Plataformas Dinamométricas-Aplicaciones. *Biociencias* , 1-18.
- Delgado, L. J., Correal, S., & Salazar, I. (2006). Desarrollo de un Sistema Protésico para Personas con Amputación Transfemoral en Colombia. *Tesis*.

ANEXO F

Desarrollo de Pruebas de Usuario (Formatos Diligenciados)


El siguiente formato es válido para las Pruebas Perceptuales. Diligenciar **antes** De realizar la(s) **Prueba(s) de Usuario**.

INFORMACIÓN PARTICIPANTES			
Nombre	Institución	Cargo	Rol en la Prueba
Sebastián Gutiérrez		Usuario	Usuario
Luis Mario Hurtado	Ortopédicas TAO	Protesista	Experto
Maria Fernanda Berbesi			Registro de imágenes
Maria Fernanda Suescum			Toma de datos

FICHA DESCRIPCIÓN PRUEBA DE USUARIO PARA PRÓTESIS TRANSTIBIAL INFANTIL	
NOMBRE DE LA PRUEBA:	Prueba de Usuario Prótesis Transtibial
FECHA (DD/MM/AAAA)	2009
EJECUTANTE/RESPONSABLE	Maria Fernanda Suescum Maria Fernanda Berbesi
PRODUCTO	<i>Prótesis Transtibial Infantil.</i>
DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA	Prueba de pie, sentado, arrodillado, en marcha
OBJETIVO	Determinar desempeño de la prótesis diseñada mediante pruebas perceptuales mediante pruebas de usuario para validar la misma en el medio local
ELEMENTOS/HERRAMIENTAS	Barras, flexómetro, silla, escaleras.
MONTAJE	
DURACIÓN ESTIMADA (Min.)	40 min
DURACIÓN REAL (Min.)	30 min

FACTORES PROTÉSICOS		
¿Hace cuánto usa prótesis? (Meses)	9 años (108 meses)	
¿Cuánto tiempo ha usado la <i>presente</i> prótesis? (Meses)	8 meses	
¿Cuánto la usa? (Horas al día)	Todo el día	
Tipo de Amputación	Derecha	<u>Izquierda</u>

8.1 Formato Pruebas Perceptuales

PRUEBA PERCEPTUAL ESTÁTICA	
1. SEGUIMIENTO	
a. ¿Puede ponerse el paciente la prótesis con facilidad?	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Observaciones El paciente está familiarizado con elementos protésicos lo que facilita la colocación del socket. La prótesis no aprieta y se ajusta adecuadamente.	
 2. PACIENTE DE PIE	
a. ¿Está el paciente cómodo mientras está de pie con el centro de los talones separados no más de 12 cm.?	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO
Observaciones No se para cómodamente ya que hay un exceso de flexión dorsal, debido a la rigidez del sistema de suspensión (Figura 19. Inclinación hacia adelante (Flexión Dorsal)).	
b. ¿Es satisfactorio el alineamiento antero-posterior de la prótesis? (¿Inestabilidad en su rodilla - forzada hacia atrás?).	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO
Observaciones La rodilla se inclina hacia adelante por el aumento de flexión. Si intenta pararse totalmente erguido se presencia un ángulo entre la planta del pie (zona delantera) y el piso (Figura 20. Elevación zona delantera del pie respecto al suelo).	
c. ¿Es satisfactorio el alineamiento mediolateral?	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO
Observaciones Se presenta una leve inclinación en varo (hacia afuera) como se muestra en la Figura 22. Alineación en Varo, que puede ajustarse con la alineación del socket.	

d. ¿Tiene la prótesis la longitud correcta? (Prótesis deberá tener la misma longitud que la pierna normal - Pelvis nivelada - Postura cadera/rodilla.)

NO

Observaciones

Aunque el sistema de graduación no es funcional, se logra ajustar el socket para lograr la alineación de las crestas ilíacas.



3. PACIENTE SENTADO

a. ¿Puede sentarse el paciente cómodamente con un mínimo de abultamiento de tejidos blandos en la región poplíteica cuando la rodilla está flexionada 90°?

NO

Observaciones

Logra sentarse sin dificultad, aunque presenta una rotación externa al sentarse y la elevación del pie por el exceso de flexión dorsal.



4. PACIENTE ARRODILLADO

a. ¿Puede arrodillarse bien el paciente?
(Arrodillarse con ambas piernas – tronco vertical)

NO

Observaciones

No presenta inconvenientes para arrodillarse ni pararse (Ver Figura 21. Usuario en posición arrodillado).

PRUEBA PERCEPTUAL DINAMICA



5. PACIENTE EN MARCHA

a. ¿Anda el paciente satisfactoriamente en una superficie plana?
(¿desviaciones de marcha?)

 SI

Observaciones

El paciente no está acostumbrado a la articulación de tobillo por lo que se le dificulta dar los pasos correctamente y además tiene un mal hábito de marcha (se apoya hacia adelante para caminar). Camina con la rodilla flexionada.

b. ¿Puede el paciente subir y bajar escaleras y desniveles satisfactoriamente?

(Velocidad subida/bajada – estabilidad de rodilla)

 NO

Observaciones

Sube las escaleras a una velocidad normal apoyando un pie seguido del otro. Presenta dificultad al bajar las escaleras debido a flexión dorsal aumentada.

c. ¿Aparecen rozaduras en el muñón, decoloraciones o transpiración excesiva inmediatamente después de quitar la prótesis?

 SI NO

Observaciones

N/A

5. APARIENCIA Y DESEMPEÑO

a. ¿Es satisfactoria la mano de obra y apariencia de la prótesis en general? ¿Es correcto el acabado de la prótesis?

 SI NO

Observaciones

Al usuario le gusta la forma del pie y la idea de tener la prótesis en colores, pero prefiere la articulación de tobillo más pequeña.

b. ¿Funciona la prótesis sin ruidos?

 SI NO

Observaciones

El resorte genera ruido cuando es obstruido por la articulación.

c. Opinión del usuario sobre la prótesis

Observaciones

Protesista:

Evitar la excesiva flexión dorsal que, además de los problemas de marcha, puede generar daños en la articulación de rodilla.

Es evidente la ventaja de la articulación de tobillo ya que le facilita el movimiento del pie para sentarse, arrodillarse y subir escalas.

Usuario:

Cree que el diseño preliminar de prótesis tiene gran ventaja al ser más liviano y no encuentra inconvenientes además de la excesiva flexión. Le gustan los colores y le gustaría usarla.

ANEXO G

Desarrollo Pruebas Computacionales

1. PRUEBA COMPUTACIONAL I-STEP #1 (TOMA DE DATOS CON PRÓTESIS ACTUAL)

Se realizó la primera prueba computacional con la prótesis que usa el paciente en la actualidad¹. Al ubicarse sobre el escáner, se obtuvieron los resultados contenidos en la Tabla. Resultados Prueba Computacional I-Step #1 y su correspondiente imagen² (ver Figura. Prueba I-Step #1, Toma de Datos prótesis actual).

Tabla G1. Resultados Prueba Computacional I-Step #1.

Resultados Prueba Computacional #1 – Toma de Datos con Prótesis Actual		
Aspecto	Pie Derecho	Pie Izquierdo (Amputación)
Descripción	La imagen presenta aparición de los dedos del pie, con mayor presión sobre el primer dedo, así mismo hay presión media en	No hay presencia de presión sobre los dedos del pie y en el arco longitudinal.

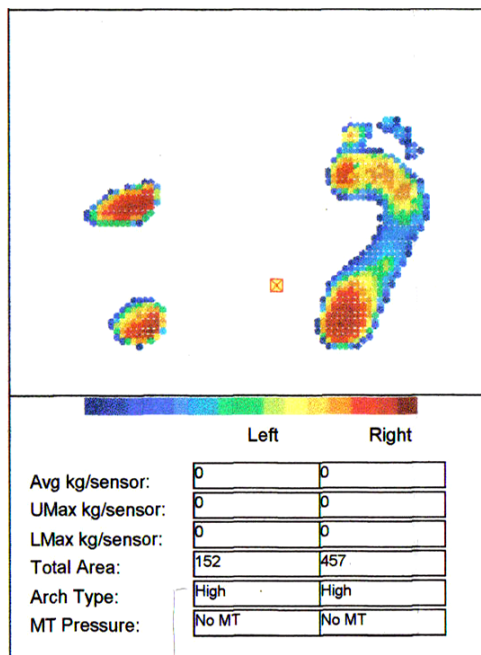
¹ El usuario en la actualidad usa una prótesis Exoesquelética nacional.

² Para mayor información sobre interpretación de imágenes obtenidas en pruebas computacionales I-Step, ver Anexo E. Protocolo de Pruebas de Usuario, numeral 6.3.3.1 Pruebas Computacionales.

	<p>el arco longitudinal y el talón presenta la mayor presión ejercida sobre el pie, siendo consecuente con las condiciones ideales enunciadas. La zona metatarsal presenta un punto de alta presión hacia la parte interna del pie. (Ver gráfica ()).Prueba I-Step #1, Toma de Datos prótesis actual)</p>	<p>Se ejerce elevada presión sobre la zona metatarsal.</p>
Tipo de Arco	Alto	Alto
Área Total	457	152

Fuente: Escáner I-Step, Avances Médicos.

Figura G1. Prueba I-Step #1, Toma de Datos prótesis actual.



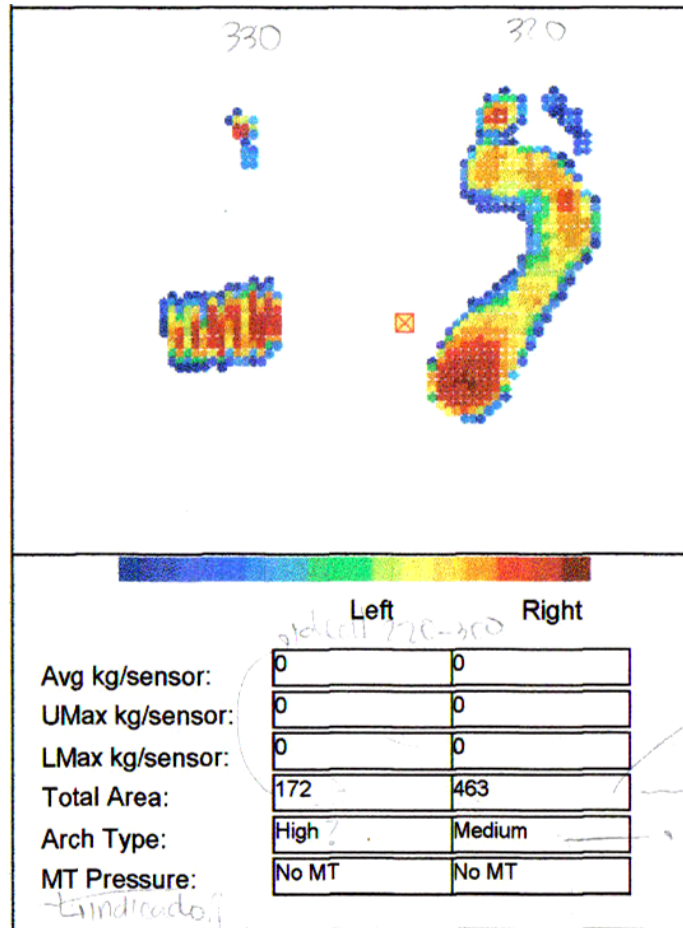
Fuente: Escáner I-Step, Avances Médicos.

TablaG2. Resultados Prueba Computacional I-Step #2

Resultados Prueba Computacional #2 – Toma de Datos con Prótesis Diseño Preliminar		
Aspecto	Pie Derecho	Pie Izquierdo (Amputación)
Descripción	<p>La imagen presenta aparición de los dedos del pie, con mayor presión sobre el primer dedo, así mismo hay presión media en el arco longitudinal y el talón presenta la mayor presión ejercida sobre el pie, siendo consecuente con las condiciones ideales enunciadas anteriormente.</p> <p>La zona metatarsal presenta una disminución de presión con el diseño preliminar.</p> <p>Se presenta un aumento de presión en el arco longitudinal y en el Primer Dedo.</p>	<p>Hay presencia de presión en el área correspondiente al primer dedo.</p> <p>No se muestra presión sobre la zona metatarsal y el arco longitudinal.</p> <p>Aumenta la presión sobre el área del talón.</p>
Tipo de Arco	Medio	Alto
Área Total	463	172

Fuente: Las autoras.

Figura G2. Prueba I-Step #2, Toma de Datos prótesis Diseño Preliminar.



Fuente: Escáner I-Step, Avances Médicos.

ANEXO H

Matriz de Evaluación de Alternativas Rediseño

Tabla H1. Matriz de Evaluación de Alternativas Rediseño

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PROTESIS TRANS TIBIAL									
ASPECTOS		MEDIDA			PESO	ALTERNATIVAS			
		1		2					
						V	T	V	T
materiales 6%	Uso de nuevos materiales	0-30% /30-70%/ 70-100%			1%	0	0	0	0
	Facilidad de maquinado	Baja	Media	Alta	1%	3	0,03	5	0,05
	Costos de materiales	Bajo	Media	Alta	2%	3	0,06	5	0,1
	Facilidad de consecución	importado	nacional	local	2%	5	0,1	5	0,1
			0	3	5				
Manufactura 7%	Costo viable	NO	SI		3%	3	0,09	5	0,15
	Viabilidad de producción	importado	nacional	local	2%	5	0,1	5	0,1
	EL prototipo puede ser realizado en las instalaciones de la universidad	0-30% /30-70%/ 70-100%			2%	5	0,1	5	0,1
		0	3	5					

Retos 12%	Aplicación de nuevos conocimientos	No aplica Pocos Muchos						
		0 3 5	3%	3	0,09	3	0,09	
	Aplicación de conocimientos adquiridos	No aplica Pocos Muchos						
		0 3 5	3%	3	0,09	3	0,09	
	Fácil consecución de tema	NO SI						
		0 5	3%	3	0,09	5	0,15	
	Idea viable en el tiempo académico estipulado	NO (>1 año) SI (= 1 año)						
		0 5	3%	5	0,15	5	0,15	

Ergonomía 8%	Demanda conocimiento del producto para la adecuada operación por parte del usuario.	Bajo Medio Alto						
		5 3 0	2%	3	0,06	3	0,06	
	Adecuación/ acoplamiento al espacio del usuario	NO SI						
		0 5	2%	5	0,1	5	0,1	
	Se ajusta a medidas antropométricas	NO SI						
		0 5	4%	5	0,2	5	0,2	

Seguridad 8%	Evita riesgos durante el uso y mantenimiento	Nulo Parcial Total						
		0 3 5	2%	5	0,1	5	0,1	
	Tiene señales de seguridad	NO SI						
		0 5	1%	0	0	3	0,03	
	Asegura bienestar a largo plazo	NO SI						
		0 5	2%	5	0,1	5	0,1	
	% de riesgo en la utilización por parte del paciente y quien lo acompaña	0-30% /30-70%/ 70-100%						
		5 3 0	1%	5	0,05	5	0,05	
	Grado de estabilidad que brinda al usuario	Bajo Medio Alto						
		0 3 5	2%	5	0,1	5	0,1	

Innovación 8%	El producto existe en el mercado nacional	NO SI						
		5 0	2%	5	0,1	5	0,1	
	Sustituye productos importados	NO SI						
		0 5	2%	5	0,1	5	0,1	
	Utilización de nuevos procesos de manufactura	Nulo Parcial Total						
		5 3 0	2%	3	0,06	3	0,06	
	Número de diferenciadores	1 2 3						
		0 3 5	2%	5	0,1	5	0,1	

Funcionalidad 10%	Es esterilizable	NO SI						
		0 5	2%	5	0,1	5	0,1	
	Se ajusta a dimensiones del usuario	Nulo Parcial Total						
		0 3 5	3%	5	0,15	5	0,15	
	Sencillo de manipular	NO SI MEDIO						
		0 5 3	3%	5	0,15	5	0,15	
	Mejora la disfunción a la incapacidad	Nulo Parcial Total						
		0 3 5	2%	5	0,1	5	0,1	

Mercado 6%	Satisface una necesidad latente de un mercado específico	Nulo Parcial Total						
		0 3 5	2%	5	0,1	5	0,1	
	Producto genera un grado de interés en usuario	Bajo Medio Alto						
		0 3 5	1%	3	0,03	5	0,05	
	La demanda del mercado para esta categoría de productos es rentable	NO SI						
	0 5	1%	3	0,03	3	0,03		
	% de usuarios directos del producto	0-30% /30-70%/ 70-100%						
		0 3 5	1%	0	0	0	0	
	Número de beneficiarios (mercado primario)	0-30% /30-70%/ 70-100%						
		0 3 5	1%	3	0,03	3	0,03	0

Mantenimiento 6%	Posee partes intercambiables (comerciales)	0-30% /30-70%/ 70-100%						
		0 3 5	3%	3	0,09	5	0,15	
	Fácil ensamble/desensamble con herramientas existentes	Nulo Parcial Total						
		0 3 5	3%	5	0,15	3	0,09	

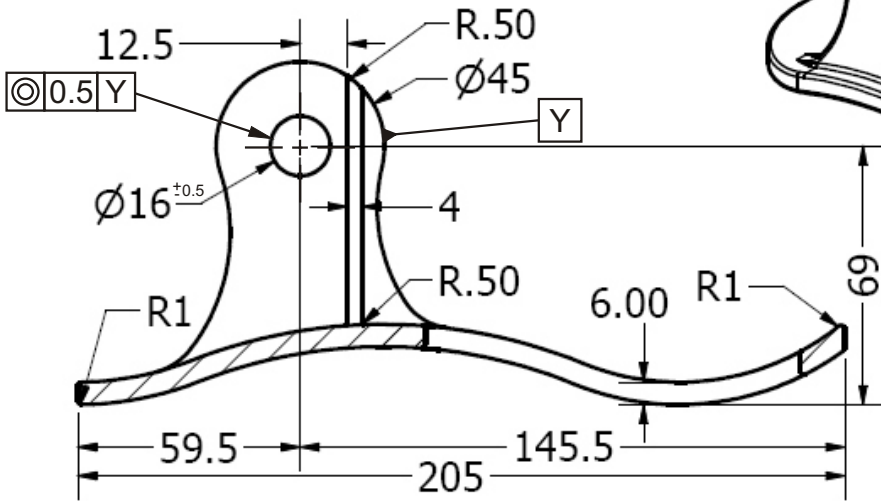
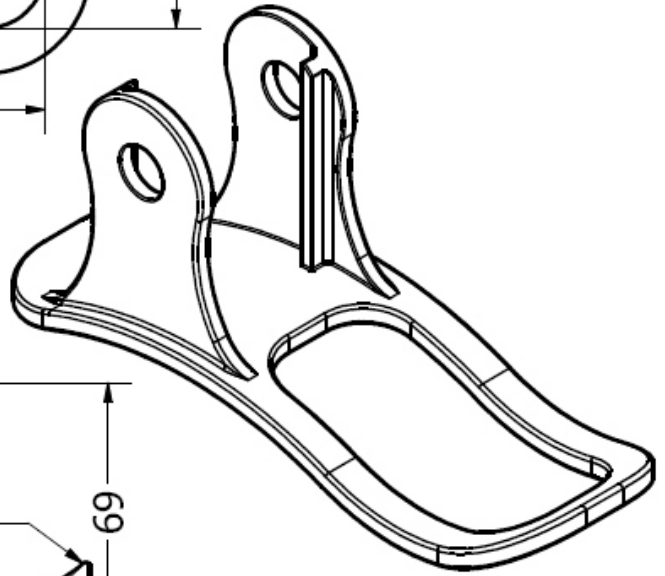
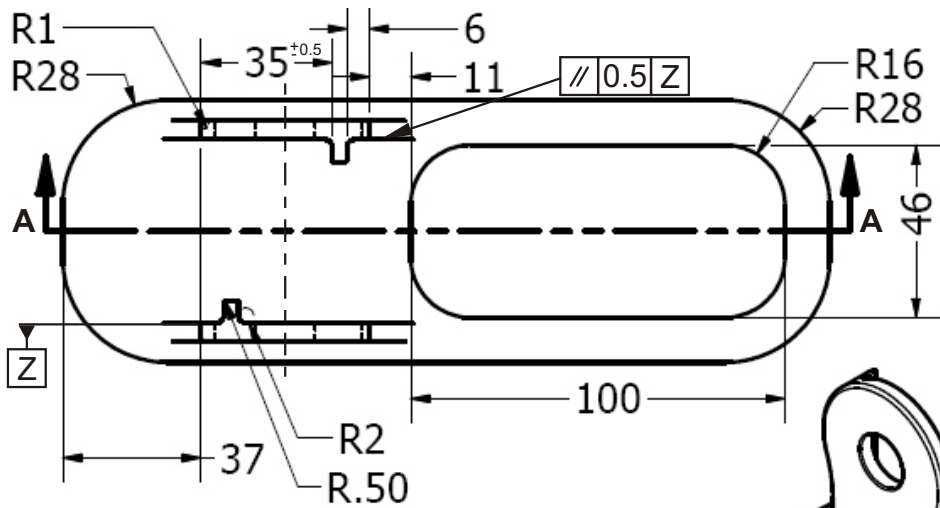
Costos 5%	Rango adecuado para	Bajo Medio Alto						
	usuario-competencia	0 3 5	5%	3	0,15	3	0,15	

Aspectos estéticos 8%	Colores acordes al sector	NO SI						
		0 5	2%	3	0,06	3	0,06	
	Lenguaje formal que indica su uso	no evidente confuso evidente						
		0 3 5	3%	5	0,15	5	0,15	
	Lenguaje del producto indica el sector al que pertenece	no evidente confuso evidente						
		0 3 5	3%	5	0,15	5	0,15	

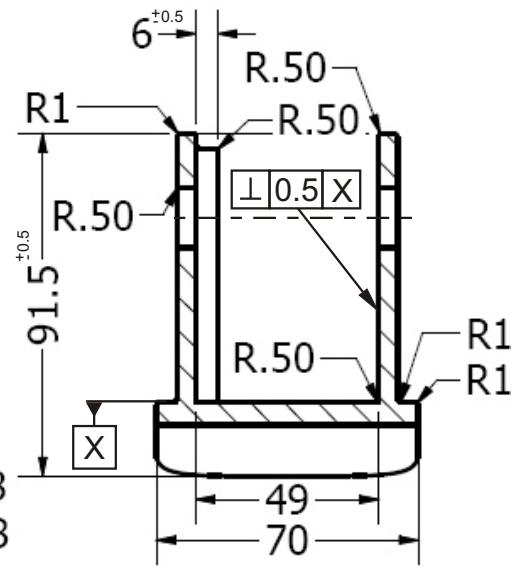
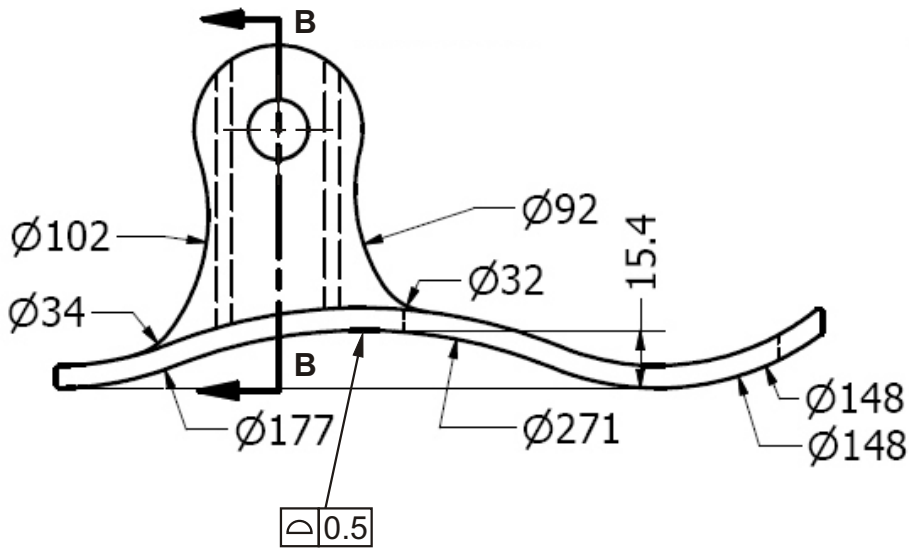
Calidad 8%	Satisface las necesidades del usuario	NO SI						
		0 5	3%	5	0,15	5	0,15	
	Buenos acabados	NO SI						
		0 5	3%	5	0,15	5	0,15	

Tamaño/ peso 8%	La prótesis es liviana en su totalidad de ensambles (800-1000Kg)	NO SI						
		0 5	8%	5	0,4	5	0,4	
TOTAL					4,11		4,34	

Siendo 1: Alternativa Ruta 1
2: Alternativa Ruta 2



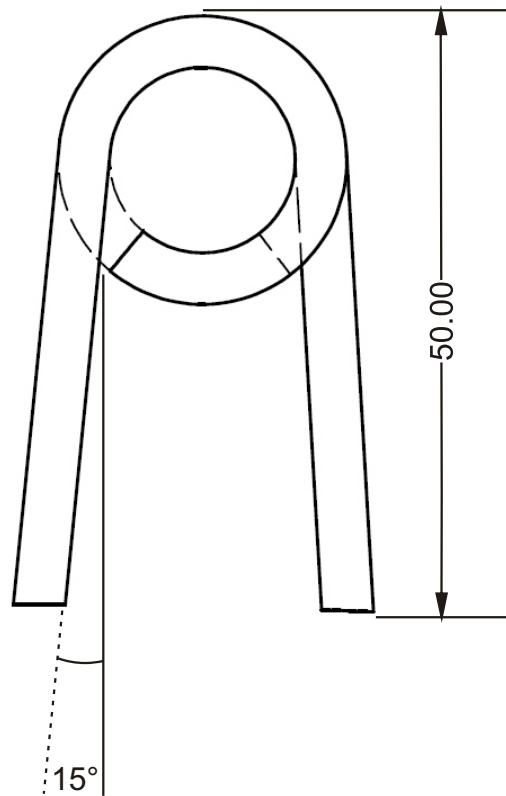
Sección A-A



Sección B-B

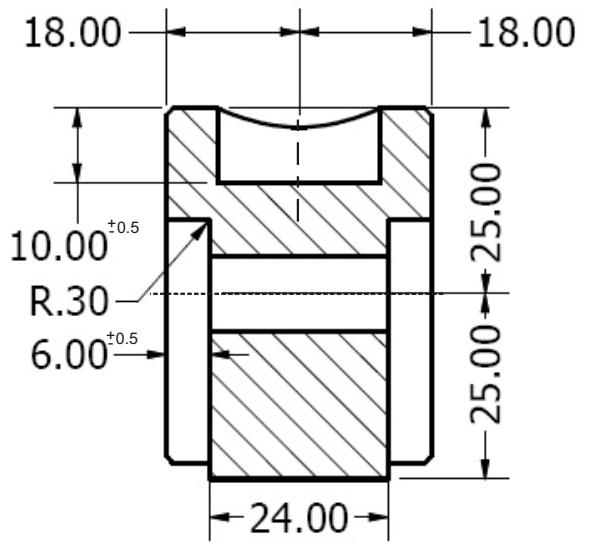
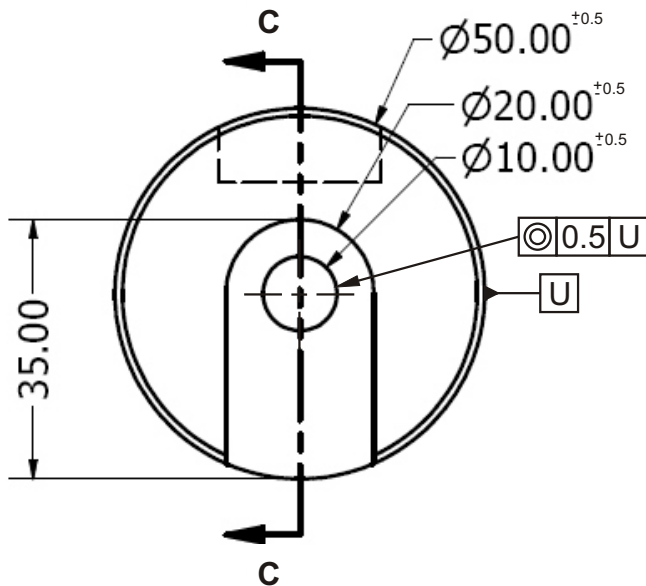
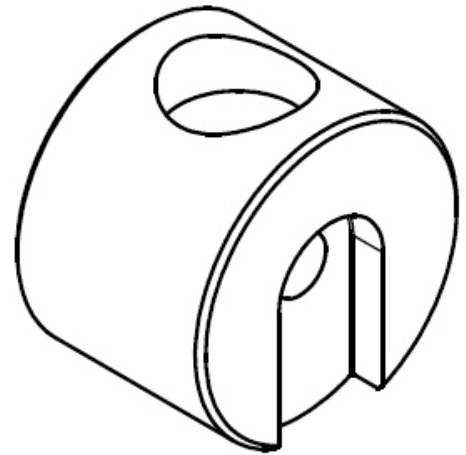
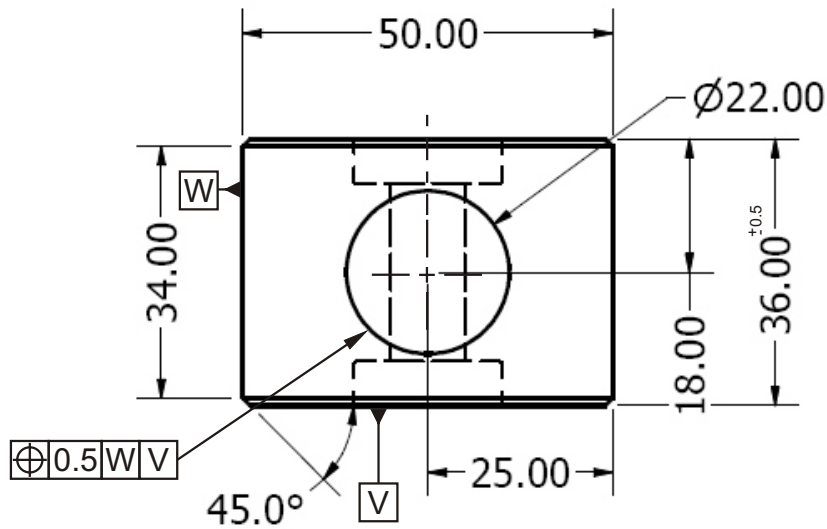
NOTA:
 MATERIAL: AI 7075T6 (DURALUMINIO)
 ANODIZADO COLOR VERDE 375C
 MECANIZADO EN CNC

PROYECTO							
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil							
EQUIPO							
Prótesis Transtibial Infantil							
PIEZA				REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Pie				DIBUJÓ	Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
ESCALA	1:2	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	DISEÑO	Equipo Prótesis Transtibial Infantil
				APROBÓ	Santiago Correa		
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	1/11	La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil	



NOTA:
 DIÁMETRO ALAMBRE: 2.50
 DIÁMETRO INTERIOR: 10.00^{+0.5}
 NÚMERO DE ESPIRAS: 2
 MATERIAL: Ac1070

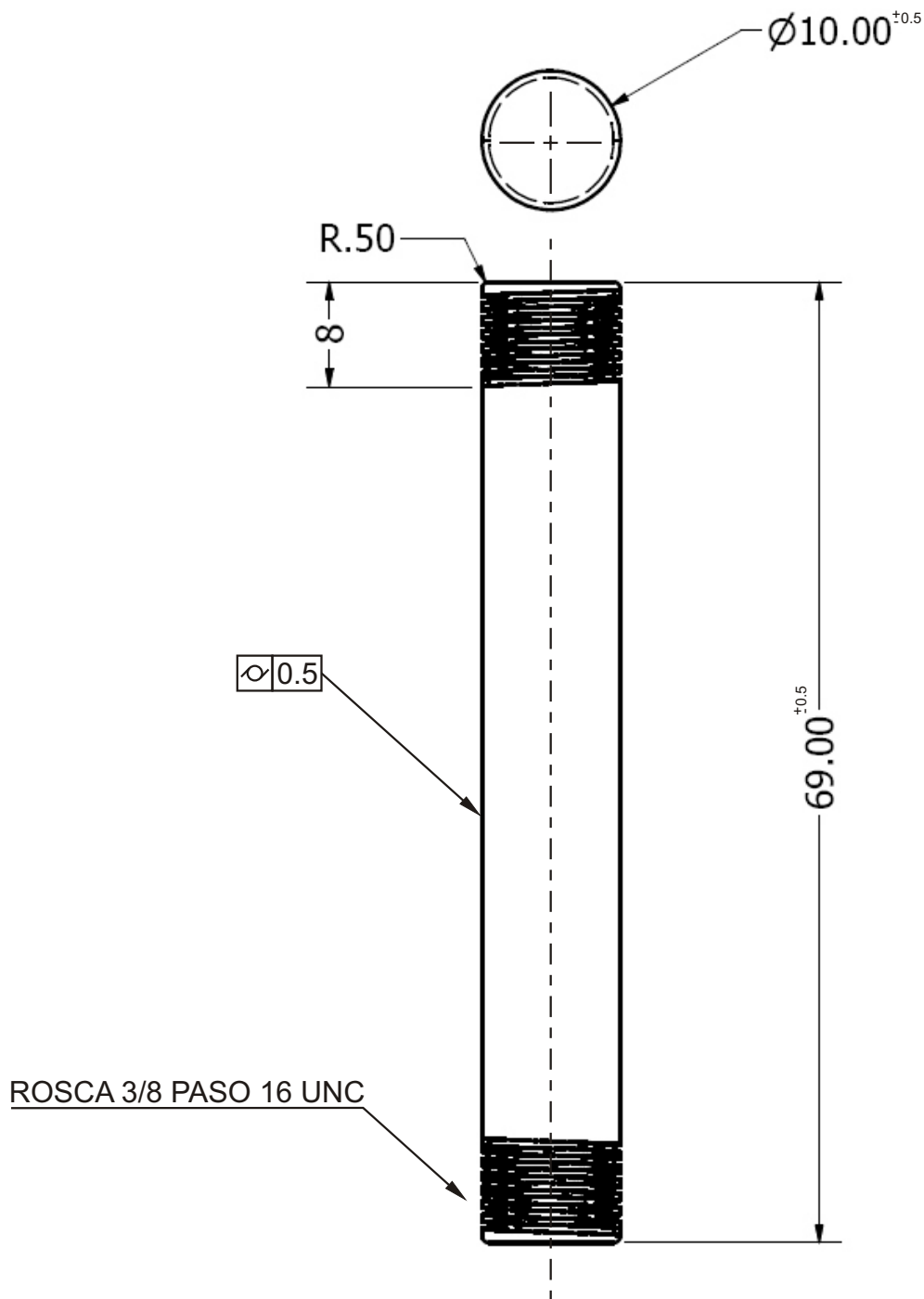
PROYECTO				_____	_____	_____	_____
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil				_____	_____	_____	_____
EQUIPO				_____	_____	_____	_____
Prótesis Transtibial Infantil				_____	_____	_____	_____
PIEZA				REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Resorte				DIBUJÓ	Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
ESCALA	1:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	DISEÑO	Equipo Prótesis Transtibial Infantil
SISTEMA				APROBÓ	Santiago Correa		
		FECHA	2009	PLANO	2/11	<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>	



Sección C-C

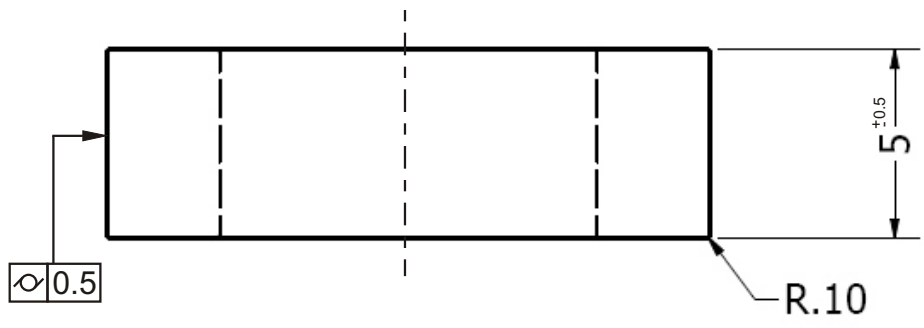
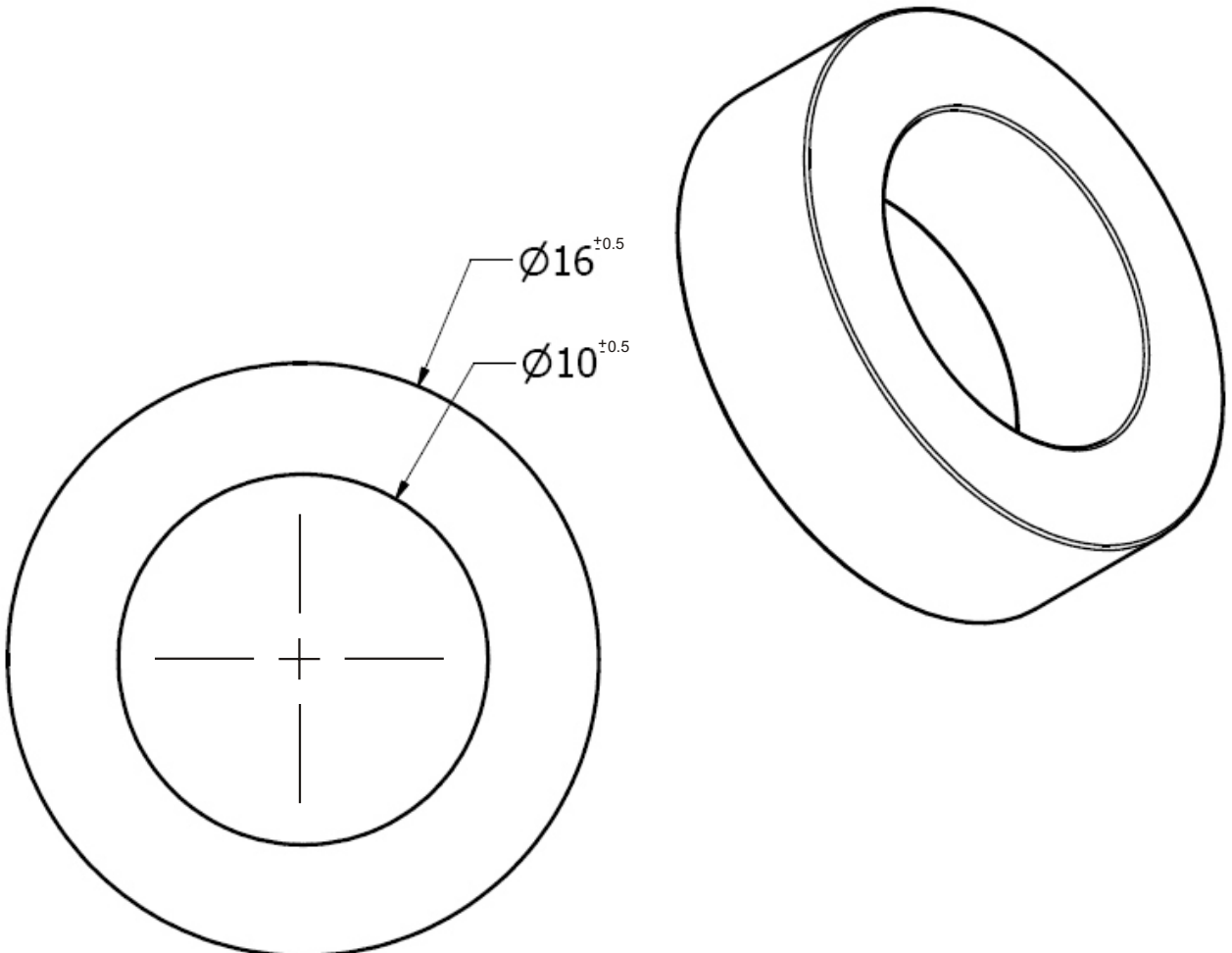
NOTA:
 MATERIAL: AI 6061T6
 ANODIZADO COLOR AMARILLO 108C

PROYECTO							
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil							
EQUIPO							
Prótesis Transtibial Infantil							
PIEZA				REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Articulación				DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	1:1	UNIDADES	MM	FORMATO		A4	
DISEÑO				Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
APROBÓ				Santiago Correa			
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	3/11		
La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil							



NOTA:
 MATERIAL: AC304

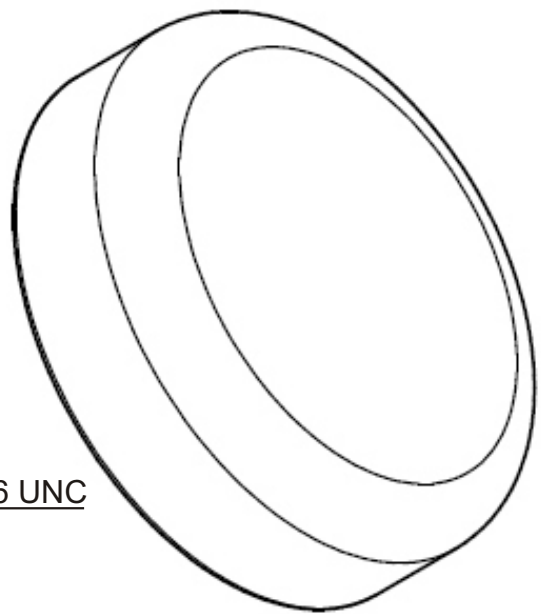
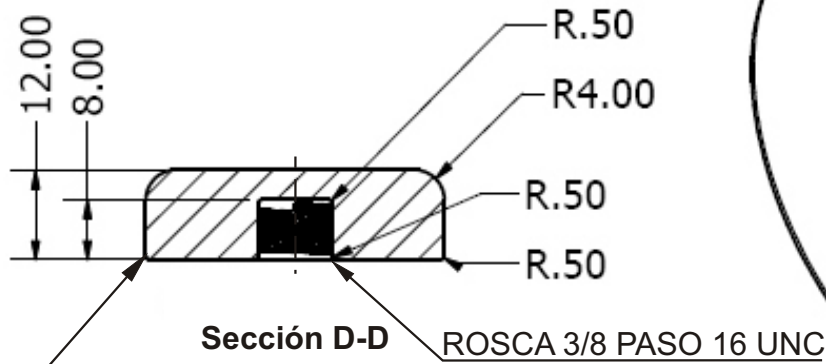
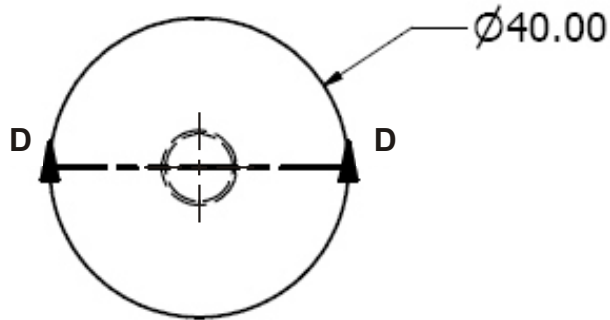
PROYECTO							
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil							
EQUIPO							
Prótesis Transtibial Infantil							
PIEZA				REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Eje de Rotación				DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	2:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4		
SISTEMA				DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
				APROBÓ Santiago Correa			
		FECHA	2009	PLANO	4/11		
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>							



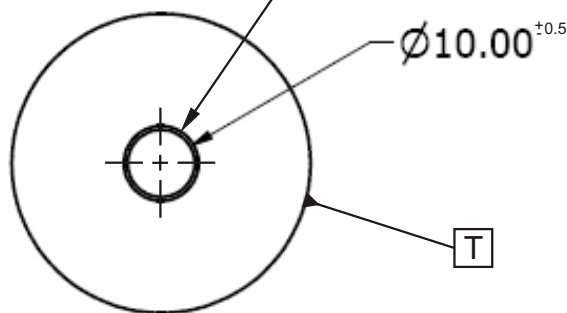
0.5

NOTA:
MATERIAL: BRONCE

PROYECTO							
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil							
EQUIPO							
Prótesis Transtibial Infantil							
PIEZA				REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Buje				DIBUJÓ	Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
ESCALA	5:1	UNIDADES	MM	FORMATO	DISEÑO		
				A4	Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
SISTEMA				APROBÓ	Santiago Correa		
		FECHA	2009	PLANO	5/11		
				La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil			

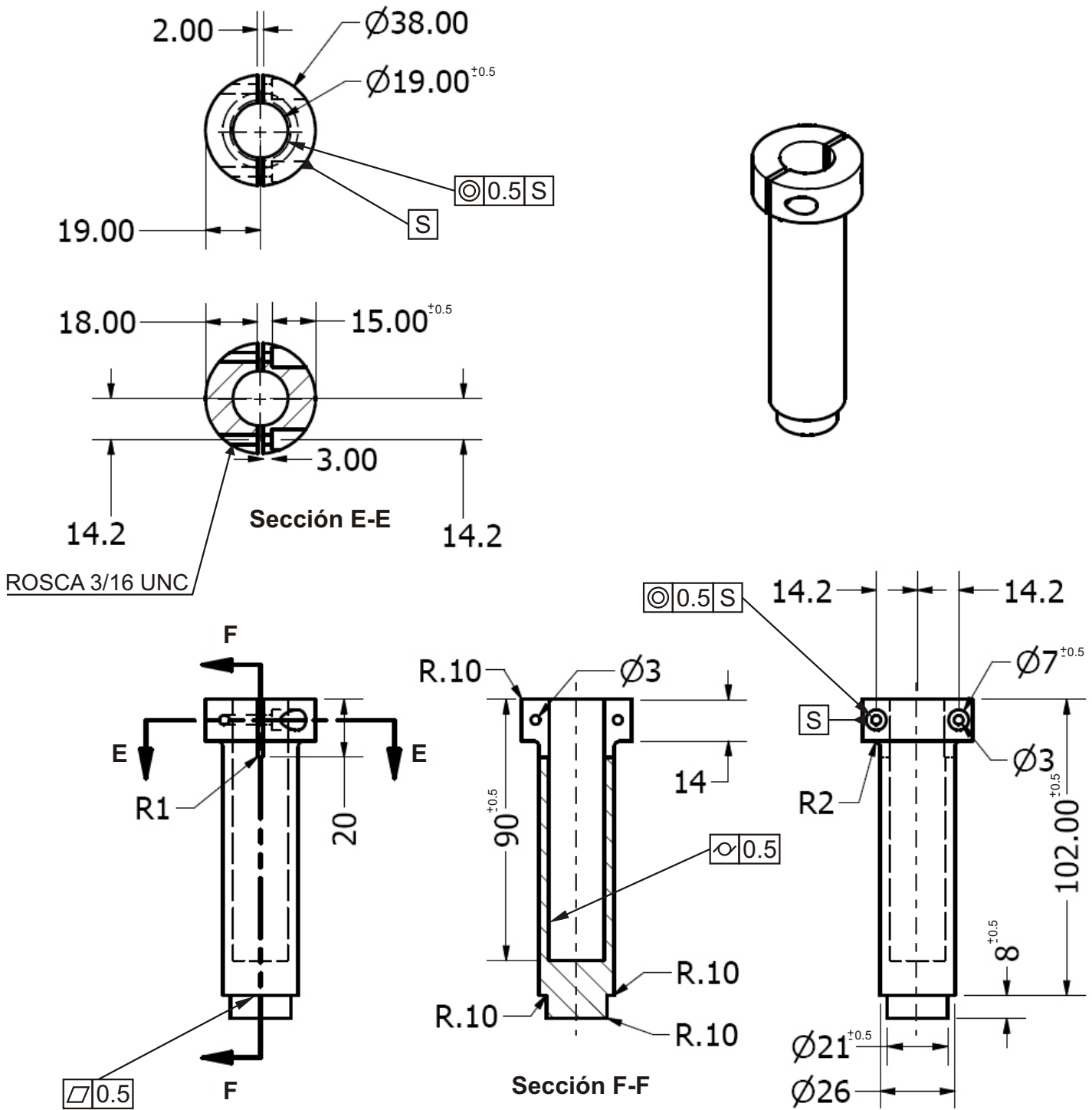


MOLETEADO
DADO PUNTA DE DIAMANTE 1x1 $\text{◎}0.5\text{T}$



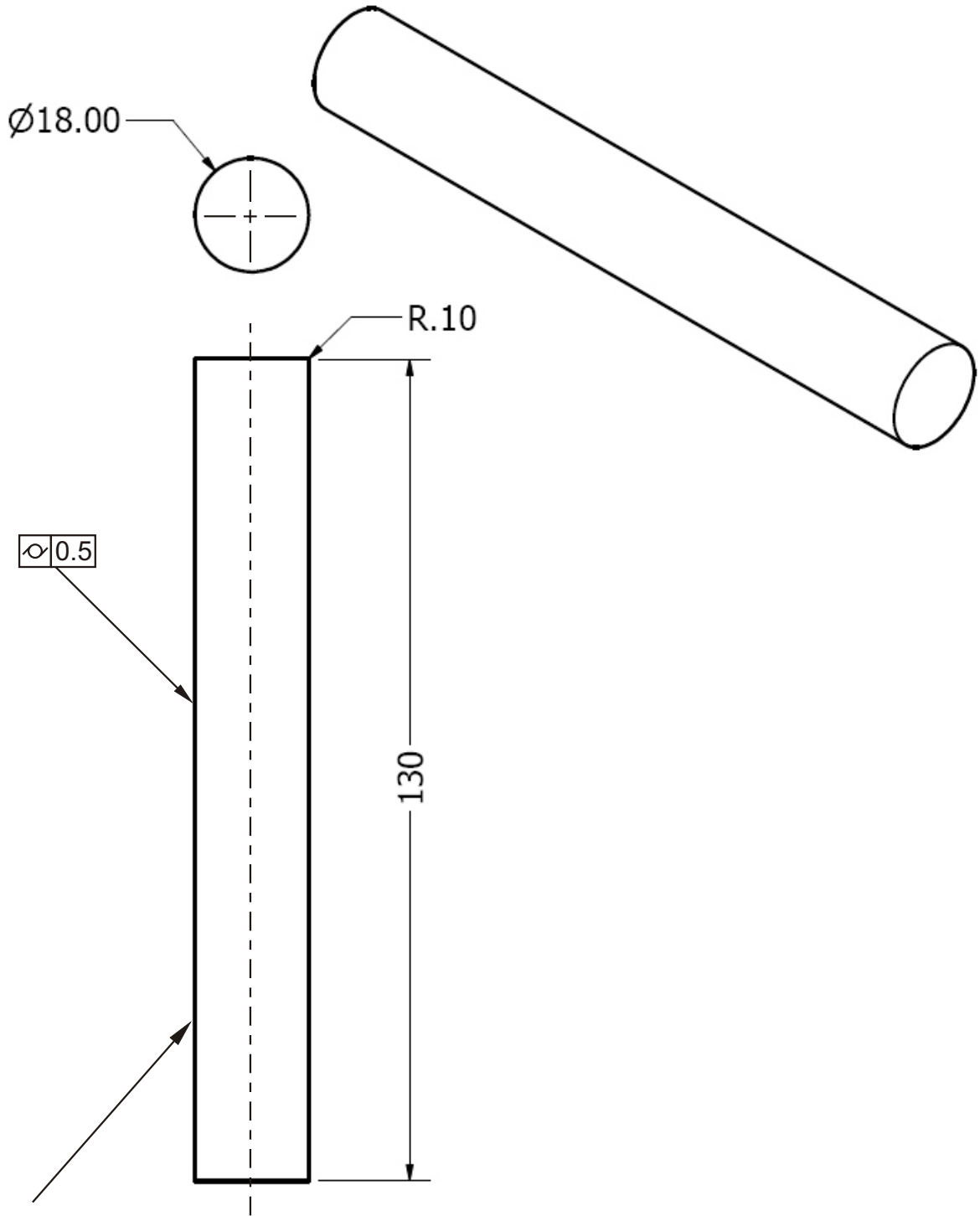
NOTA:
MATERIAL: AI 6061T6
ANODIZADO COLOR ROJO 032C

PROYECTO				
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil				
EQUIPO				
Prótesis Transtibial Infantil				
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE
Cubierta			FIRMA	FECHA
ESCALA	1:1	UNIDADES	MM	
FORMATO	A4			
SISTEMA	FECHA	2009	PLANO	6/11
			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil APROBÓ Santiago Correa <small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>	



NOTA:
 MATERIAL: AI 6061T6
 ANODIZADO COLOR AZUL 307C

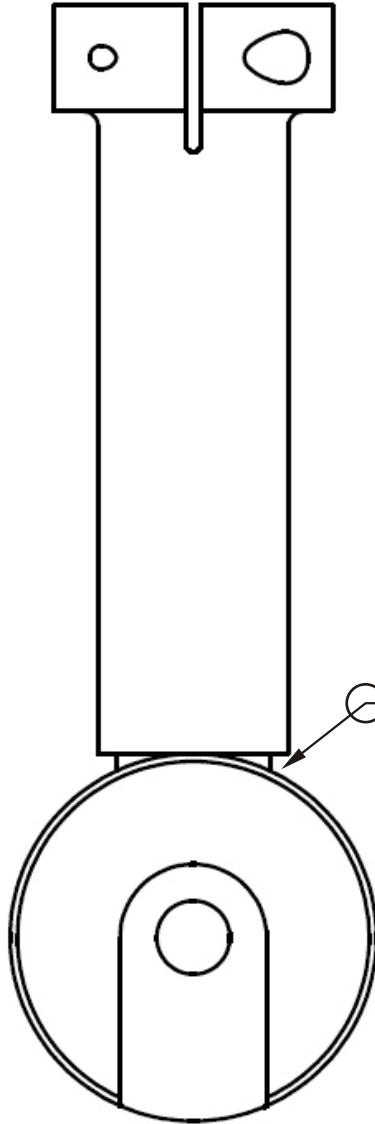
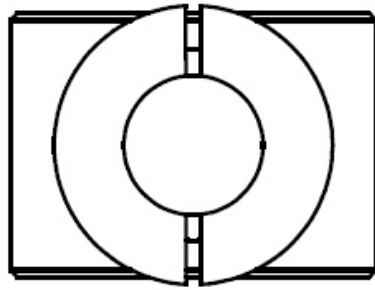
PROYECTO							
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil							
EQUIPO							
Prótesis Transtibial Infantil							
PIEZA				REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Caña Fija				DIBUJÓ	Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
ESCALA	1:2	UNIDADES	MM	FORMATO	A4		
DISEÑO				Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
APROBÓ				Santiago Correa			
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	7/11		
La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil							



MOLETEADO
DADO PUNTA DE DIAMANTE 1x1

NOTA:
MATERIAL: Al 6061T6
DECAPADO

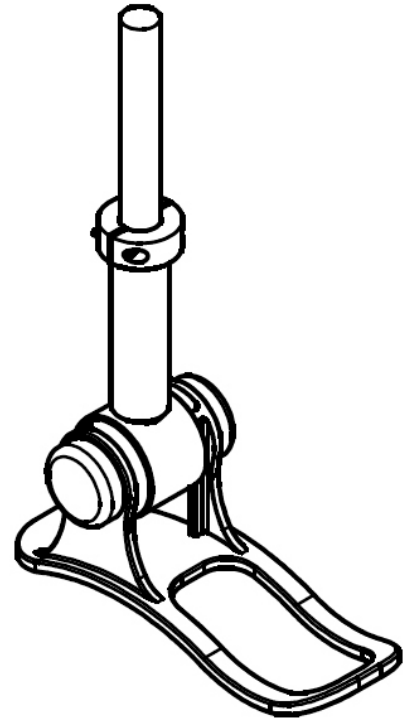
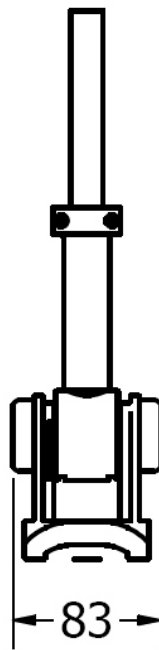
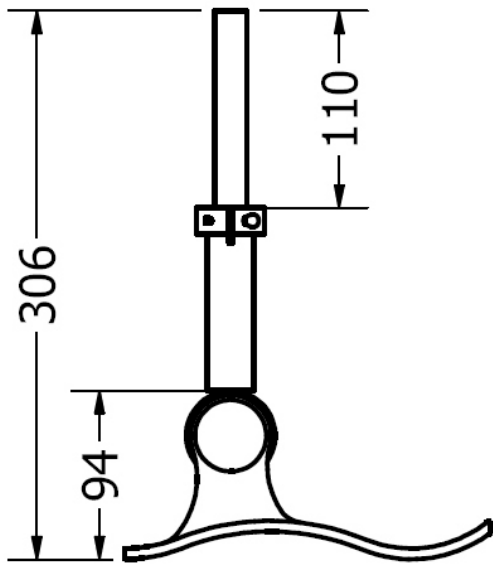
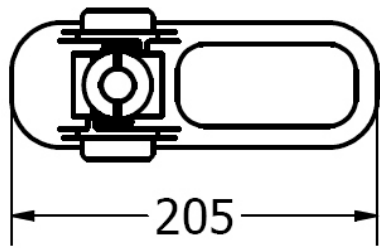
PROYECTO						
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Caña Móvil						
ESCALA	1:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	DISEÑO
						Equipo Prótesis Transtibial Infantil
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	8/11	APROBÓ
						Santiago Correa
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						




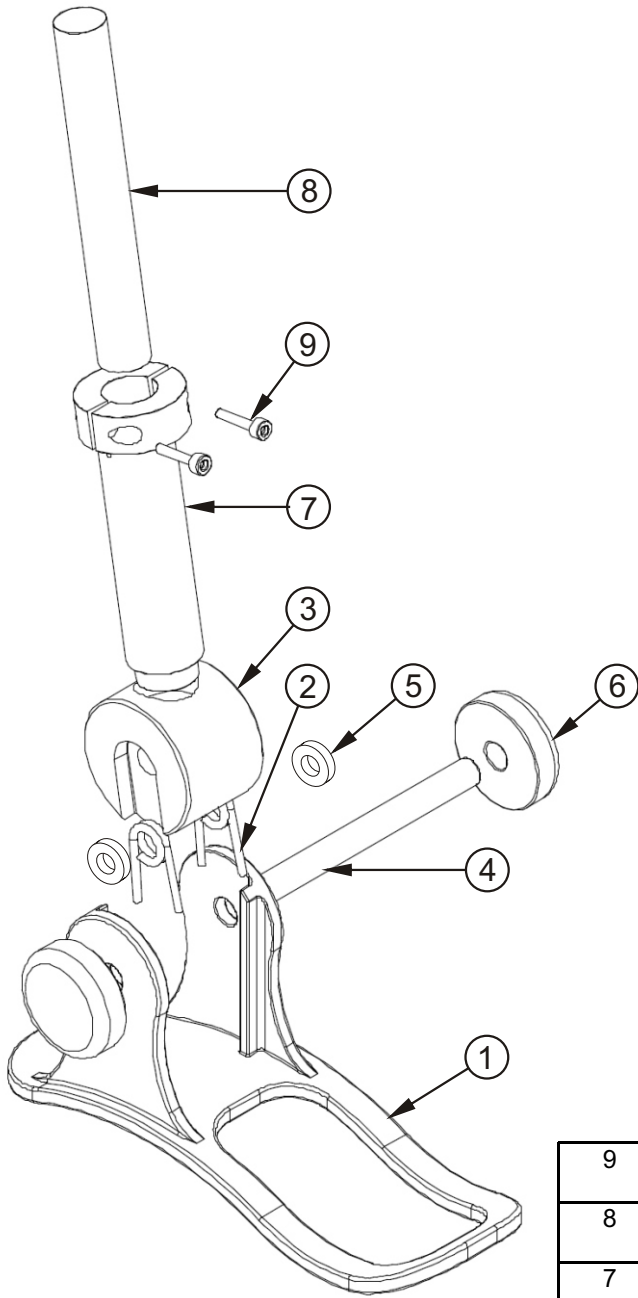
$\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$

Soldadura tipo Cordón sobre Aluminio Al6061T6

PROYECTO							
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil							
EQUIPO							
Prótesis Transtibial Infantil							
PIEZA				REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ensamble Articulación/Caña Fija				DIBUJÓ	Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
ESCALA	1:1	UNIDADES	MM	FORMATO	DISEÑO		
				A4	Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	APROBÓ		
				9/11	Santiago Correa		
				La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de			
				Equipo Prótesis Transtibial Infantil			



PROYECTO							
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil							
EQUIPO							
Prótesis Transtibial Infantil							
PIEZA				REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ensamble Total				DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	1:5	UNIDADES	MM	FORMATO	A4		
DISEÑO				Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
APROBÓ				Santiago Correa			
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	10/11		
				<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>			



9	Tornillo	2	N/A	Rosca 3/16 Comercial
8	Caña Móvil	1	Aluminio Al 6061T6	Moleteado Punta Diamante 1x1
7	Caña Fija	1	Aluminio Al 6061T6	Anodizado color Azul 307C
6	Cubierta	2	Aluminio Al 6061T6	Anodizado color Rojo 032C
5	Buje	2	Bronce	N/A
4	Eje de Rotación	1	Acero AC304	N/A
3	Articulación	1	Aluminio Al 6061T6	Anodizado color amarillo 108C
2	Resorte	2	AC1070	N/A
1	Pie	1	Aluminio Al 6061T6	Anodizado color verde 375C
No.	NOMBRE	CANTIDAD	MATERIAL	ESPECIFICACIÓN

PROYECTO							
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil							
EQUIPO							
Prótesis Transtibial Infantil							
PIEZA				REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ensamble Total - Explosión							
ESCALA				DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
UNIDADES	MM	FORMATO	DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil				
		A4	APROBÓ Santiago Correa				
SISTEMA	FECHA	2009	PLANO	11/11			
			La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil				

ANEXO J

Informe de Ingeniería 2
(Análisis de Elementos Finitos): Rediseño de Producto

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	6
1. OBJETIVOS.....	6
1.1 Objetivo General.....	6
1.2 Objetivos Específicos.....	6
2. DATOS INICIALES.....	7
2.1 Propiedades del Material.....	7
2.2 Condiciones de Frontera.....	7
2.3 Límites.....	8
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	9
4. INFORME ANÁLISIS MECANISMOS.....	12

4.1 Modos de Falla del Primer Prototipo.....	12
4.2 Análisis de Falla.....	13
4.2.1 Pie.....	13
4.2.2 Resorte.....	13
5. CONCLUSIONES.....	16

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Materiales.....	7
Figura 2. Condiciones de frontera.....	8
Figura 3. Resultados de esfuerzo.....	9
Figura 4. Vista en detalle de los resultados de esfuerzo en el pie.....	10
Figura 5. Deformaciones.....	11
Figura 6. Resorte elegido.....	15

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Cálculos Resorte.....	14

INTRODUCCIÓN

Se realiza un análisis de elementos finitos de la estructura (Prótesis Transtibial) haciendo uso de la plataforma *CAE Ansys Workbench* para establecer los valores de deformación y esfuerzos que se generarán durante el tiempo de uso (4 años).

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Reproducir virtualmente el comportamiento de la Prótesis Transtibial Infantil al ser sometida a cargas de fuerza similares o superiores a las que sufrirá durante su uso, con el fin de determinar si resistirá o no las mismas, mediante el desarrollo de un análisis de elementos finitos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

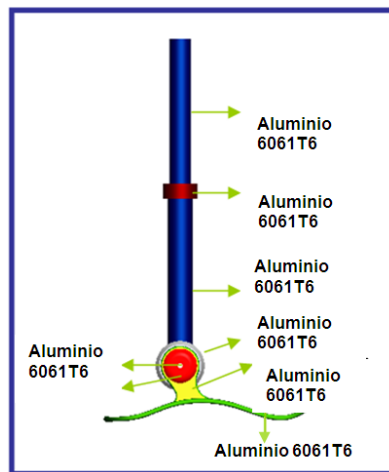
- Determinar los esfuerzos que se presentan en la Prótesis Transtibial infantil en magnitud y posición al ser sometida a una carga axial de 1000N, con el fin de compararlos con el esfuerzo de cedencia del material para asegurar que el esfuerzo obtenido en el análisis sea menor que éste.
- Determinar la deformación máxima que se presenta en el pie de la prótesis, con el fin de evitar que éste presente deformaciones mayores a 2 mm durante su uso que puedan afectar el desempeño del producto.

2. DATOS INICIALES

2.1 PROPIEDADES DEL MATERIAL

- Al eje se le asigna un acero AC304 con un módulo de elasticidad de 200GPa, un esfuerzo de fluencia en tensión de 250MPa.
- Para los demás componentes se utiliza Aluminio Al6061T6, que tiene un esfuerzo de fluencia de 95MPa y un módulo de elasticidad de 69GPa.

Figura1. Materiales



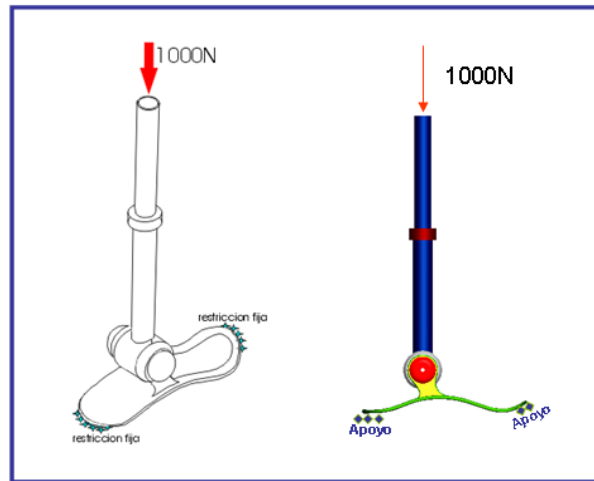
Fuente: Plataforma *CAD/CAM/CAE ProEngineer*.

2.2 CONDICIONES DE FRONTERA

- Una fuerza de 1000N (2 veces el peso promedio del usuario) aplicada sobre la superficie superior de la caña graduable para simular el peso máximo del usuario (ver figura 2).
- Se ubicaron dos apoyos, con todos los grados de libertad restringidos en los dos extremos de la superficie inferior del pie (ver figura 2).

- Se aplicaron los materiales: Acero al eje y aluminio al resto de componentes (ver figura 1).

Figura 2. Condiciones de frontera



Fuente: Plataforma *CAD/CAM/CAE ProEngineer*.

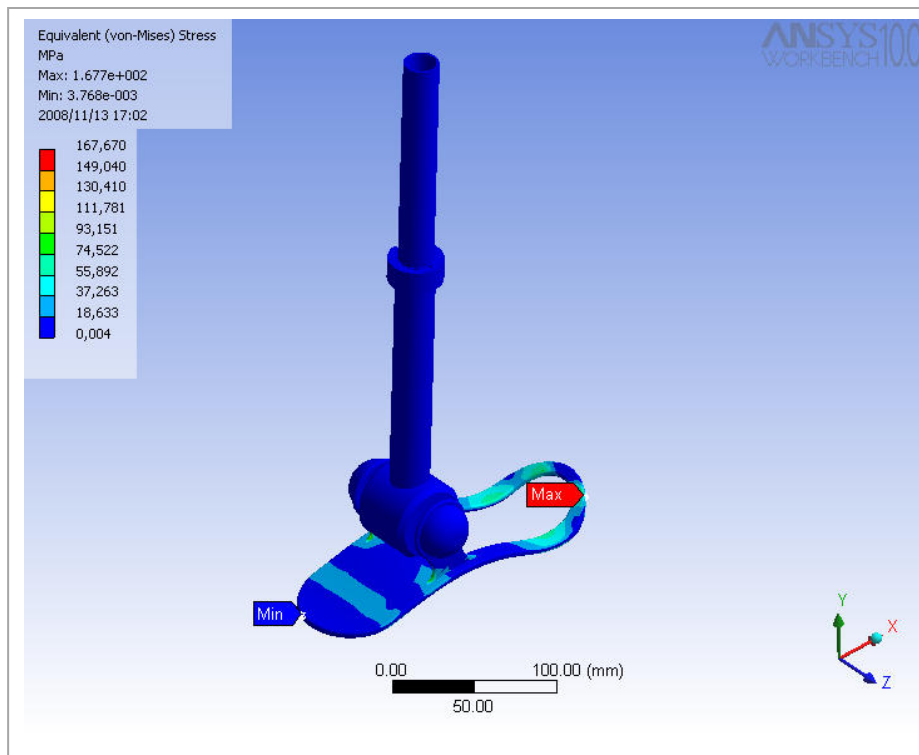
2.3 LÍMITES

- Para el desarrollo del análisis no se consideran los resortes y las cubiertas que hacen parte del diseño de la prótesis, ya que éstos no afectan las condiciones estructurales del producto y por ende tampoco los resultados que se esperan obtener dentro de este análisis.
- El sistema graduable se considera como un cuerpo rígido para efectos del análisis a realizar, teniendo en cuenta que es un análisis estructural.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La prótesis presenta un esfuerzo máximo de 167.670 MPa (ver figura 3), que puede ser despreciado, ya que es puntual y equivale a un cambio en la geometría que se consideró para ubicar los apoyos en la parte frontal del pie (ver figura 4). Por tanto se tienen en cuenta los esfuerzos indicados con color verde que van en un rango entre los 74,522 y 93,151 MPa, los cuales no superan el esfuerzo de cedencia de 93MPa. Adicionalmente se encontró un esfuerzo mínimo de 0.004MPa.

Figura 3. Resultados de esfuerzo



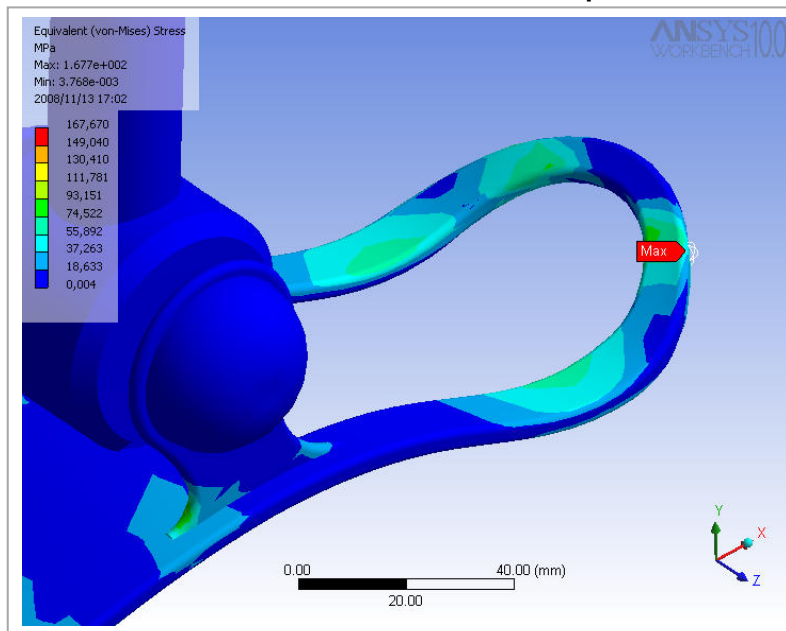
Fuente: Plataforma *Ansys Workbench*.

Dado el esfuerzo de fluencia para el aluminio 6061T6 (240 MPa) y el esfuerzo máximo, se calcula el factor de seguridad de la estructura:

$$\frac{240 \text{ MPa}}{93,151 \text{ MPa}} = 2.5$$

El factor de seguridad se debe a incertidumbre del método de cálculo, tolerancias de fabricación o ensamble, incertidumbre en las situaciones a las que se someterá el elemento.

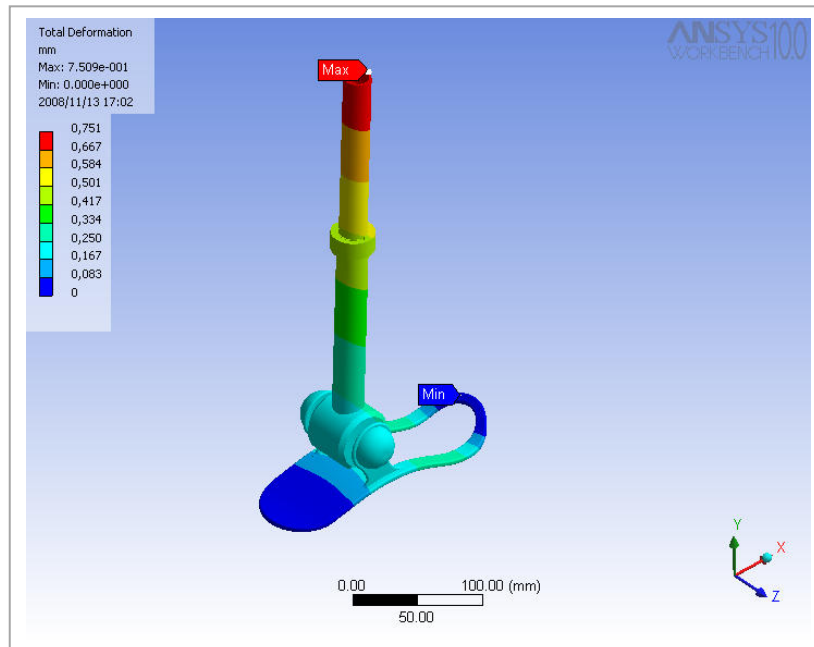
Figura 4. Vista en detalle de los resultados de esfuerzo en el pie.



Fuente: Plataforma Ansys Workbench.

Tras el desarrollo del análisis se encontraron deformaciones menores a los 0,417 mm en el pie ubicados en la zona del arco (ver figura 5).

Figura 5. Deformaciones



Fuente: Plataforma *Ansys Workbench*.

4. INFORME ANÁLISIS MECANISMOS

4.1 MODOS DE FALLA DEL PRIMER PROTOTIPO

Después de someter el prototipo a la primera fase de pruebas, se observaron fallas en algunos componentes:

- **Pie:** El arco del pie sufrió una deformación al ser sometida a los esfuerzos reales.

Causa: Propiedades del materia (fundición de aluminio) insuficientes para resistir los esfuerzos y fatiga a los es sometida.

- **Resorte:** Según el cálculo del resorte se obtiene una configuración muy rígida que no permite la compresión requerida por este. El ensamble entre la articulación inferior y el resorte presentó una obstrucción después de un tiempo de uso.

Causa: El resorte resultó sobredimensionado por factor de seguridad y el peso sobrestimado del usuario. Tolerancias del ensamble articulación inferior- resorte

- **Graduación caña:** No se logró la elongación de la caña graduable.

Causa: Supresión de la pieza abrazadera que logra la sujeción entre las dos cañas por inconvenientes de construcción.

A partir de los modos de falla descritos anteriormente se procedió a hacer un análisis de falla, el cual se explicará más adelante.

4.2 ANÁLISIS DE FALLA

4.2.1 Pie. Debido al problema de cedencia que se presenció en el pie, se considera necesario reconsiderar el proceso de manufactura de esta pieza, para lo que se aconseja emplear acero laminado, aluminio laminado o mecanizar a partir de un bloque, como material constitutivo, teniendo presente los requerimientos de peso y fatiga.

A continuación, se comparan el peso del pie si se manufacturara con Acero y con Aluminio:

Aluminio	0.14 Kg.
Acero	0.40 Kg.

Se elige entonces el aluminio, ya que el acero tiene un peso aproximadamente 3 veces mayor a este.

4.2.2 Resorte Debido a que la fuerza ejercida sobre el resorte no es una carga axial, este se flecta mientras se comprime lo que produce el atascamiento del resorte con la articulación inferior.

Se sugiere entonces un cambio del tipo de resorte empleado, para que se ajuste a las condiciones de la carga.

Para escoger el resorte más adecuado el procedimiento es el siguiente:

Parámetros

Se establecen los parámetros del resorte según los requerimientos de diseño (dimensionamiento de los componentes según medidas antropométricas)

Ángulo: 50°

Brazo: 200 mm

Módulo de elasticidad 200 MPa

Radio interno de la espira: 5 mm

Rango de carga aceptable: 45-55 kgf (según el peso del usuario=50 Kg)

Se procede a establecer las combinaciones de diámetro del alambre y número de vueltas para obtener aquellas en las que la fuerza se ubique dentro del rango 44-55 Kgf. Se muestra en verde aquellas configuraciones que están en el rango de carga aceptable.

En la tabla 1 se muestra la fuerza requerida para torsionar un resorte con las diferentes combinaciones de diámetro del alambre y número de vueltas.

Tabla 1. Cálculos Resorte.

		DIÁMETRO ALAMBRE (MM)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NÚMERO DE VUELTAS	1.5	0.09	1.48	7.51	23.73	57.93	120.13	222.56	379.68	608.17	926.95
	2.5	0.06	0.89	4.50	14.24	34.76	72.08	133.54	227.81	364.90	556.17
	3.5	0.04	0.64	3.22	10.17	24.83	51.49	95.38	162.72	260.64	397.26
	4.5	0.03	0.49	2.50	7.91	19.31	40.04	74.19	126.56	202.72	308.98
	5.5	0.03	0.40	2.05	6.47	15.80	32.76	60.70	103.55	165.86	252.80
	6.5	0.02	0.34	1.73	5.48	13.37	27.72	51.36	87.62	140.35	213.91
	7.5	0.02	0.30	1.50	4.75	11.59	24.03	44.51	75.94	121.63	185.39
	8.5	0.02	0.26	1.32	4.19	10.22	21.20	39.28	67.00	107.32	163.58
	9.5	0.01	0.23	1.19	3.75	9.15	18.97	35.14	59.95	96.03	146.36
	10.5	0.01	0.21	1.07	3.39	8.28	17.16	31.79	54.24	86.88	132.42

LOS RESULTADOS EN LA TABLA SE EXPRESAN EN KILOGRAMOS-FUERZA

Fuente: Las autoras.

Se emplea la componente vertical de la fuerza (44-55 Kgf) que es la que actúa en el momento de mayor compresión del resorte a 50° de la posición reposo, es decir en flexión plantar cuando se termina de dar el paso.

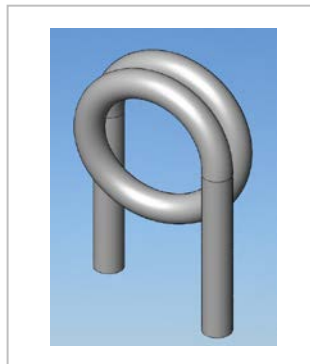
La componente vertical es, entonces

$$44 \text{ sen}(50) = 34,47 \text{ Kgf}$$

$$55 \text{ sen}(50) = 42,13 \text{ Kgf}$$

Las opciones válidas según el rango de fuerza (34,47 Kgf - 42,13 Kgf) se señalan en la tabla 1. Para el rediseño de la prótesis se elige el resorte de alambre de 5mm y de 2.5 vueltas, con una fuerza de 34,76 Kgf.

Figura 6. Resorte elegido



Fuente: Plataforma CAD ProEngineer.

Por diseño se convino utilizar un resorte por cada movimiento del pie (flexión y extensión), debido a que éste tipo de resortes sólo son efectivos en compresión.

Debido al cambio del resorte, es necesario rediseñar la articulación para que aloje los dos resortes y funcionen logrando los topes necesarios para garantizar la marcha normal del usuario.

5. CONCLUSIONES

- Los esfuerzos encontrados en la prótesis (75-93 MPa) tras el desarrollo del análisis no superan el esfuerzo de cedencia (95 MPa) pero se aproximan a este en algunas partes del pie, por lo que es recomendable considerar un rediseño relacionado al aumento de espesor de la pieza o un cambio en la geometría, como medida preventiva para evitar fallas en el producto.
- El Eje de Rotación resiste la carga a la que es sometida sin inconveniente alguno, ya que el esfuerzo obtenido de 167.67 MPa no supera su esfuerzo de cedencia de 250 MPa.
- La deformación que se presenta en el pie (0.751mm) es inferior a un milímetro (ver figura 5), por lo que no se considera un criterio para rediseñar el componente y se espera que no se presente la deformación del arco que ocurrió en el primer prototipo desarrollado.
- El componente más crítico del ensamble es el pie y los soportes del pie al tener puntos de concentración de esfuerzos. El resto de componentes responden con satisfacción a las condiciones a las que fue sometida.

ANEXO K

Carta de Procesos Rediseño de Producto y Cotizaciones

Tabla K1. Carta de Procesos 01, Pieza Pie.

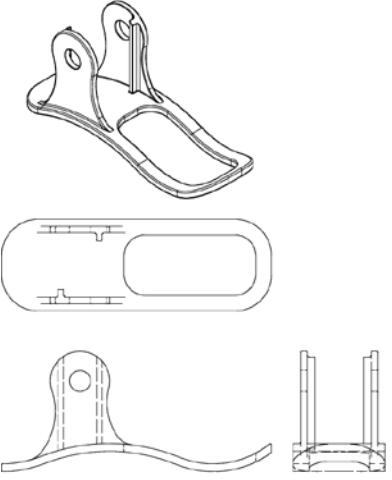
CARTA DE PROCESOS 01			
NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE PROTESIS TRANSTIBIAL INFANTIL Y VALIDACIÓN A TRAVÉS DE PU		PRESENTADO POR: MARIA FERNANDA BERBESÍ ESPINOSA MARIA FERNANDA SUESCUM QUEZADA	
FECHA:	9 de Octubre de 2009	HOJA DE PROCESOS: No 1	
Plano referencia: 1/11			
NOMBRE DE LA PIEZA: Pie		MATERIAL: Al 7075T6 (Duraluminio)	
DIMENSIONES EN BRUTO: [mm] Pie ALTO: 91.5 ANCHO: 70 LARGO: 205 DIAMETRO PERFORADO: 16 CANTIDAD: 1		ESQUEMA: 	ANOTACIONES Pieza que soporta el Sistema de Graduación y Articulación. Permite dar el paso puesto que simula el pie humano.
PROCESO 1: Mecanizado CNC		ESPECIFICACIONES	
Mecanizado Cara 1	Desbaste Cara 1. Herramienta End mill 1/2		
Corte	Radio Exterior 1. Herramienta Ball Mill 1/4		
Mecanizado Cara 2	Desbaste Cara 2. Herramienta End Mill 1/2		
Corte	Radio Exterior 2. Herramienta Ball Mill 1/4		
Perforación	Pasante. Diámetro: 16 mm. Para albergar buje		
Pos Proceso	Lijado y Pulido		
Acabado final	Anodizado		
PROCESO 2: Fundición en Coquilla		ESPECIFICACIONES	
Fundición en coquilla	Fundición molde cerrado: Acabado Exterior		
Acabado Final	Anodizado		

Tabla K2. Carta de Procesos 02, Pieza Resorte.

CARTA DE PROCESOS 02		
NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE PROTESIS TRANSTIBIAL INFANTIL Y VALIDACIÓN A TRAVÉS DE PU		PRESENTADO POR: MARIA FERNANDA BERBESÍ ESPINOSA MARIA FERNANDA SUESCUM QUEZADA
FECHA:	9 de Octubre de 2009	HOJA DE PROCESOS: No 2
Plano referencia: 2/11		
NOMBRE DE LA PIEZA: Resorte		MATERIAL: AC1070
DIMENSIONES EN BRUTO: [mm] Resorte LARGO: 50 ESPESOR DE ALAMBRE: 2.50 DIAMETRO INTERNO: 10 ANGULO BRAZO: 15° CANTIDAD: 2	ESQUEMA: 	ANOTACIONES Permiten, al ser comprimidos, los movimientos de flexión plantar y dorsal.
PROCESO	ESPECIFICACIONES	
Doblado	Dos Vueltas. Diámetro Interno: 10 mm. Ángulo Brazo: 15°	
Corte	Largo: 50 mm	
Pos Proceso	Tratamiento Térmico (Templado)	

Tabla K3. Carta de Procesos 03, Pieza Articulación.

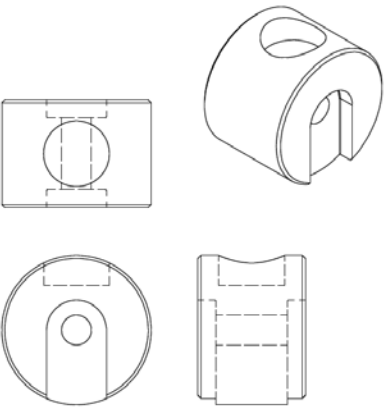
CARTA DE PROCESOS 03		
NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE PROTESIS TRANSTIBIAL INFANTIL Y VALIDACIÓN A TRAVÉS DE PU	PRESENTADO POR: MARIA FERNANDA BERBESÍ ESPINOSA MARIA FERNANDA SUESCUM QUEZADA	
FECHA: 9 de Octubre de 2009	HOJA DE PROCESOS: No 3	
Plano referencia: 3/11		
NOMBRE DE LA PIEZA: Articulación	MATERIAL: Al6061T6	
DIMENSIONES EN BRUTO: [mm] Articulación DIAMETRO EXTERIOR: 50 DIAMETRO INTERIOR: 10 ANCHO: 36 CANTIDAD: 1	ESQUEMA: 	ANOTACIONES Soporta el sistema de graduación y alberga los dos resortes en sus laterales.
PROCESO	ESPECIFICACIONES	
Torneado	Diámetro: 50 mm	
Fresado	Laterales para albergar los resortes	
Perforación	Diámetro: 10 mm. Pasante. Para paso del eje	
Perforación	Diámetro: 50 mm. Profundidad: 10 mm. Para ensamblar Caña Fija	
Pos Proceso	Lijado y Pulido	
Acabado Final	Anodizado	

Tabla K4. Carta de Procesos 04, Pieza Eje de Rotación.

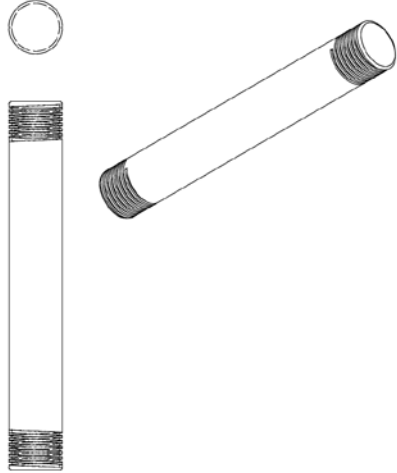
CARTA DE PROCESOS 04		
NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE PROTESIS TRANSTIBIAL INFANTIL Y VALIDACIÓN A TRAVÉS DE PU		PRESENTADO POR: MARIA FERNANDA BERBESÍ ESPINOSA MARIA FERNANDA SUESCUM QUEZADA
FECHA:	9 de Octubre de 2009	HOJA DE PROCESOS: No 4
Plano referencia: 4/11		
NOMBRE DE LA PIEZA: Eje de Rotación		MATERIAL: AC304
DIMENSIONES EN BRUTO: [mm] Eje de Rotación LARGO: 69 DIAMETRO EXTERIOR: 10 CANTIDAD: 1	ESQUEMA: 	ANOTACIONES Permite el giro de la articulación y los movimientos de flexión plantar y dorsal.
PROCESO	ESPECIFICACIONES	
Torneado	Largo: 69 Mm Diámetro Exterior: 10 Mm	
Roscado	Rosca 3/8 Paso 16 UNC. Longitud: 8 Mm	
Corte	Largo: 69 mm	

Tabla K5. Carta de Procesos 05, Pieza Buje.

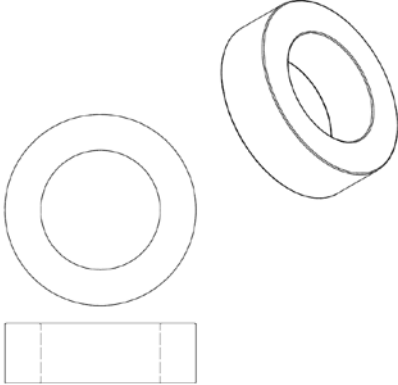
CARTA DE PROCESOS 05		
NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE PROTESIS TRANSTIBIAL INFANTIL Y VALIDACIÓN A TRAVÉS DE PU		PRESENTADO POR: MARIA FERNANDA BERBESÍ ESPINOSA MARIA FERNANDA SUESCUM QUEZADA
FECHA:	9 de Octubre de 2009	HOJA DE PROCESOS: No 5
Plano referencia: 5/11		
NOMBRE DE LA PIEZA: Buje		MATERIAL: Bronce
DIMENSIONES EN BRUTO: [mm] Buje ANCHO: 5 DIAMETRO EXTERIOR: 16 DIAMETRO INTERIOR: 10 CANTIDAD: 2	ESQUEMA: 	ANOTACIONES Evita la concentración de esfuerzos en los soportes del pie.
PROCESO	ESPECIFICACIONES	
Torneado	Ancho: 5mm Diámetro Exterior: 16. Para insertar en los soportes del Pie	
Cilindrado Interior	Diámetro: 10 mm. Para insertar Eje de Rotación	
Corte	Espesor: 5 mm	

Tabla K6. Carta de Procesos 06, Pieza Cubierta.

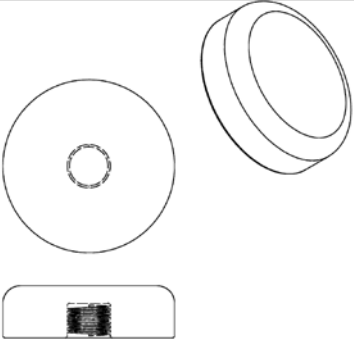
CARTA DE PROCESOS 06		
NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE PROTESIS TRANSTIBIAL INFANTIL Y VALIDACIÓN A TRAVÉS DE PU		PRESENTADO POR: MARIA FERNANDA BERBESÍ ESPINOSA MARIA FERNANDA SUESCUM QUEZADA
FECHA:	9 de Octubre de 2009	HOJA DE PROCESOS: No 6
Plano referencia: 6/11		
NOMBRE DE LA PIEZA: Cubierta		MATERIAL: Al6061T6
DIMENSIONES EN BRUTO: [mm] Cubierta ALTO: 12 DIAMETRO EXTERIOR: 40 DIAMETRO INTERIOR: 10 CANTIDAD: 2	ESQUEMA: 	ANOTACIONES Cubren los extremos del eje y lo mantienen en su lugar.
PROCESO	ESPECIFICACIONES	
Torneado	Largo: 14 Diámetro Exterior: 25.4 Diámetro Interior: 19.05	
Moleteado	Superficie Canto. Dado Punta de Diamante 1x1	
Corte	Espesor: 12 mm	
Roscado	Rosca 3/8 Paso 16 UNC.	
Fresado	Cara superior	
Pos Proceso	Lijado y Pulido	
Acabado Final	Anodizado	

Tabla K7. Carta de Procesos 07, Pieza Caña Graduable.

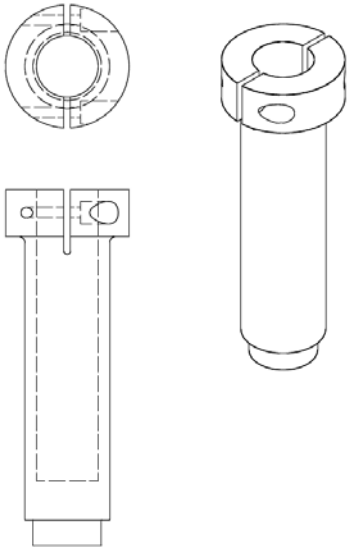
CARTA DE PROCESOS 07	
<p style="text-align: center;">NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE PROTESIS TRANSTIBIAL INFANTIL Y VALIDACIÓN A TRAVÉS DE PU</p>	
<p style="text-align: center;">PRESENTADO POR: MARIA FERNANDA BERBESÍ ESPINOSA MARIA FERNANDA SUESCUM QUEZADA</p>	
<p>FECHA:</p>	<p>9 de Octubre de 2009</p>
<p>HOJA DE PROCESOS: No 7</p>	
<p>Plano referencia: 7/11</p>	
<p>NOMBRE DE LA PIEZA: Caña Fija</p>	<p>MATERIAL: Al6061T6</p>
<p>DIMENSIONES EN BRUTO: [mm] Caña Fija DIAMETRO SUPERIOR: 38 DIAMETRO INFERIOR: 21 LARGO:102 CANTIDAD: 1</p>	<p>ESQUEMA:</p> 
<p>ANOTACIONES Contiene la caña móvil para su graduación.</p>	
PROCESO	ESPECIFICACIONES
Torneado	Para forma cilíndrica exterior LARGO: 102 mm Diámetro Superior (Exterior): 25.4 Mm Diámetro Inferior (Exterior): 21 mm
Cilindrado Interior	Diámetro: 19 mm. Para oquedad interior
Corte	Largo: 102 mm
Corte	Ancho: 2mm. Largo: 20mm. Para ajustar caña móvil
Roscado	Rosca 3/16 UNC. Cantidad: 2. Para ubicar tornillos que sujetan Caña Móvil
Acabado Final	Anodizado

Tabla K8. Carta de Procesos 08, Pieza Caña Móvil.

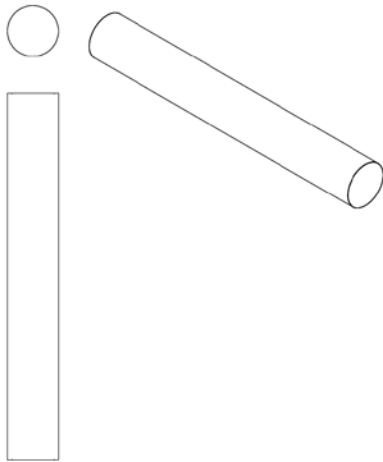
CARTA DE PROCESOS 08		
NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE PROTESIS TRANSTIBIAL INFANTIL Y VALIDACIÓN A TRAVÉS DE PU		PRESENTADO POR: MARIA FERNANDA BERBESÍ ESPINOSA MARIA FERNANDA SUESCUM QUEZADA
FECHA:	9 de Octubre de 2009	HOJA DE PROCESOS: No 8
Plano referencia: 8/11		
NOMBRE DE LA PIEZA: Caña Móvil		MATERIAL: Al6061T6
DIMENSIONES EN BRUTO: [mm] Caña Móvil DIAMETRO EXTERIOR: 18 LARGO:130 CANTIDAD: 1	ESQUEMA: 	ANOTACIONES Permite la graduación del sistema.
PROCESO	ESPECIFICACIONES	
Torneado	Largo: 14 mm Diámetro Exterior: 25.4 Mm Diámetro Interior: 19.05 mm	
Moleteado	Dado Punta de Diamante 1x1	
Corte	Largo: 14 mm	

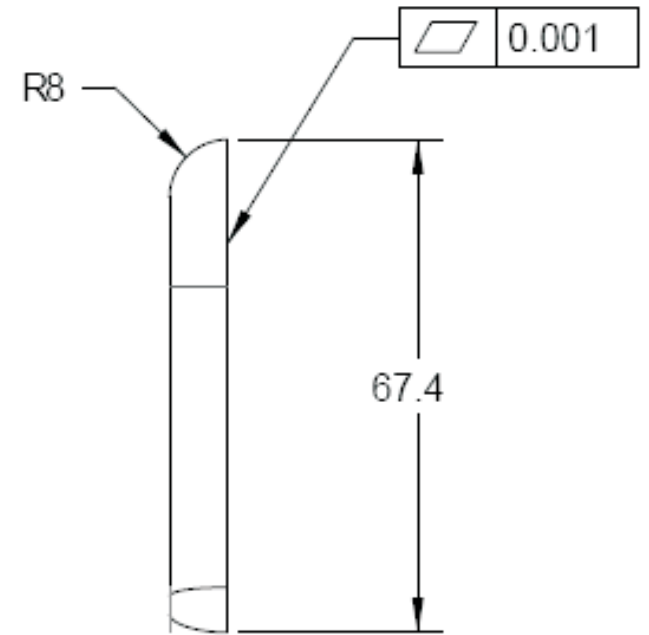
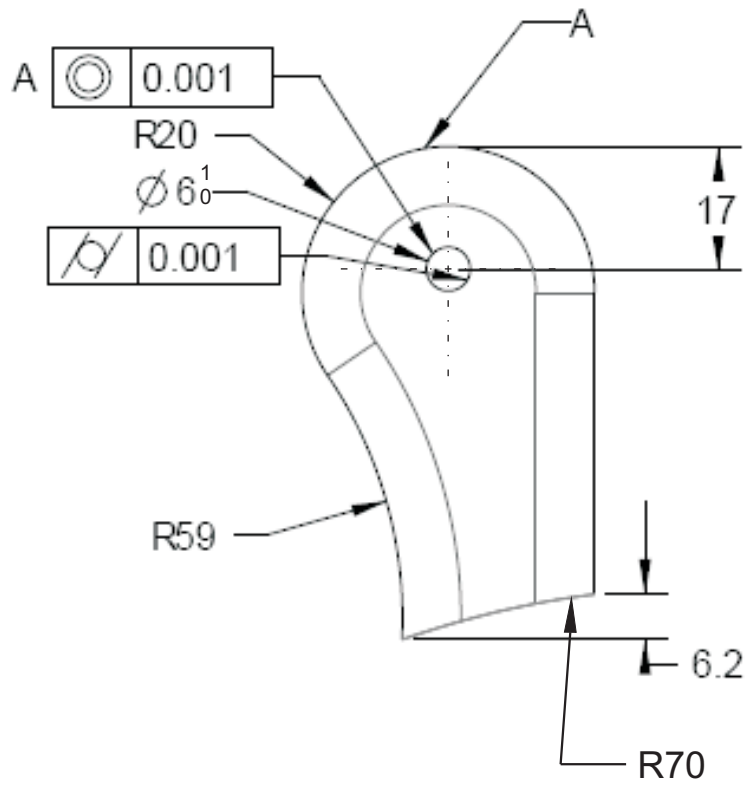
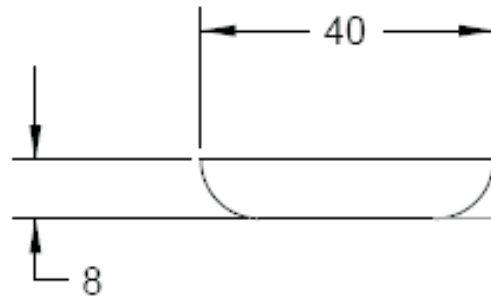
Tabla K9. Cotizaciones realizadas.

COTIZACIONES REALIZADAS PARA FABRICACIÓN DE PRODUCTO: REDISEÑO PRÓTESIS TRANSTIBIAL			
Empresa que Cotiza	Pieza	Proceso	Valor (en Pesos)
Fundalco	Pie	Fundición en Coquilla	Molde: 7'800,000
			Pieza: 74,500 (Librando el molde en un año, valor unitario pieza = 14,500)
Maquinados y Procesos	Pie	Mecanizado	750,000
	Articulación	Mecanizado	270,000
	Cubiertas		
	Resortes		
	Tornillos		
	Bujes		
	Caña Fija		
Caña Móvil			
Anodizados SIAR	Todas	Anodizado color	10.000 por ensamble (sin importar el color elegido)
Total Costo Pie Fundido en Coquilla + Resto de Piezas Mecanizadas			354,500
Total Costo Pie Mecanizado + Resto de Piezas Mecanizadas			930,000
Precio (con utilidades del 30%) si el costo es 354,500			460,000

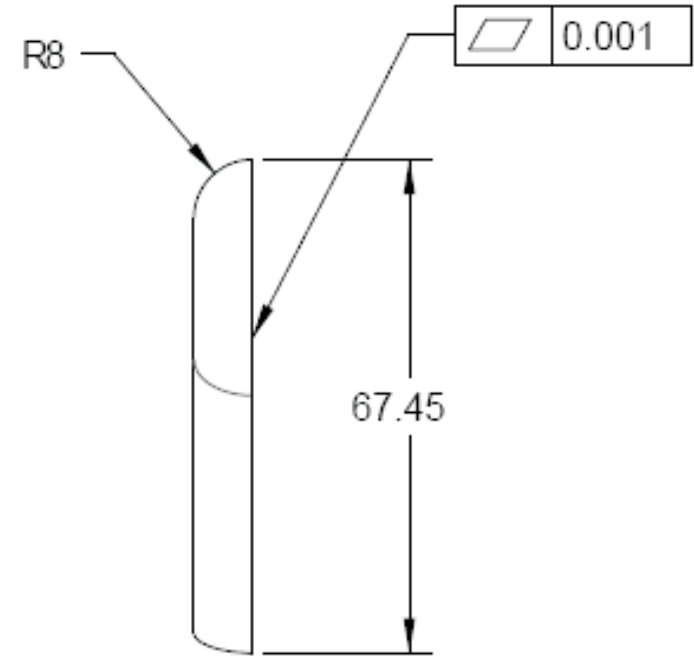
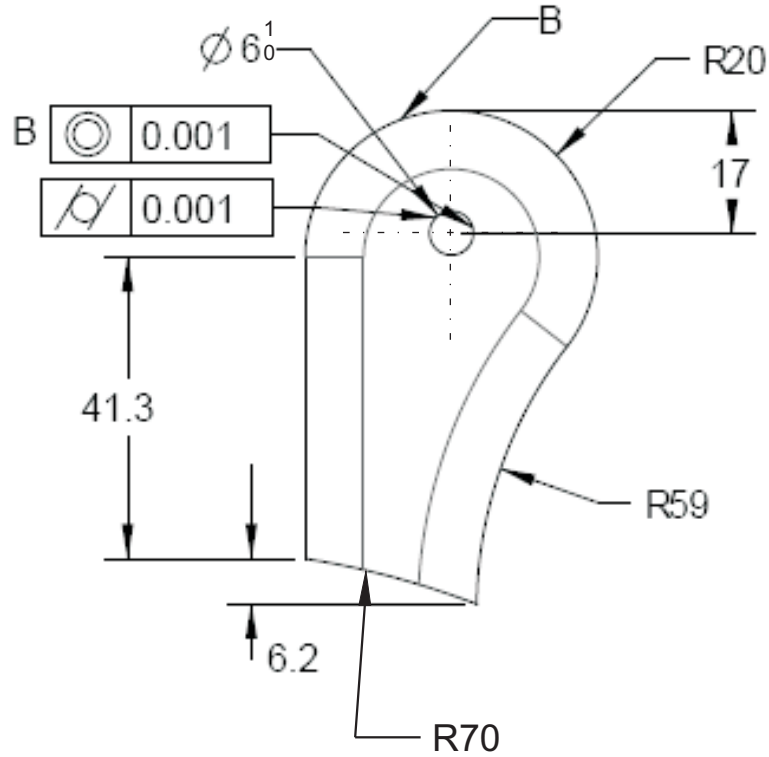
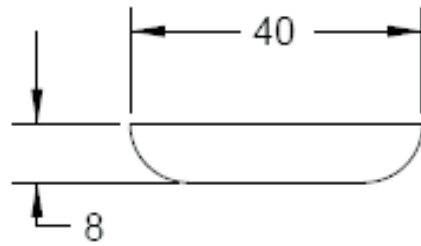
Fuente: Las autoras.

Nota: Se realizaron las cotizaciones teniendo en cuenta una fabricación anual de 130 unidades¹.

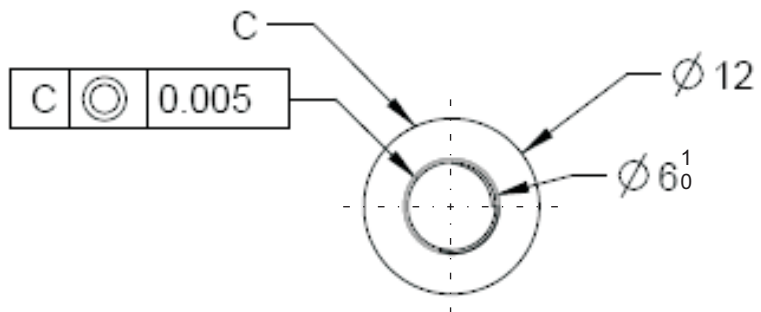
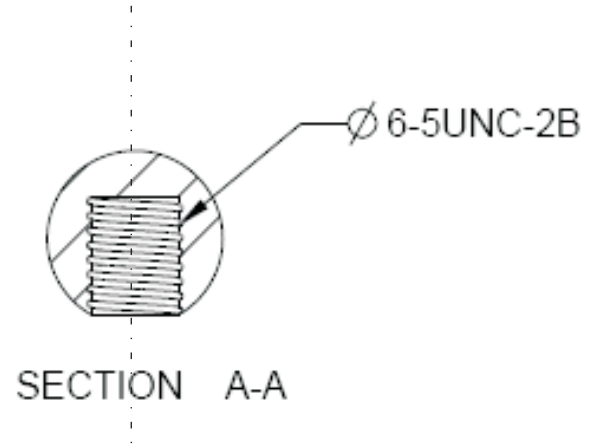
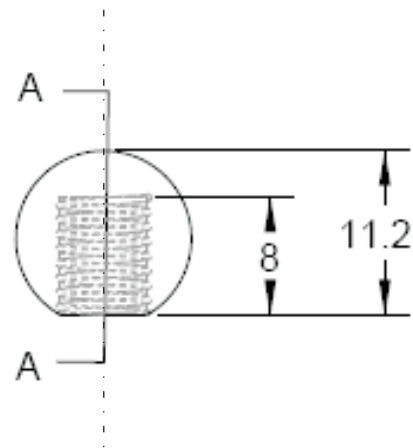
¹ Dato suministrado por Administradora Mónica Mejía, Ortopédica TAO. Septiembre de 2009.



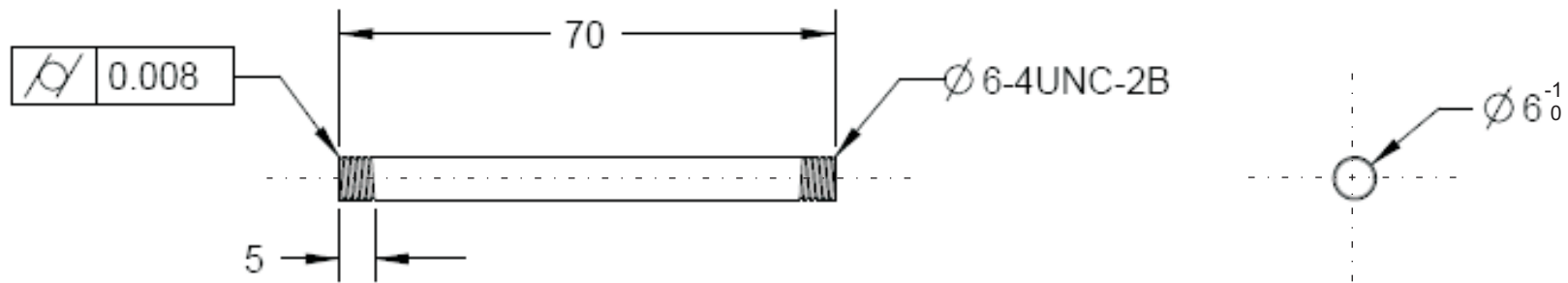
PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Soporte 1			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	1:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
SISTEMA			FECHA	2009		
PLANO			1/17			
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						



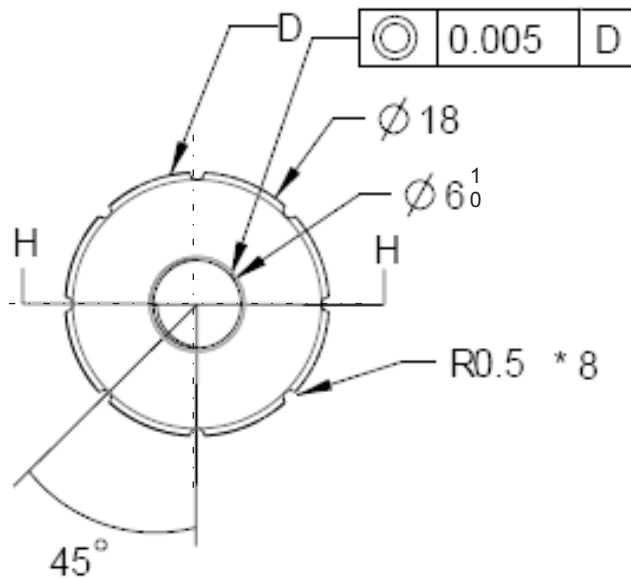
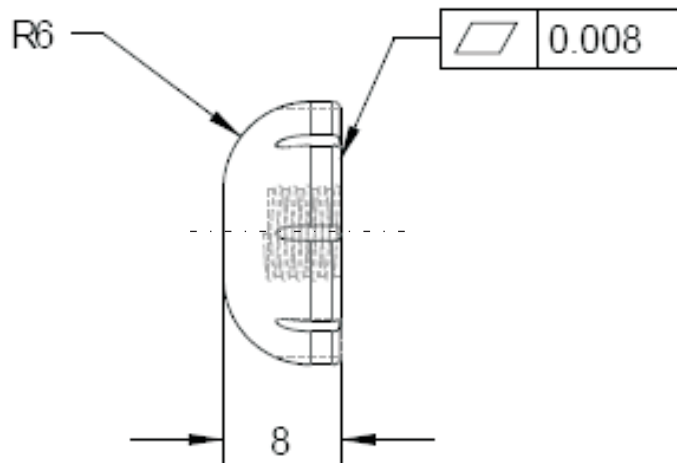
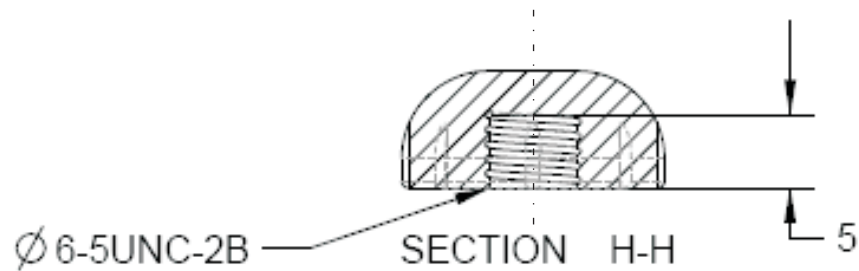
PROYECTO			_____		
Diseño Prótesis Transtibial Infantil			_____		
EQUIPO			_____		
Prótesis Transtibial Infantil			_____		
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA
Soporte 2			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
ESCALA	UNIDADES	FORMATO	DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
1:1	MM	A4	APROBÓ Santiago Correa		
SISTEMA	FECHA	PLANO	La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
	2009	2/17			



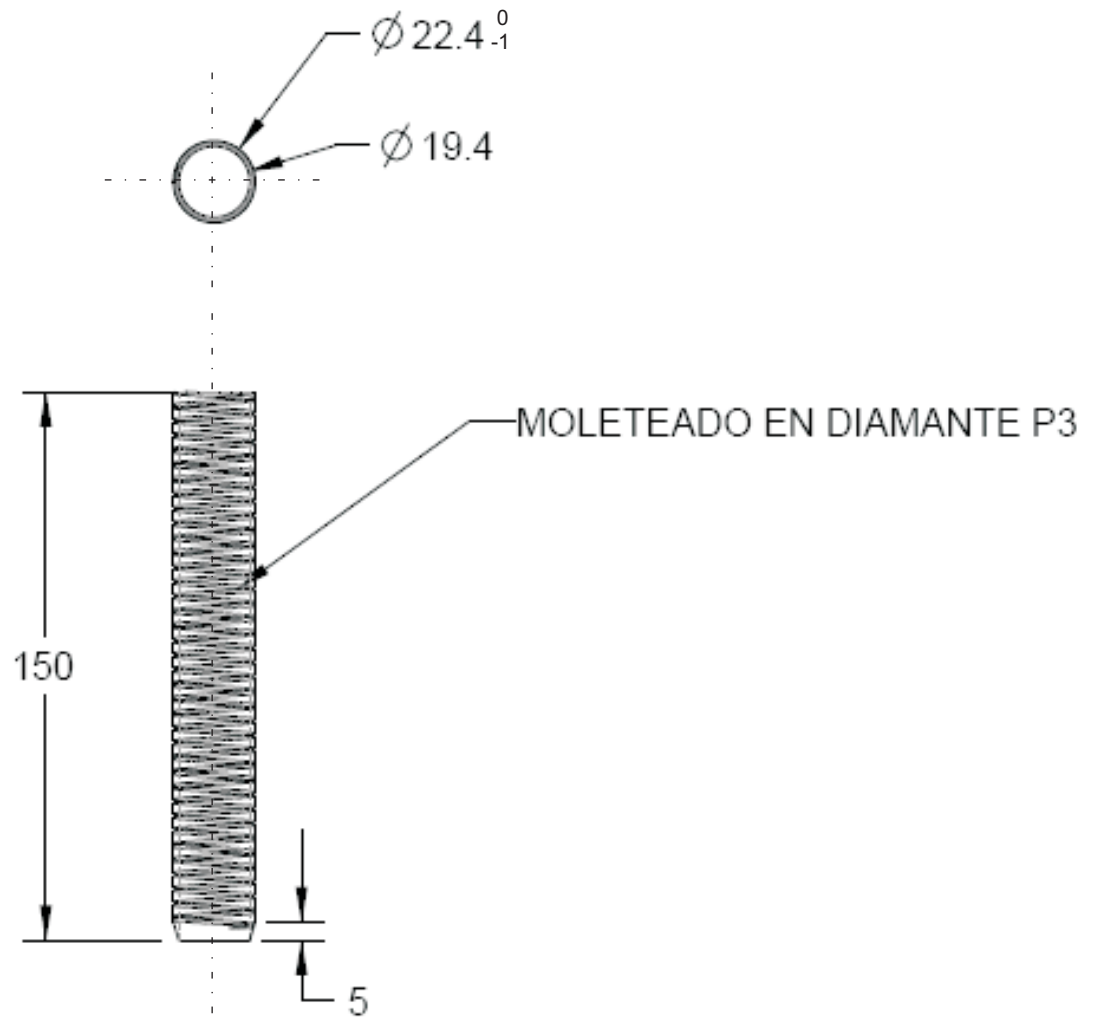
PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Tuerca Tope			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	2:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
			DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
			APROBÓ Santiago Correa			
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	3/17	
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						



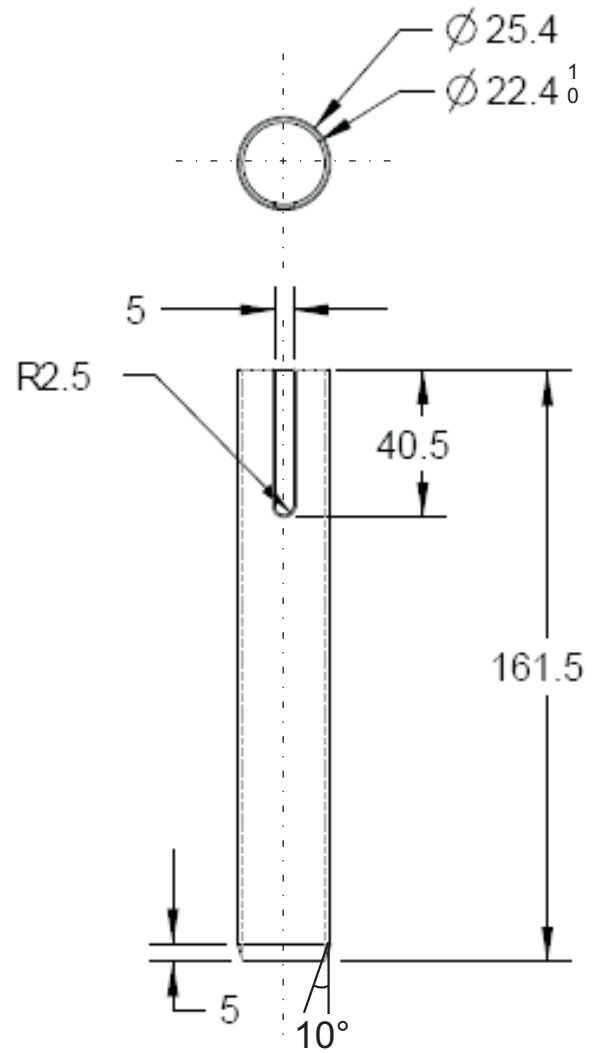
PROYECTO			_____	_____	_____
Diseño Prótesis Transtibial Infantil			_____	_____	_____
EQUIPO			_____	_____	_____
Prótesis Transtibial Infantil			_____	_____	_____
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA
Eje			DIBUJÓ	Equipo Prótesis Transtibial Infantil	FECHA
ESCALA	1:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4
DISEÑO			Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
APROBÓ			Santiago Correa		
SISTEMA	FECHA	2009	PLANO	4/17	La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil



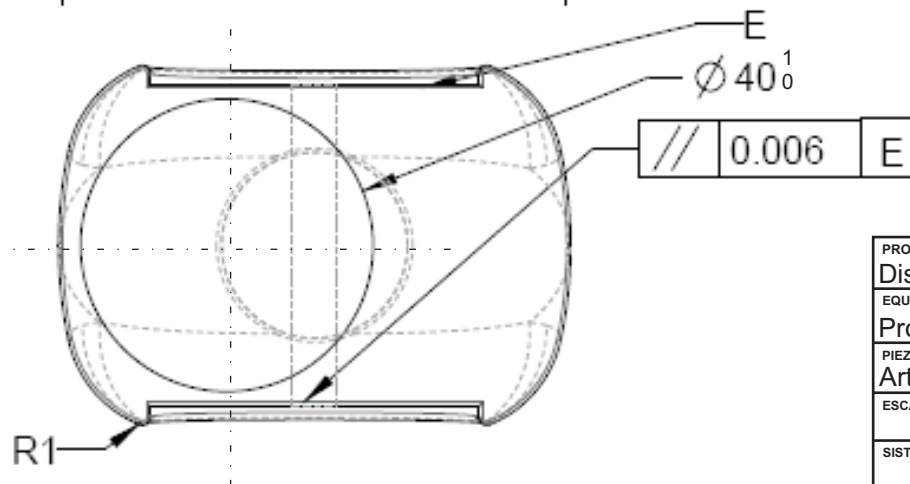
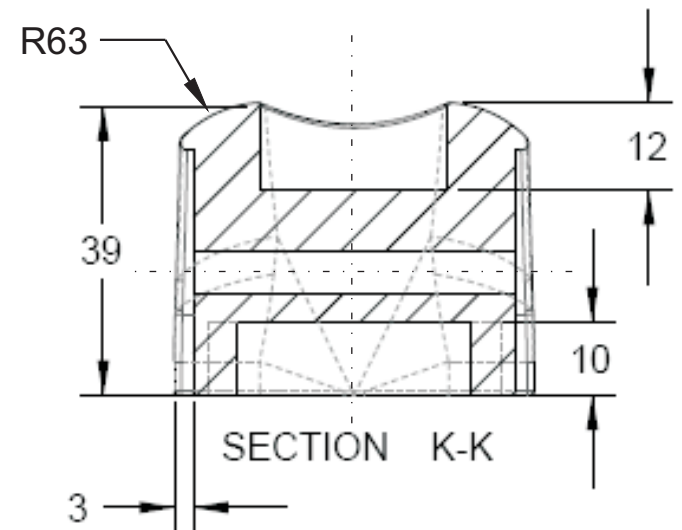
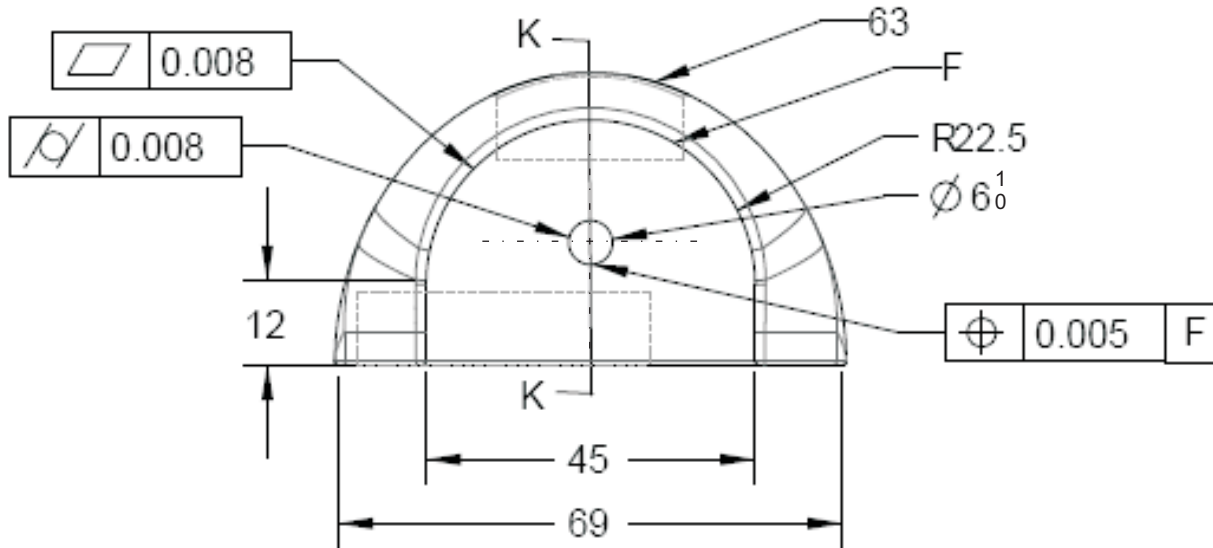
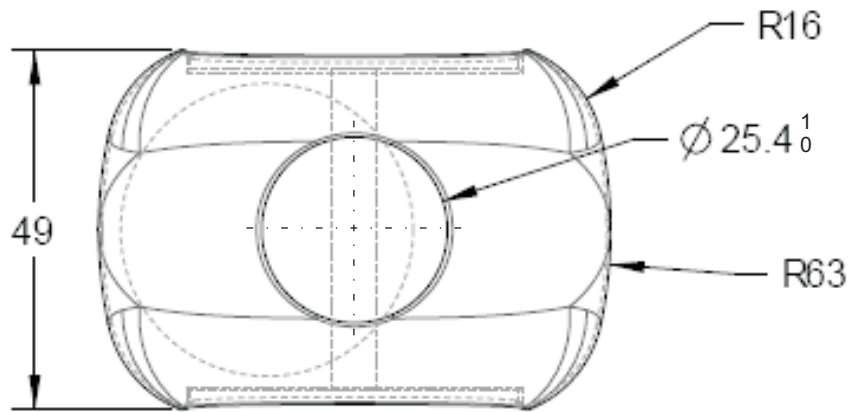
PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Cubierta			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	2:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
			DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
			APROBÓ Santiago Correa			
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	5/17	
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						



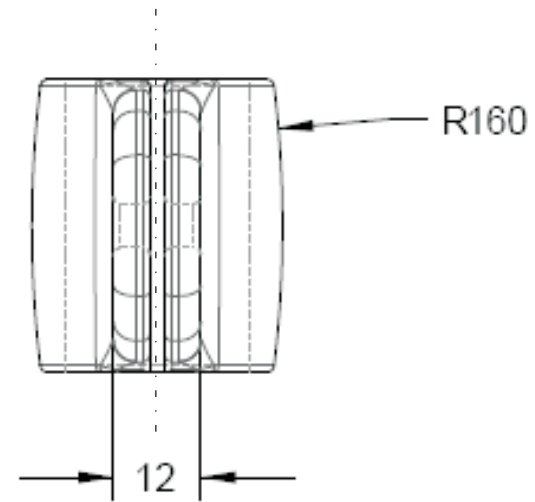
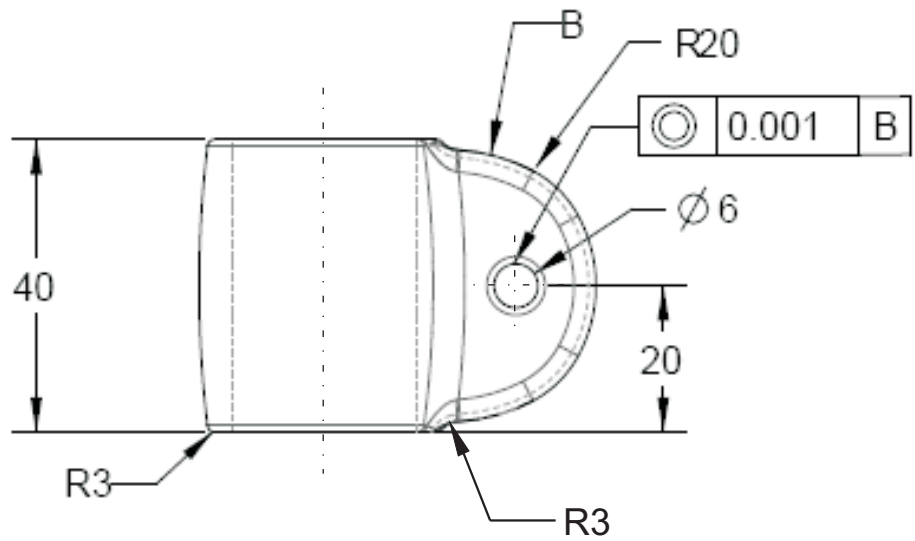
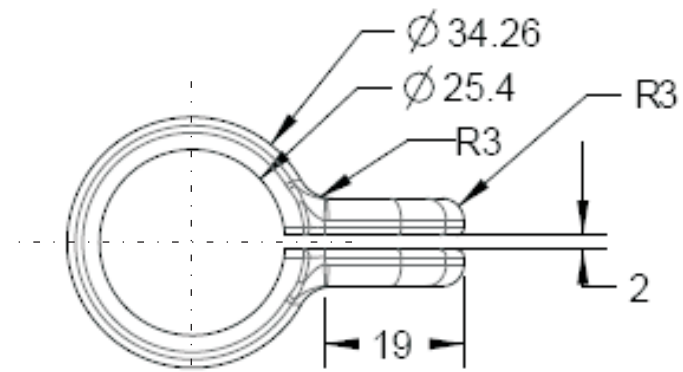
PROYECTO			_____	_____	_____
Diseño Prótesis Transtibial Infantil			_____	_____	_____
EQUIPO			_____	_____	_____
Prótesis Transtibial Infantil			_____	_____	_____
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA
Caña Graduable			DIBUJÓ	Equipo Prótesis Transtibial Infantil	FECHA
ESCALA	UNIDADES	FORMATO	DISEÑO		
1:2	MM	A4	Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
SISTEMA	FECHA	PLANO	APROBÓ		
	2009	6/17	Santiago Correa		
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>					



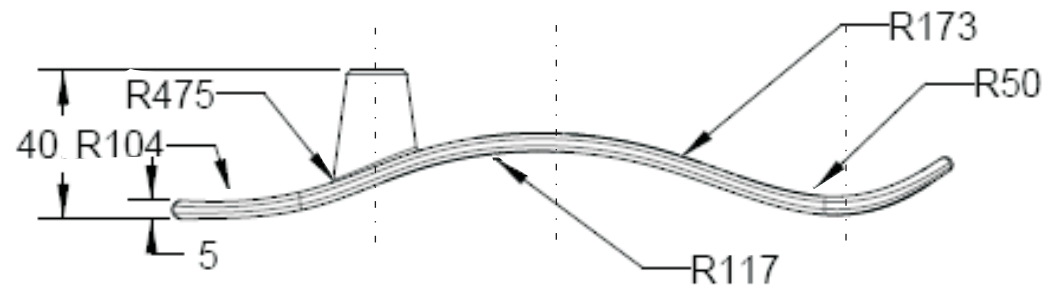
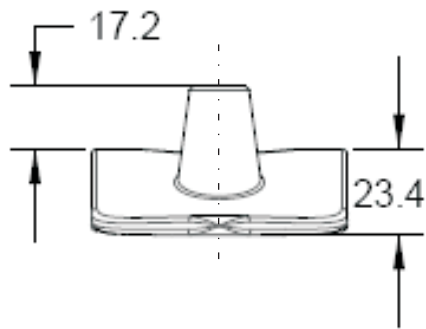
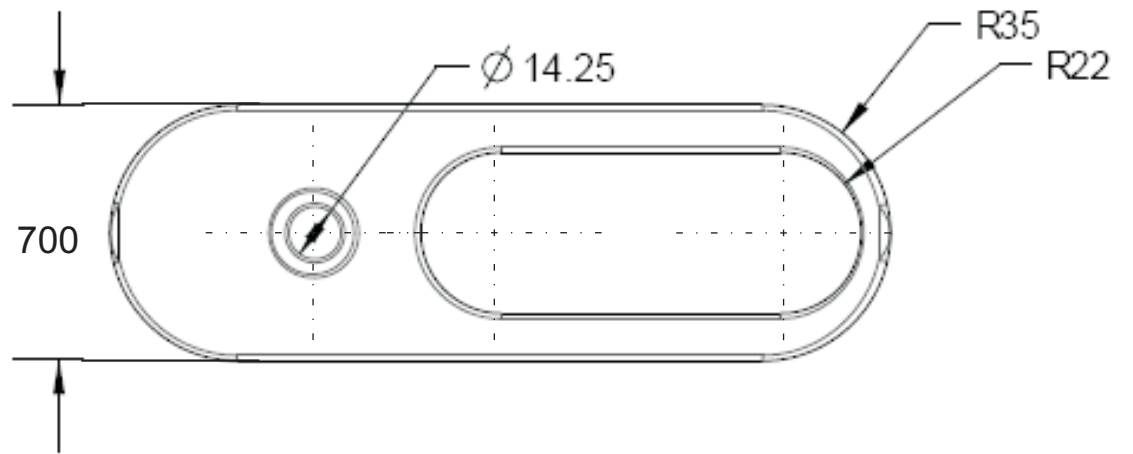
PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Caña Fija			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	1:2	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
			DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
			APROBÓ Santiago Correa			
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	7/17	
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						



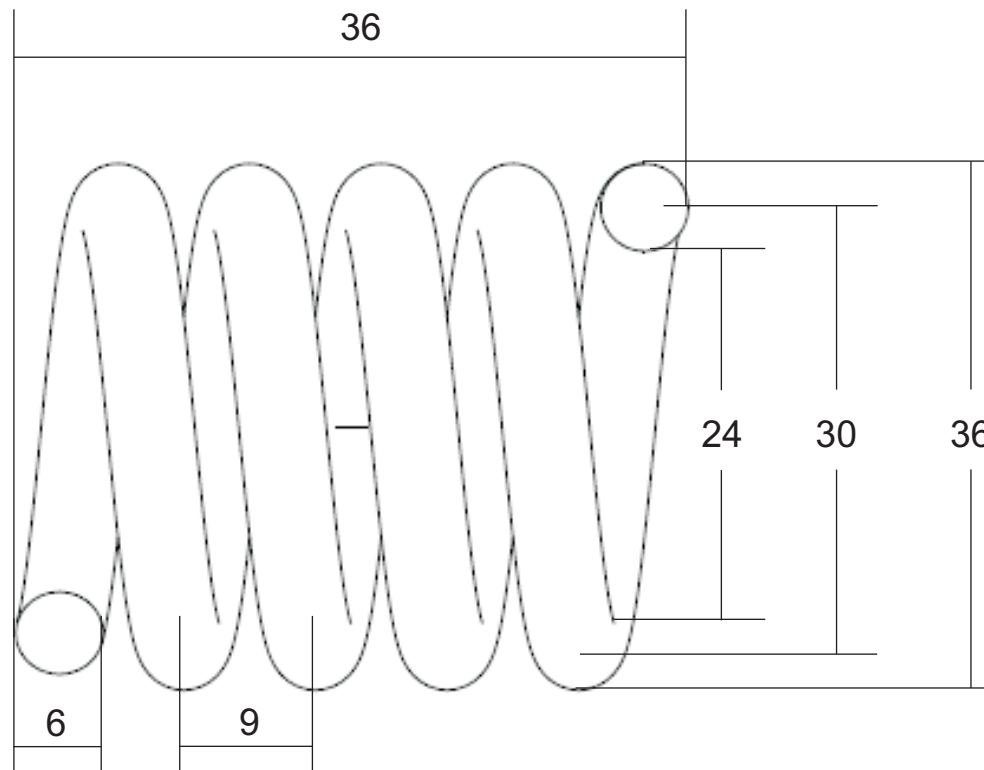
PROYECTO							
Diseño Prótesis Transtibial Infantil							
EQUIPO							
Prótesis Transtibial Infantil							
PIEZA				REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Articulación				DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	1:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4		
				DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
				APROBÓ Santiago Correa			
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	8/17		
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>							



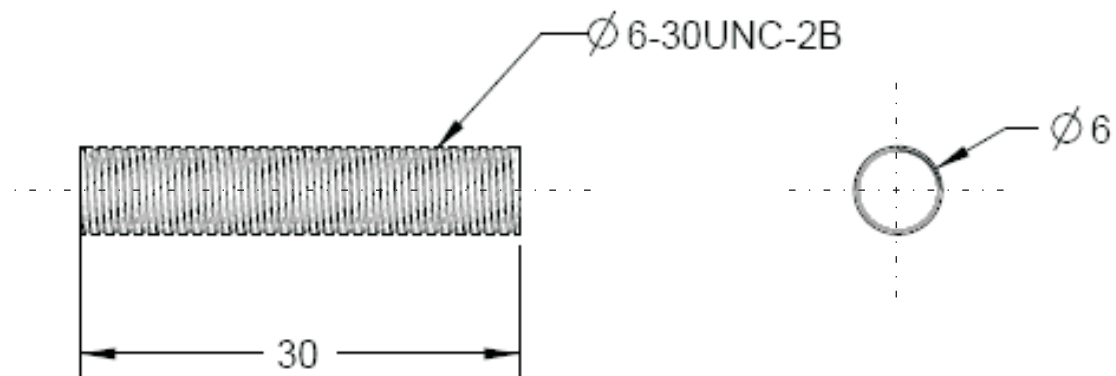
PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Abrazadera			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	1:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
SISTEMA			FECHA	2009	PLANO	9/17
			<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>			



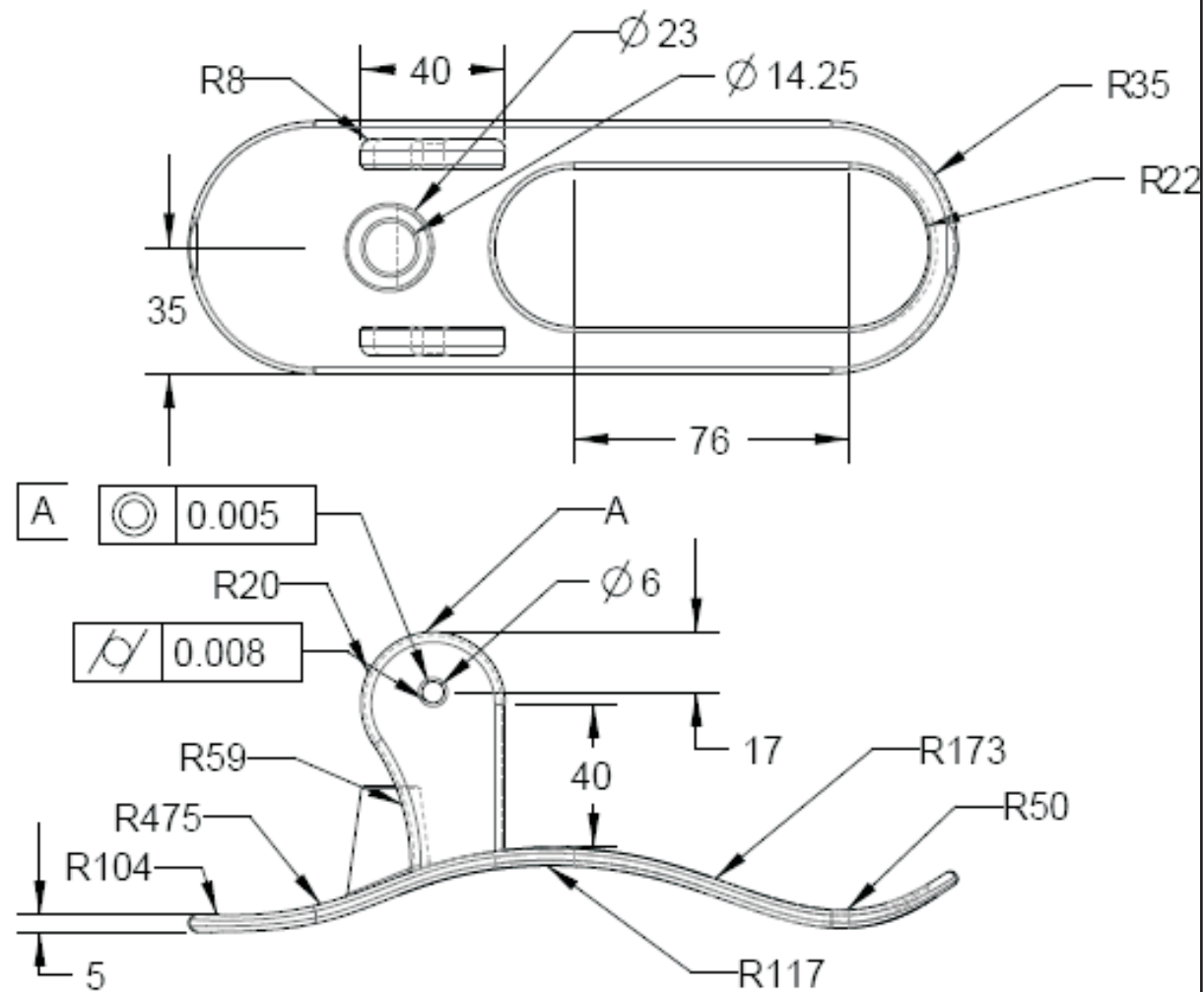
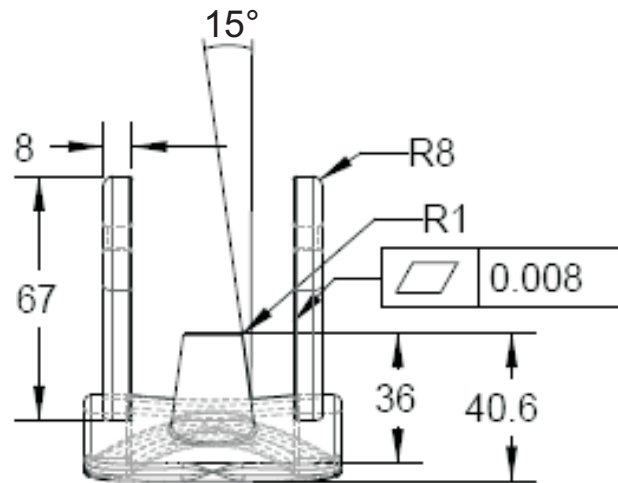
PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Pie			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	1:2	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
			DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
			APROBÓ Santiago Correa			
SISTEMA	FECHA	2009	PLANO	10/17		
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						



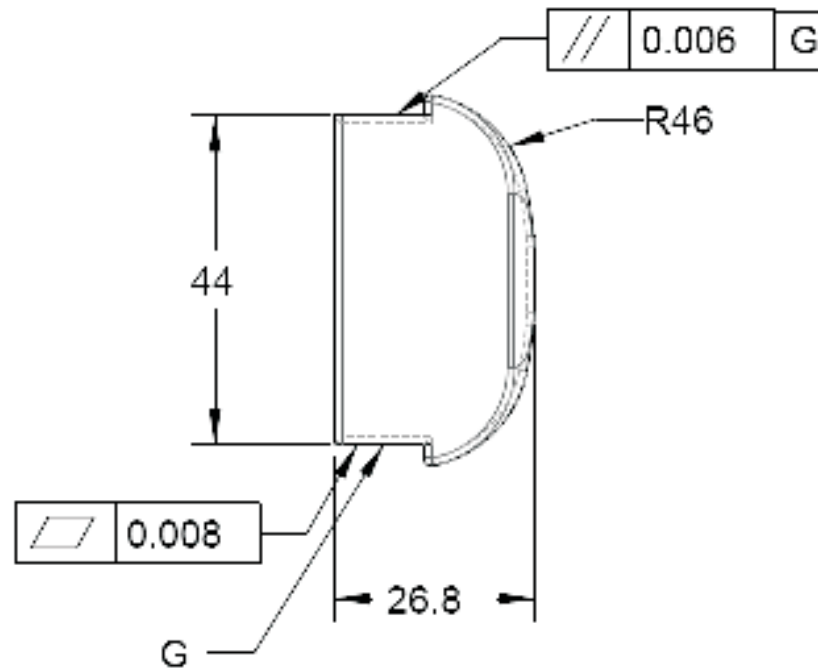
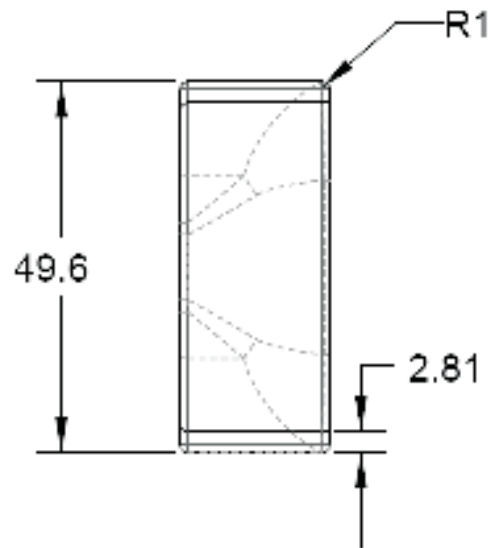
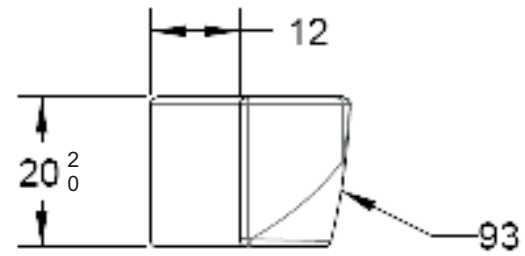
PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Resorte			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	2:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
DISEÑO			Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
APROBÓ			Santiago Correa			
SISTEMA	FECHA	2009	PLANO	11/17		
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						



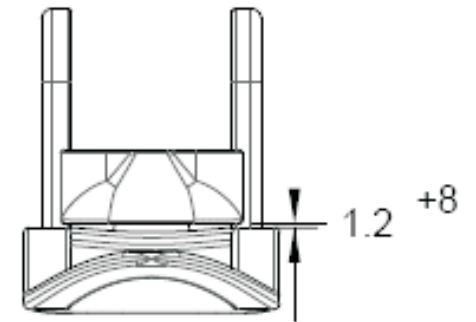
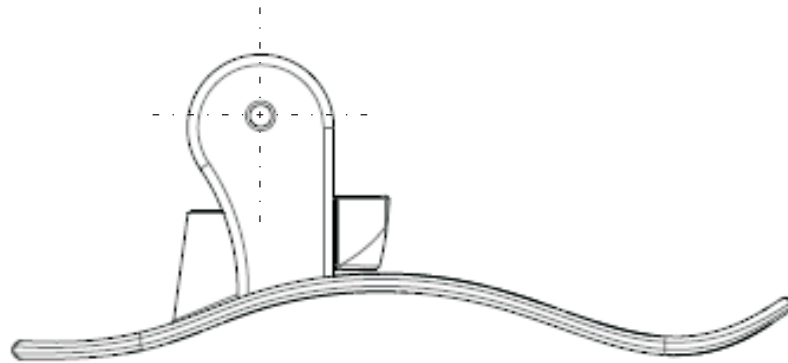
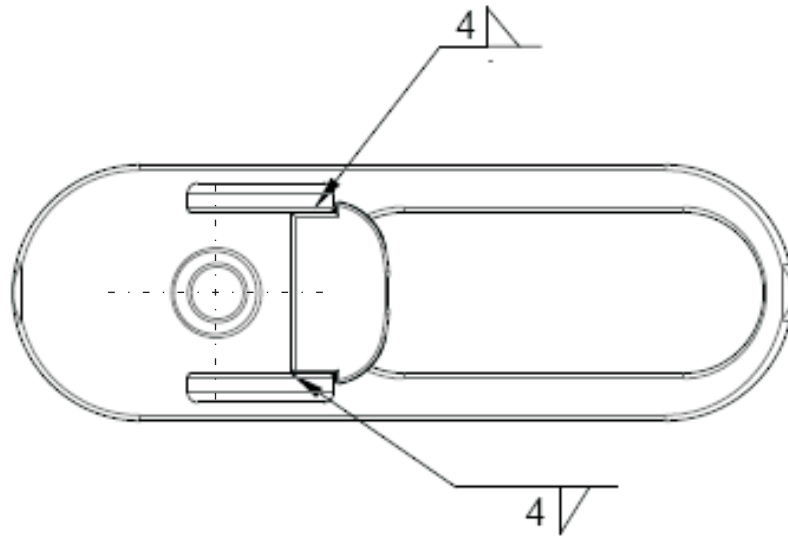
PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Tornillo			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	2:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
			DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
			APROBÓ Santiago Correa			
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	12/17	
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						



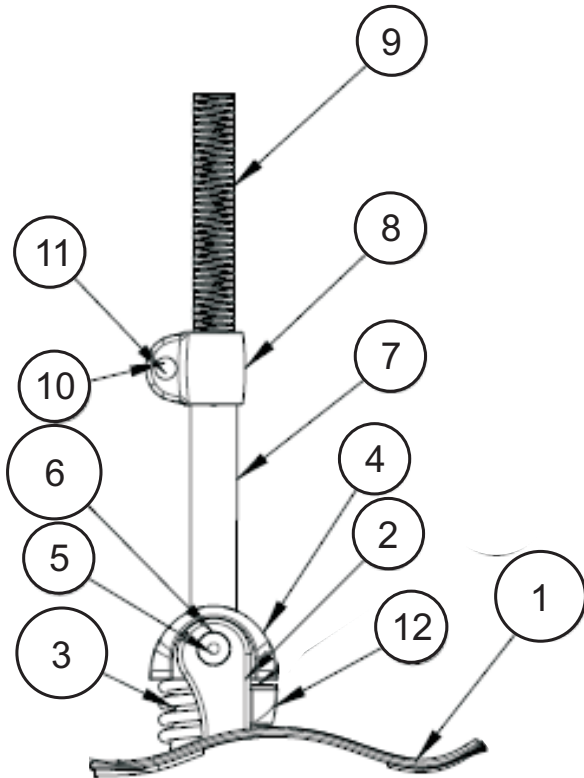
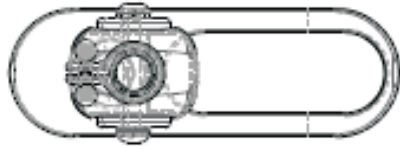
PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ensamble Pie - Soportes						
ESCALA	UNIDADES	FORMATO	DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
1:2	MM	A4	DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
SISTEMA			APROBÓ Santiago Correa			
FECHA			La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
2009			PLANO 13/17			



PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Articulación Inferior			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	1:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
SISTEMA			FECHA	PLANO		
			2009	14/17		
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						



PROYECTO						
Diseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Subensamble Soldadura			DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	1:2	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
			DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
			APROBÓ Santiago Correa			
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	15/17	
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						



12	Articulación Inferior	1	Aluminio Al6063	Anodizado color amarillo 108C
11	Tuerca Tope	2	Aluminio Al6063	Anodizado color Rojo 032C
10	Tornillo	1	AC300	N/A
9	Caña Móvil	1	Tubería Comercial Aluminio 6/8Pulg.	Moletado Punta Diamante 1x1
8	Abrazadera	1	Aluminio Al6063	Anodizado color Rojo 032C
7	Caña Fija	1	Tubería Comercial Aluminio 1Pulg.	Anodizado color Azul 307C
6	Cubierta	2	Aluminio Al6063	Anodizado color Rojo 032C
5	Eje de Rotación	1	AC300	N/A
4	Articulación	1	Aluminio Al6063	Anodizado color amarillo 108C
3	Resorte	1	AC1070	N/A
2	Soporte	2	Aluminio Al6063	Anodizado color amarillo 108C
1	Pie	1	Aluminio Al 6063	Anodizado color verde 375C
No.	NOMBRE	CANTIDAD	MATERIAL	ESPECIFICACIÓN

PROYECTO

Diseño Prótesis Transtibial Infantil

EQUIPO

Prótesis Transtibial Infantil

PIEZA

Ensamble Prótesis

ESCALA 1:5

UNIDADES MM

FORMATO A4

SISTEMA

FECHA 2009

PLANO 16/17

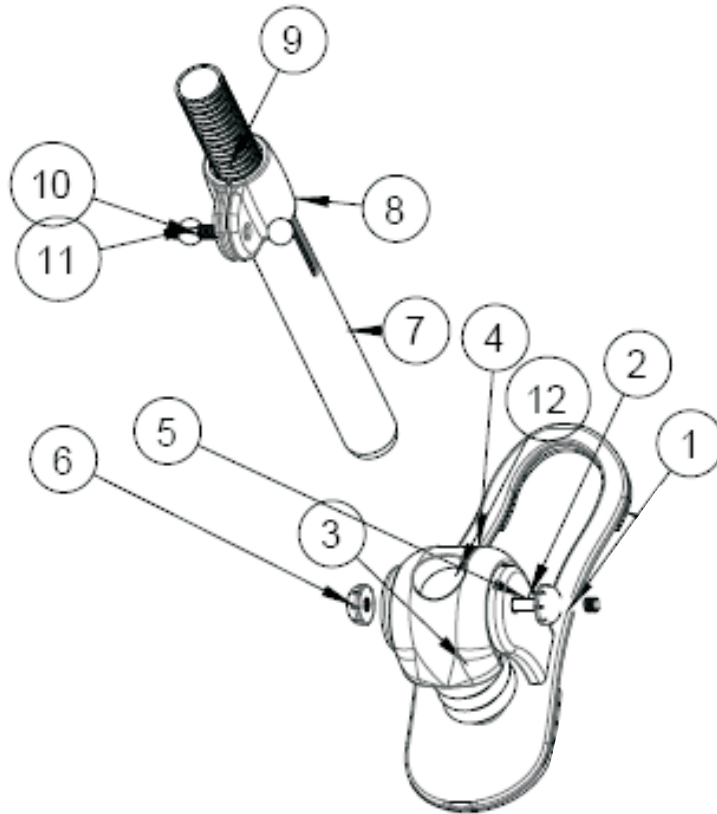
REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA

DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil

DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil

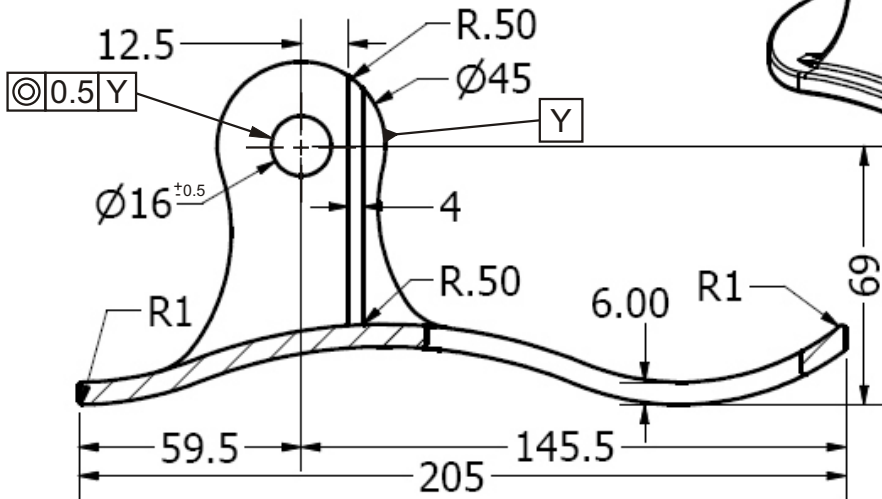
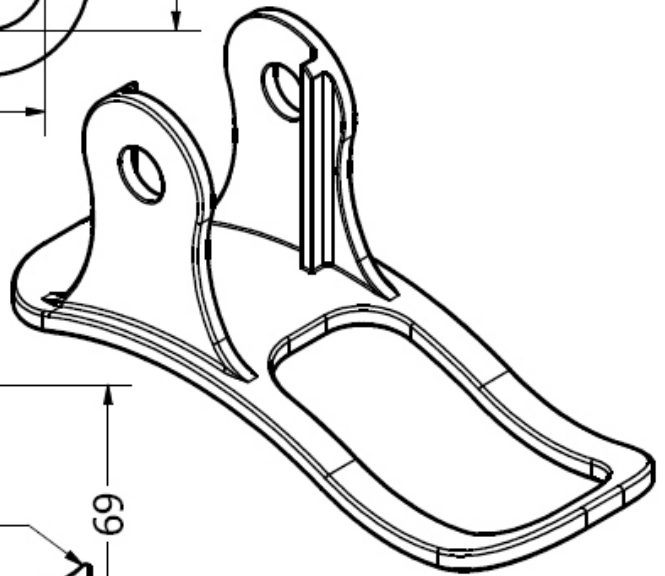
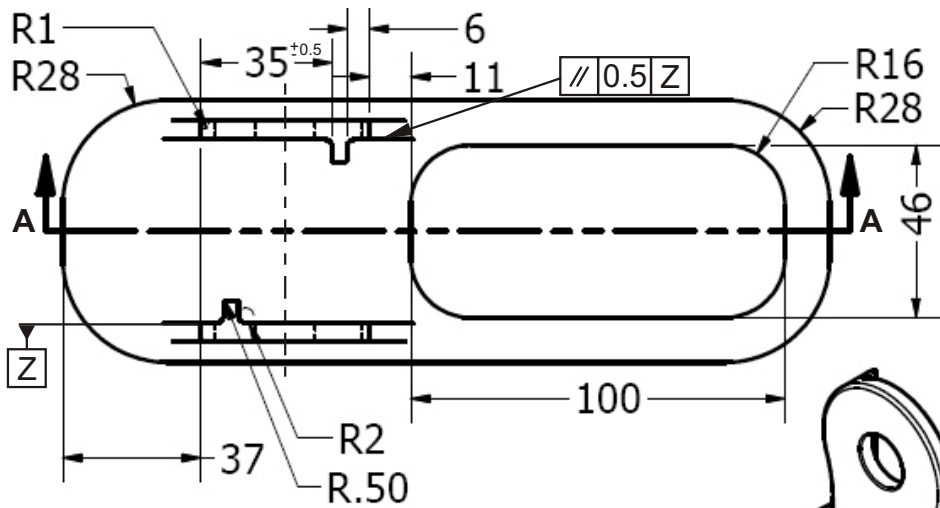
APROBÓ Santiago Correa

La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil

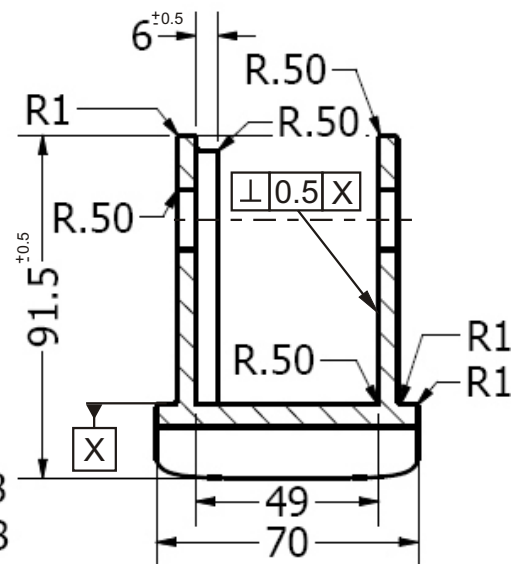
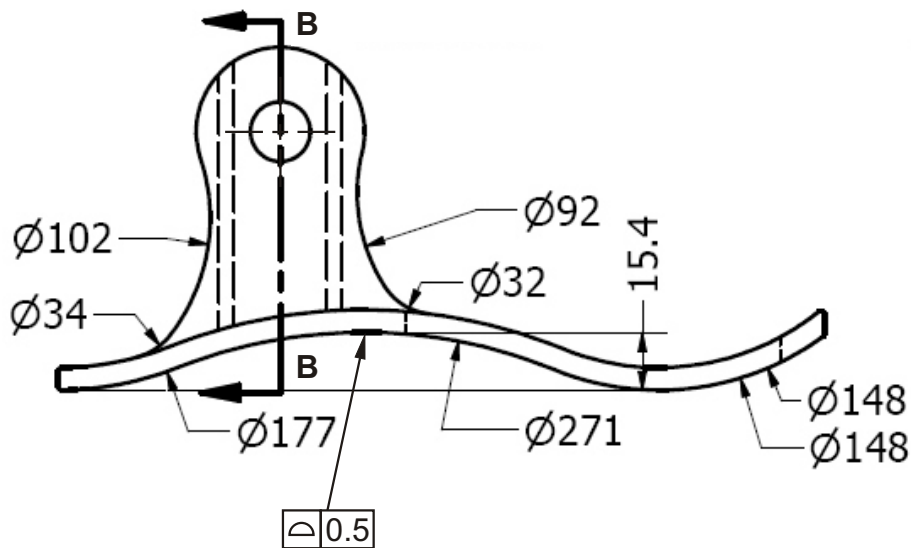


12	Articulación Inferior	1	Aluminio Al6063	Anodizado color amarillo 108C
11	Tuerca Tope	2	Aluminio Al6063	Anodizado color Rojo 032C
10	Tornillo	1	AC300	N/A
9	Caña Móvil	1	Tubería Comercial Aluminio 6/8Pulg.	Moletado Punta Diamante 1x1
8	Abrazadera	1	Aluminio Al6063	Anodizado color Rojo 032C
7	Caña Fija	1	Tubería Comercial Aluminio 1Pulg.	Anodizado color Azul 307C
6	Cubierta	2	Aluminio Al6063	Anodizado color Rojo 032C
5	Eje de Rotación	1	AC300	N/A
4	Articulación	1	Aluminio Al6063	Anodizado color amarillo 108C
3	Resorte	1	AC1070	N/A
2	Soporte	2	Aluminio Al6063	Anodizado color amarillo 108C
1	Pie	1	Aluminio Al 6063	Anodizado color verde 375C
No.	NOMBRE	CANTIDAD	MATERIAL	ESPECIFICACIÓN

PROYECTO			_____	_____	_____	_____
Diseño Prótesis Transtibial Infantil			_____	_____	_____	_____
EQUIPO			_____	_____	_____	_____
Prótesis Transtibial Infantil			_____	_____	_____	_____
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Explosión			DIBUJÓ	Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
ESCALA	1:5	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	
			DISEÑO	Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
			APROBÓ	Santiago Correa		
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	17/17	
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						



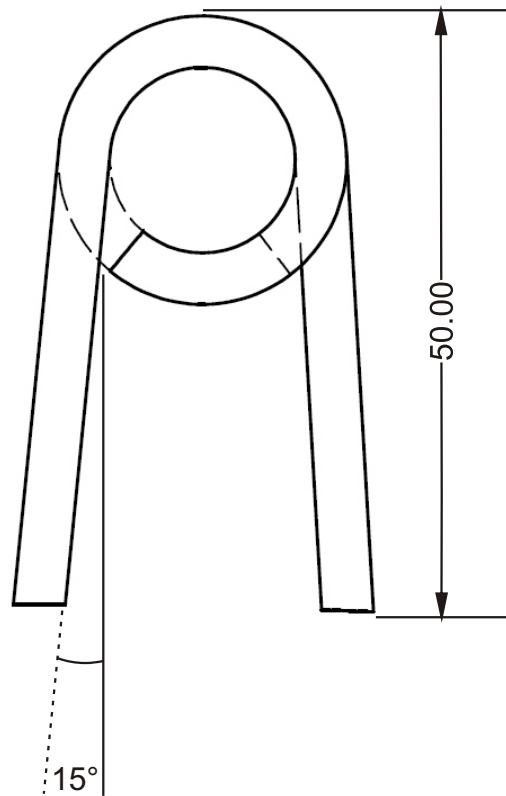
Sección A-A



Sección B-B

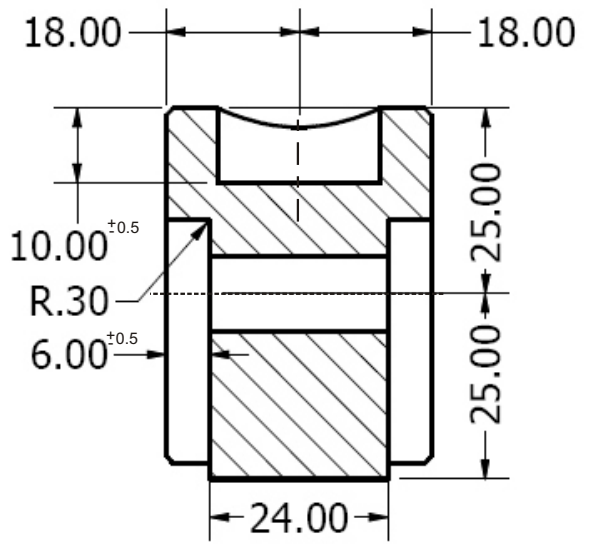
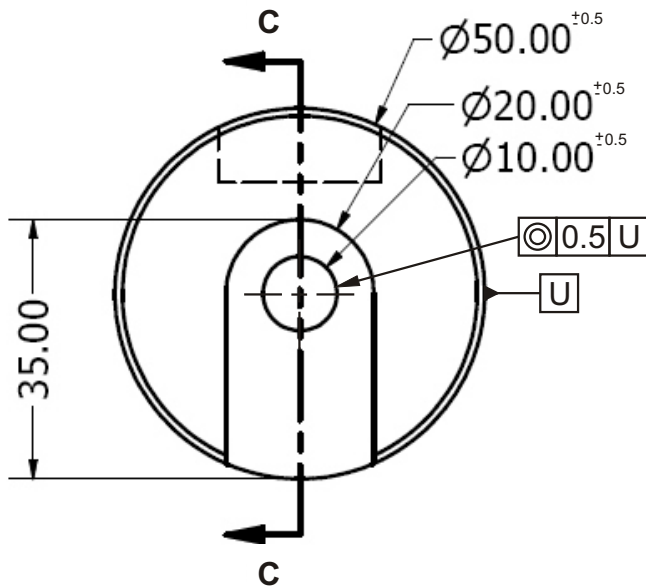
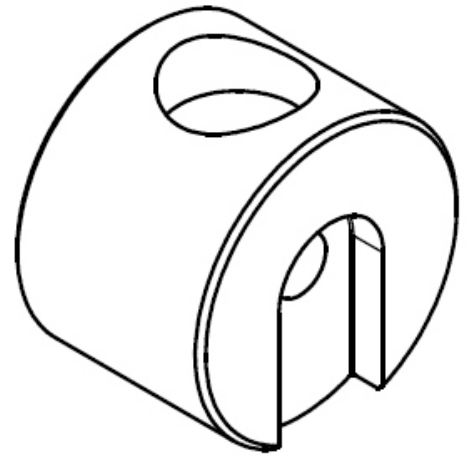
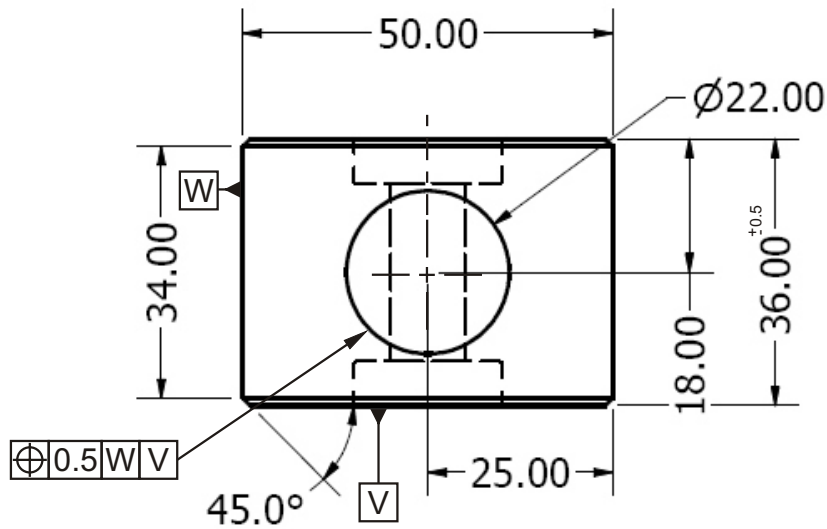
NOTA:
 MATERIAL: AI 7075T6 (DURALUMINIO)
 ANODIZADO COLOR VERDE 375C
 MECANIZADO EN CNC

PROYECTO							
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil							
EQUIPO							
Prótesis Transtibial Infantil							
PIEZA				REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Pie				DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	1:2	UNIDADES	MM	DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
FORMATO				APROBÓ Santiago Correa			
A4				La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	1/11		



NOTA:
 DIÁMETRO ALAMBRE: 2.50
 DIÁMETRO INTERIOR: 10.00^{+0.5}
 NÚMERO DE ESPIRAS: 2
 MATERIAL: Ac1070

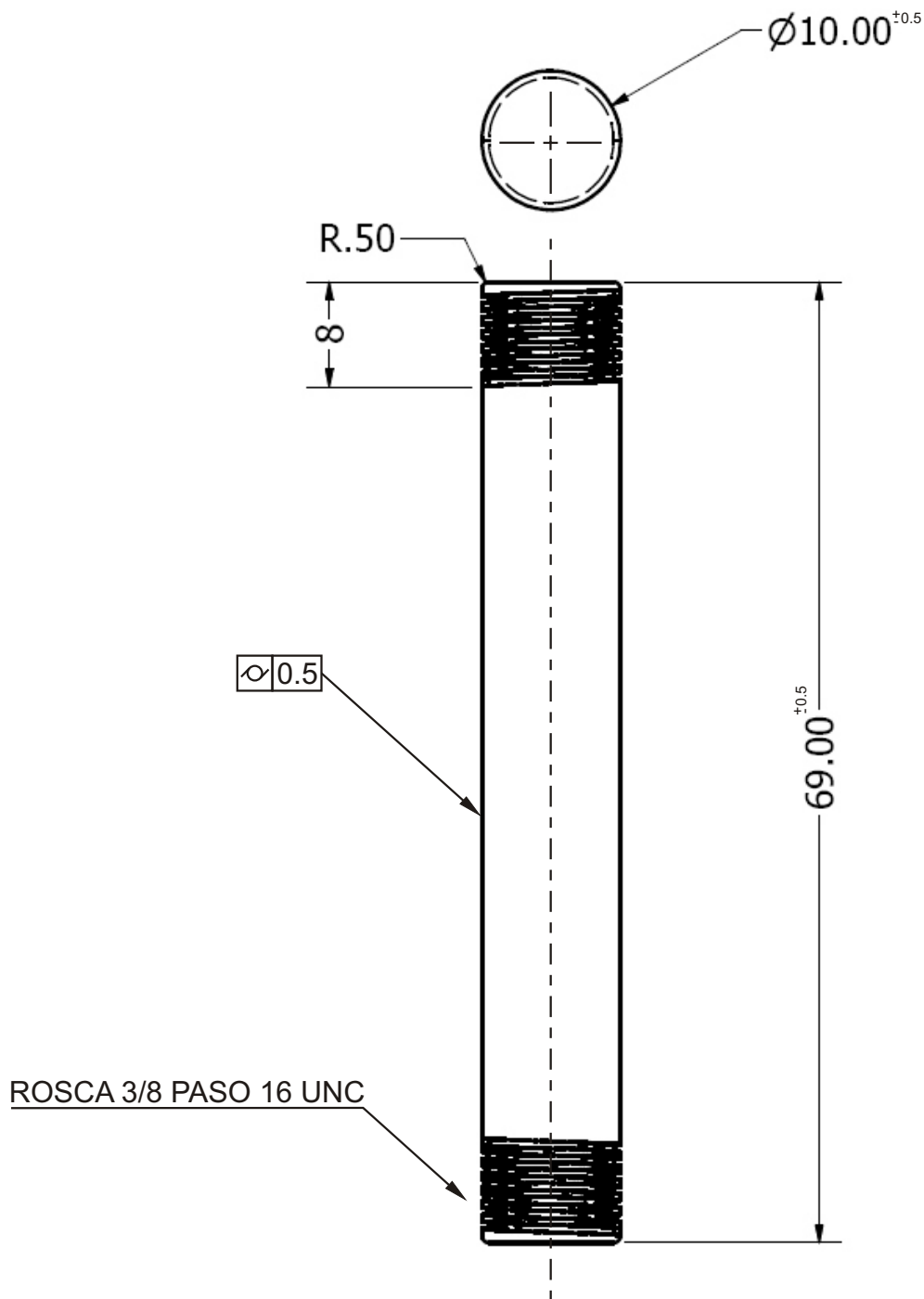
PROYECTO							
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil							
EQUIPO							
Prótesis Transtibial Infantil							
PIEZA				REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Resorte				DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	1:1	UNIDADES	MM	DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
				APROBÓ Santiago Correa			
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	2/11		
		<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>					



Sección C-C

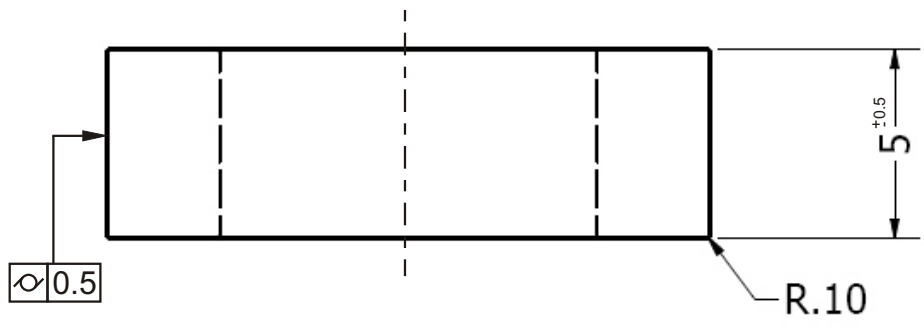
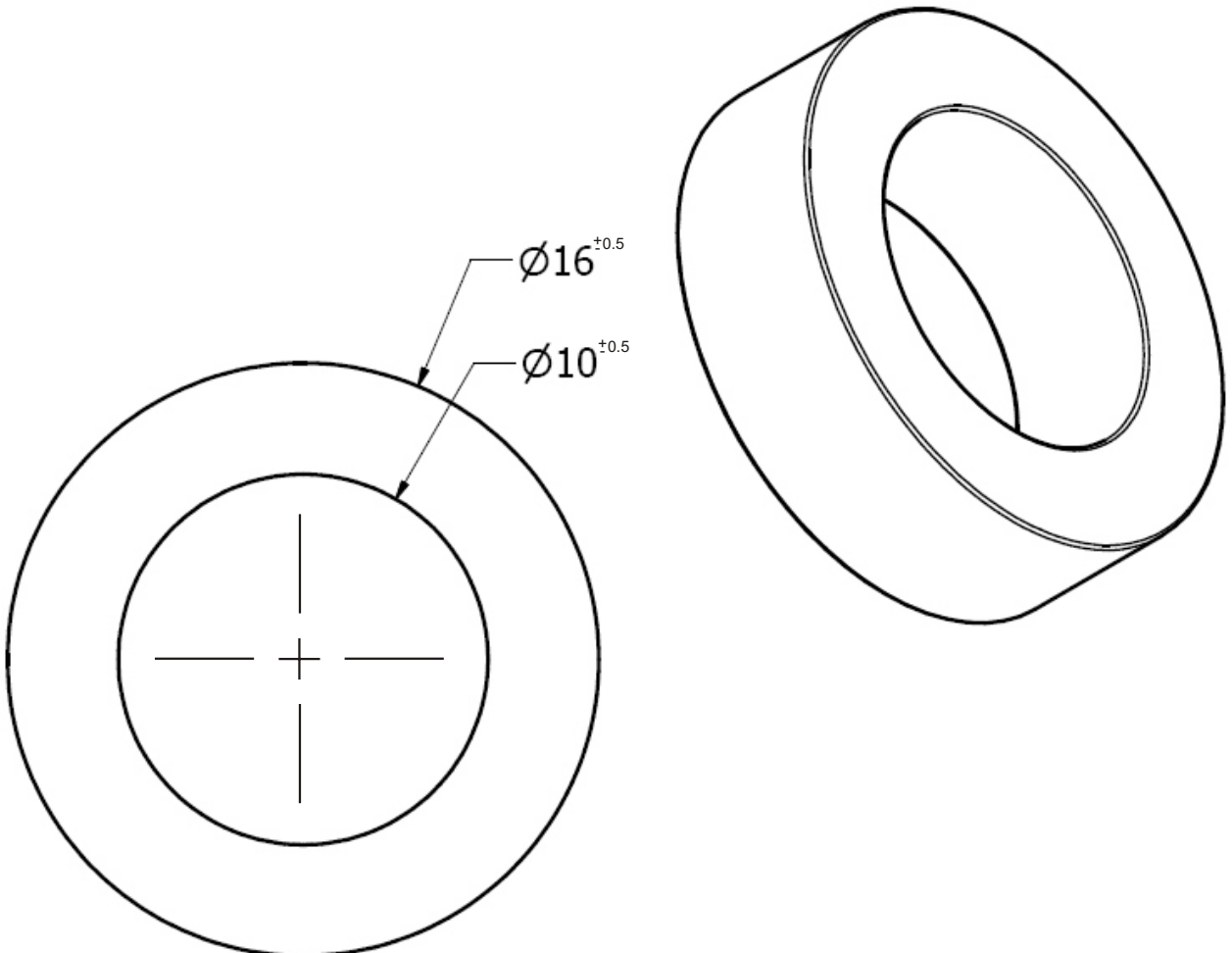
NOTA:
 MATERIAL: AI 6061T6
 ANODIZADO COLOR AMARILLO 108C

PROYECTO							
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil							
EQUIPO							
Prótesis Transtibial Infantil							
PIEZA				REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Articulación				DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	1:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4		
DISEÑO				Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
APROBÓ				Santiago Correa			
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	3/11		
La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil							




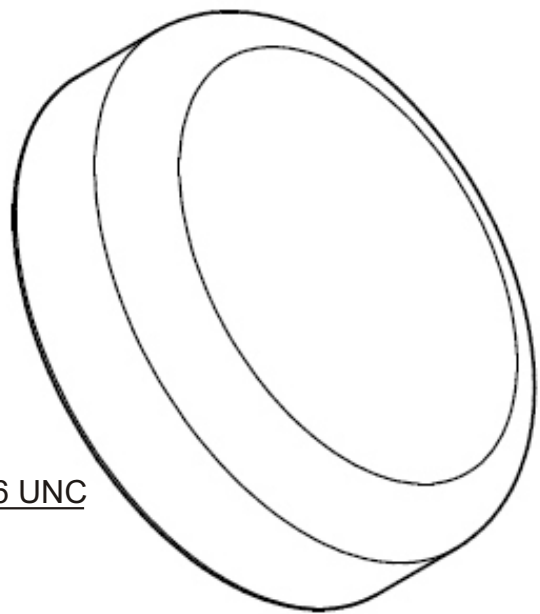
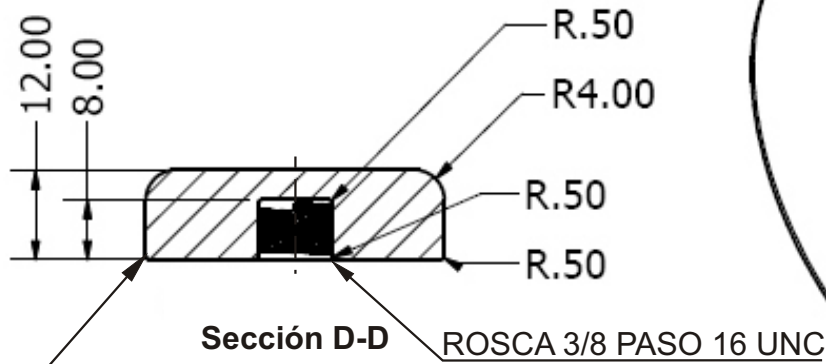
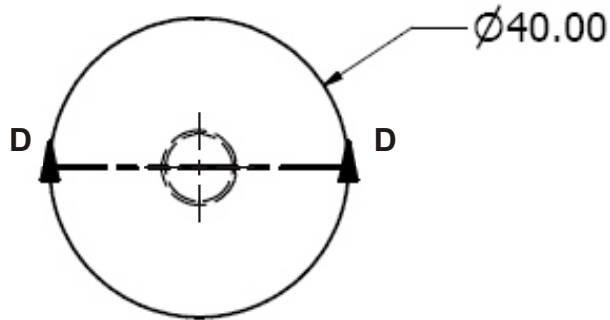
NOTA:
 MATERIAL: AC304

PROYECTO							
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil							
EQUIPO							
Prótesis Transtibial Infantil							
PIEZA				REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Eje de Rotación				DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	2:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4		
SISTEMA				DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
				APROBÓ Santiago Correa			
		FECHA	2009	PLANO	4/11		
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>							

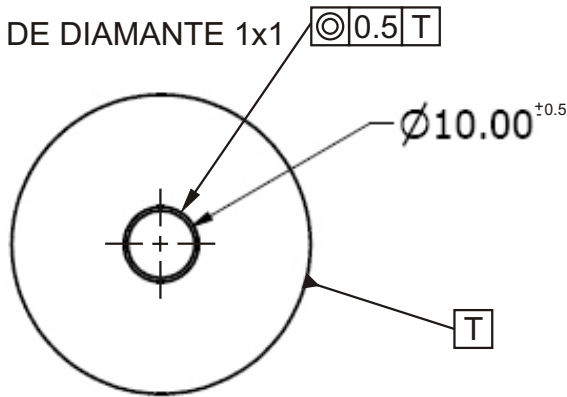


NOTA:
MATERIAL: BRONCE

PROYECTO							
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil							
EQUIPO							
Prótesis Transtibial Infantil							
PIEZA				REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Buje				DIBUJÓ	Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
ESCALA	5:1	UNIDADES	MM	FORMATO	DISEÑO		
				A4	Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
SISTEMA				APROBÓ	Santiago Correa		
		FECHA	2009	PLANO	5/11		
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>							

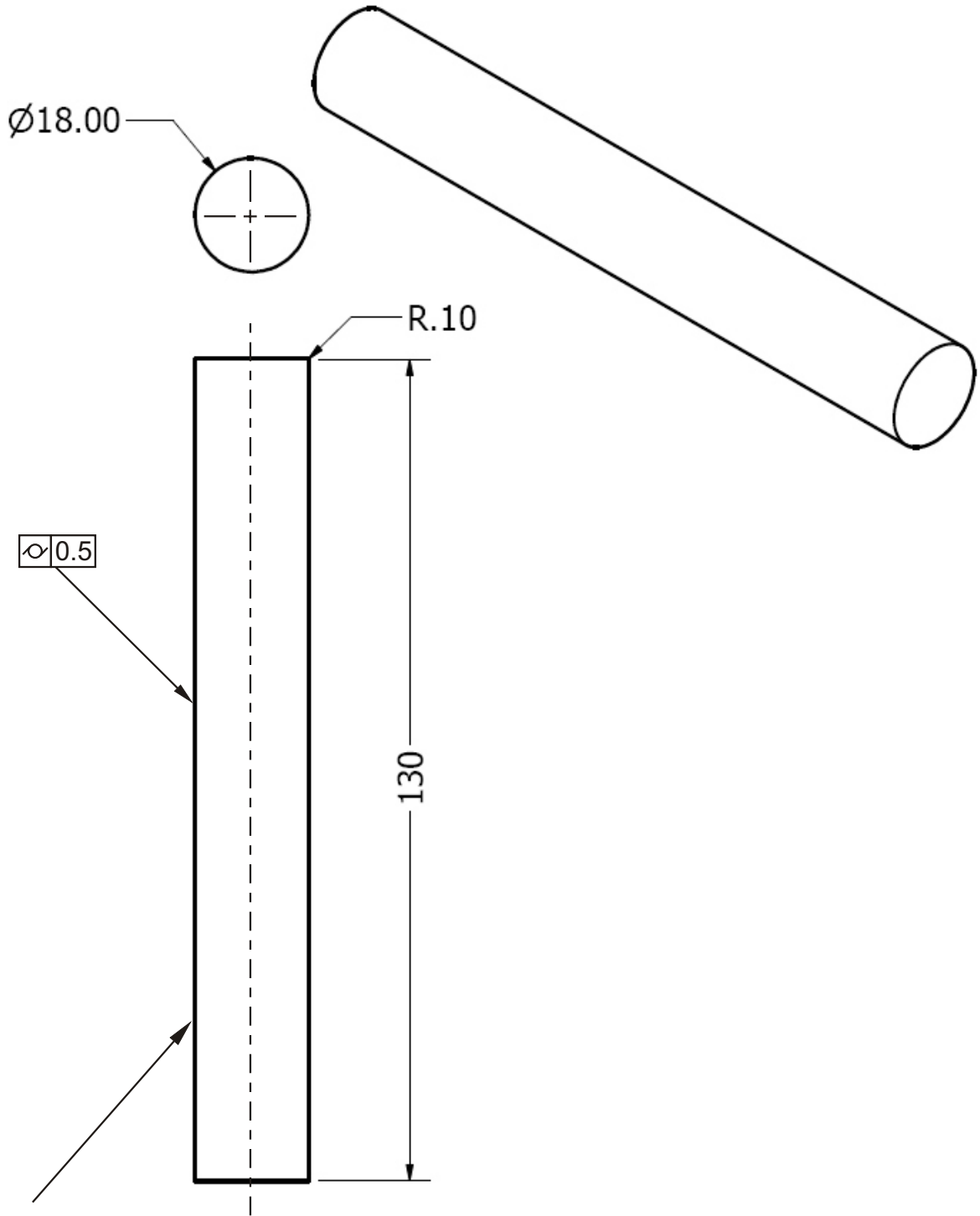


MOLETEADO
DADO PUNTA DE DIAMANTE 1x1



NOTA:
MATERIAL: AI 6061T6
ANODIZADO COLOR ROJO 032C

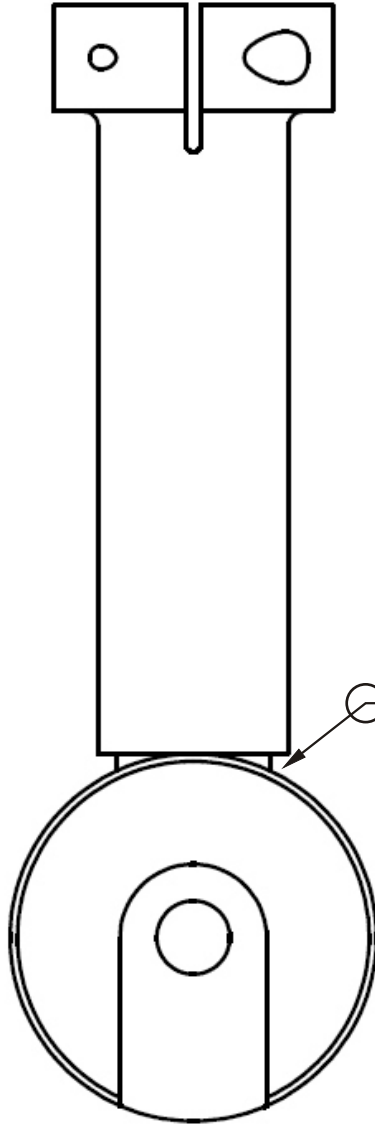
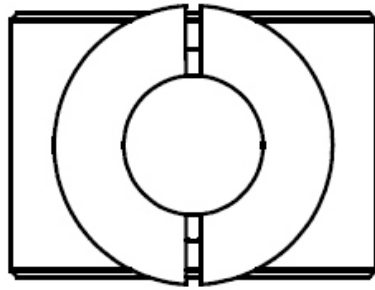
PROYECTO				
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil				
EQUIPO				
Prótesis Transtibial Infantil				
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE
Cubierta			FIRMA	FECHA
ESCALA	1:1	UNIDADES	MM	
FORMATO	A4			
SISTEMA	FECHA	2009	PLANO	6/11
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>				



MOLETEADO
DADO PUNTA DE DIAMANTE 1x1

NOTA:
MATERIAL: AI 6061T6
DECAPADO

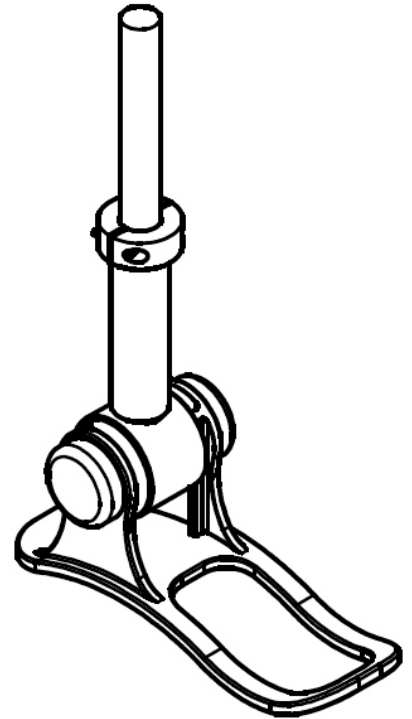
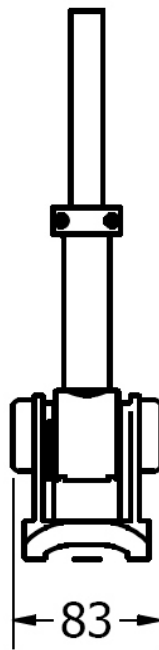
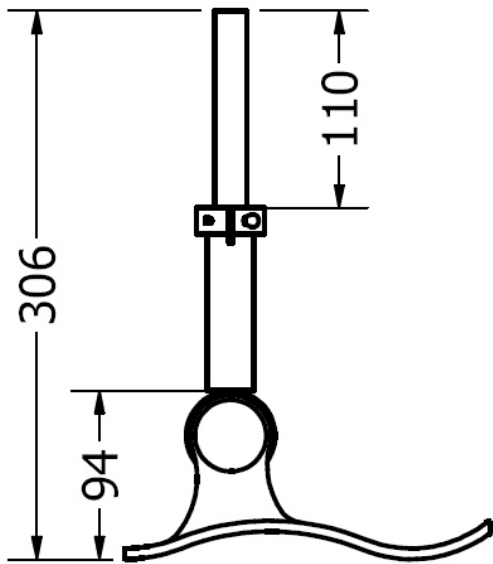
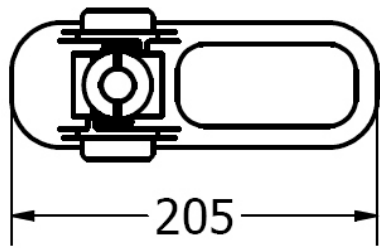
PROYECTO						
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil						
EQUIPO						
Prótesis Transtibial Infantil						
PIEZA			REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Caña Móvil						
ESCALA	1:1	UNIDADES	MM	FORMATO	A4	DISEÑO
						Equipo Prótesis Transtibial Infantil
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	8/11	APROBÓ
						Santiago Correa
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>						




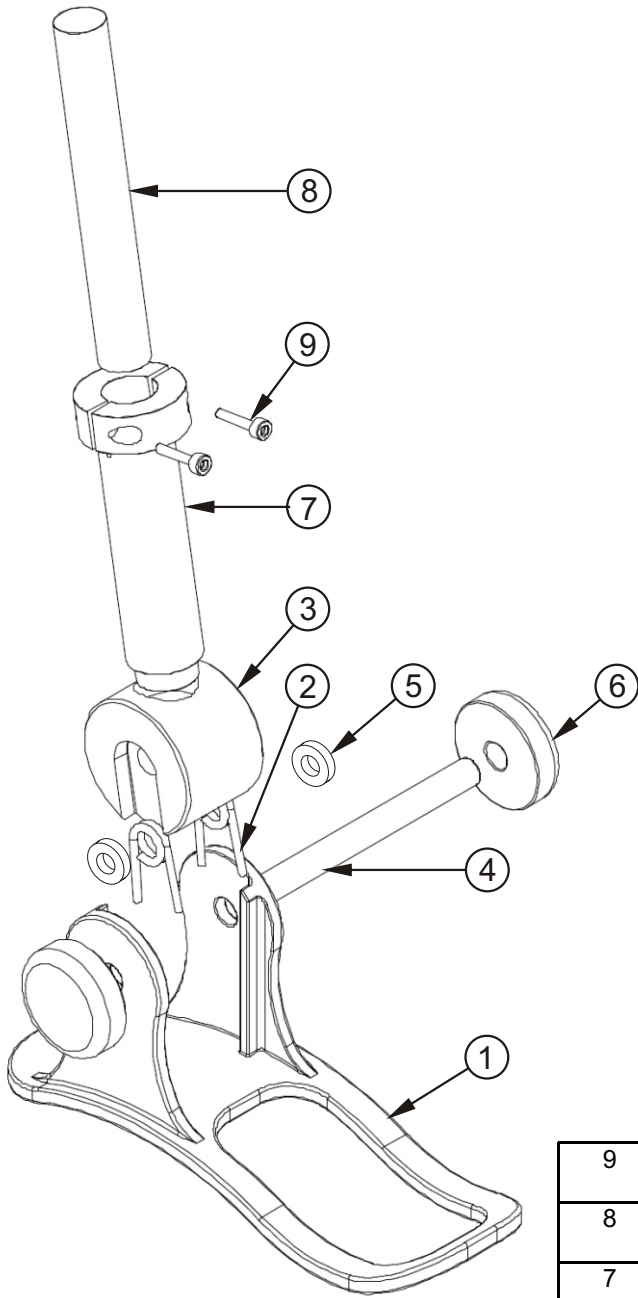
$\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$

Soldadura tipo Cordón sobre Aluminio Al6061T6

PROYECTO							
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil							
EQUIPO							
Prótesis Transtibial Infantil							
PIEZA				REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ensamble Articulación/Caña Fija				DIBUJÓ	Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
ESCALA	1:1	UNIDADES	MM	FORMATO	DISEÑO		
				A4	Equipo Prótesis Transtibial Infantil		
SISTEMA				APROBÓ			
				FECHA	2009	PLANO	9/11
<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>							



PROYECTO							
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil							
EQUIPO							
Prótesis Transtibial Infantil							
PIEZA				REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ensamble Total				DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
ESCALA	1:5	UNIDADES	MM	FORMATO	A4		
DISEÑO				Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
APROBÓ				Santiago Correa			
SISTEMA		FECHA	2009	PLANO	10/11		
				<small>La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil</small>			



9	Tornillo	2	N/A	Rosca 3/16 Comercial
8	Caña Móvil	1	Aluminio Al 6061T6	Moleteado Punta Diamante 1x1
7	Caña Fija	1	Aluminio Al 6061T6	Anodizado color Azul 307C
6	Cubierta	2	Aluminio Al 6061T6	Anodizado color Rojo 032C
5	Buje	2	Bronce	N/A
4	Eje de Rotación	1	Acero AC304	N/A
3	Articulación	1	Aluminio Al 6061T6	Anodizado color amarillo 108C
2	Resorte	2	AC1070	N/A
1	Pie	1	Aluminio Al 6061T6	Anodizado color verde 375C
No.	NOMBRE	CANTIDAD	MATERIAL	ESPECIFICACIÓN

PROYECTO							
Rediseño Prótesis Transtibial Infantil							
EQUIPO							
Prótesis Transtibial Infantil							
PIEZA				REVISIÓN	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ensamble Total - Explosión							
ESCALA				DIBUJÓ Equipo Prótesis Transtibial Infantil			
UNIDADES	MM	FORMATO	DISEÑO Equipo Prótesis Transtibial Infantil				
		A4	APROBÓ Santiago Correa				
SISTEMA	FECHA	2009	PLANO	11/11			
			La información contenida en este plano no puede ser usada ni reproducida sin autorización escrita de Equipo Prótesis Transtibial Infantil				