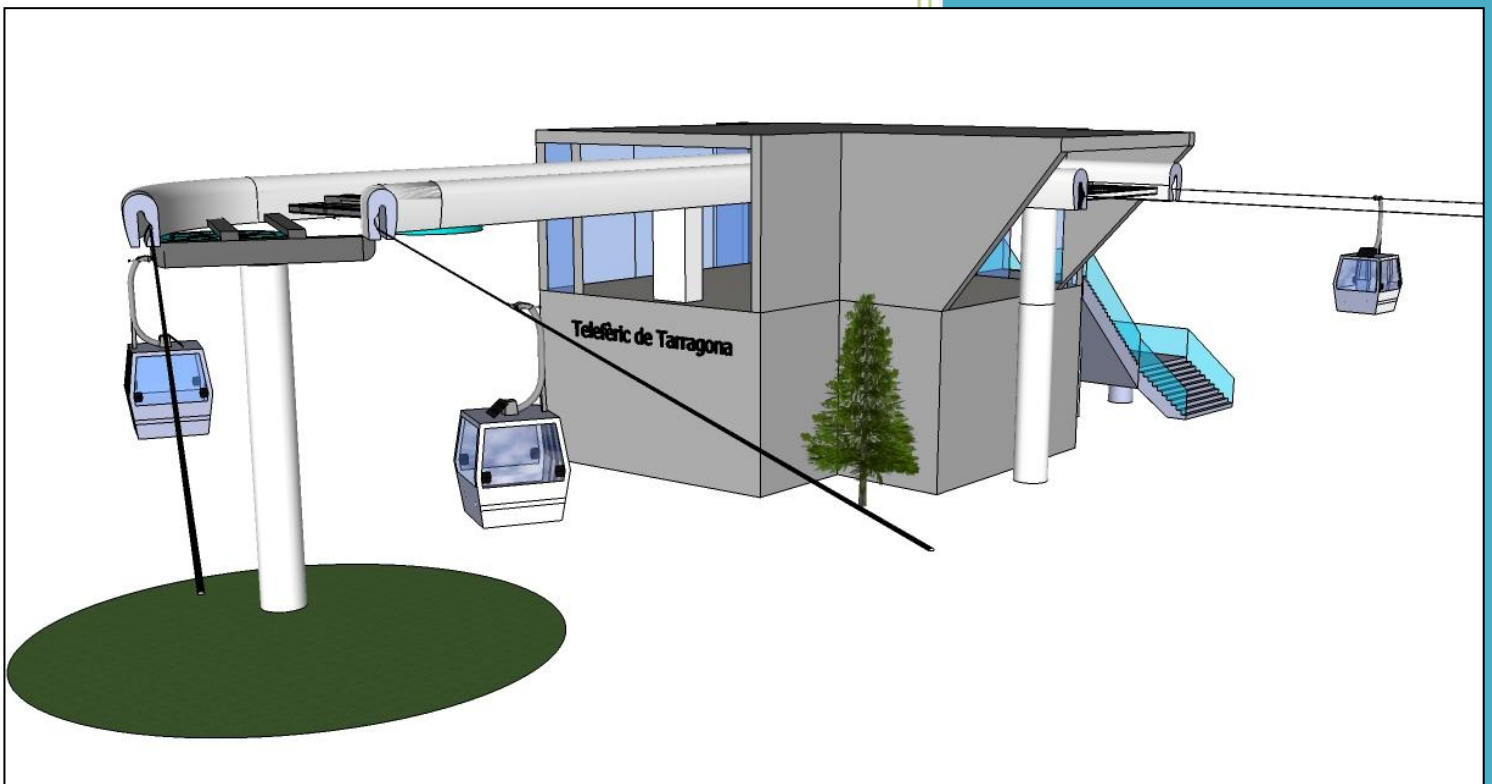


# Tarragona des del cel



# ÍNDIX

	<u>Pàg.</u>
<b>1. Introducció</b> .....	1
<b>2. Història</b> .....	2
<b>3. Els telefèrics</b> .....	4
3.1 Terminologia .....	4
3.2 Característiques .....	5
3.3 Els telefèrics del món .....	9
<b>4. Projecte, disseny i construcció</b> .....	10
4.1 Explicació del projecte .....	10
4.2 Trajecte i recorregut .....	10
4.2.1 Desnivell i distància .....	12
4.2.2 Obstacles .....	13
4.3 Disseny .....	17
4.3.1 Les cabines.....	17
4.3.2 Les estacions .....	18
4.3.3 Els pilars .....	24
4.4 Construcció .....	28
4.4.1 Preparació del terreny .....	28
4.4.2 Construcció i condicionament .....	30
4.5 Paràmetres i càlculs .....	35
<b>5. Conclusions</b> .....	45
<b>6. Opinió personal i agraïments</b> .....	46
<b>7. Fonts documentals</b> .....	47

## 1. INTRODUCCIÓ

Tarragona és Patrimoni de la Humanitat. Molts dels ciutadans d'aquesta petita ciutat ignoren la importància d'aquest títol atorgat per la UNESCO, el 30 de novembre del 2000, així com la grandesa cultural i tradicional que suposa Tarragona per a la resta del món.

Una de les meves intencions amb l'elecció d'aquest treball és destacar la magnificència de Tarragona que li proporciona el seu conjunt arqueològic, el de l'antiga Tarraco romana. Mitjançant la posada en pràctica del meu treball, seríem capaços de gaudir de les fantàstiques vistes de Tarragona en tan sols un trajecte de telecabina.

L'idea en què es basa el meu projecte és la construcció d'aquest telecabina a la ciutat. Actualment, els telefèrics i les telecabines suposen un signe de modernitat que només tenen les grans ciutats.

En els darrers anys, tot el turisme de la província es centra en els voltants de la capital, llocs com per exemple el complex turístic de Port Aventura. La meva idea planteja de manera interessant i atractiva impulsar el turisme cultural per tornar a enganxar Tarragona a aquesta activitat econòmica. A més, el modest preu que hauria de realitzar només la part del recorregut des de la platja fins a la primera estació, convertiria el telecabina en un mitjà de transport ràpid, fàcil i econòmic per sortir de la zona de platges i endinsar-se en la ciutat.

Abans de començar amb l'explicació del meu projecte, mostro una petita introducció de l'origen i el desenvolupament dels telefèrics al llarg de la història. Seguidament, faig una recerca de les característiques generals d'aquests transports per cable, i amb ajuda d'aquestes dades plantejaré el meu disseny particular d'un telecabina.

Les visites al Telefèric de Montjuïc i el contacte amb l'empresa Doppelmayr Garaventa van facilitar considerablement la realització del treball.

## 2. HISTÒRIA

Els primers antecedents dels anomenats telefèrics a Europa es remunten al segle XVI, amb la necessitat del transport de persones i materials a través de zones muntanyoses o de difícil accés. Tot i així, antigues civilitzacions orientals com ara el Japó, la Xina i l'Índia ja van utilitzar aquest tipus de transport.



Al començament, el material emprat amb aquest objectiu foren les cordes de cànem, i aquestes eren mogudes amb la tracció d'homes i animals. Però és entre els segles XVI i XIX quan es va produir el veritable desenvolupament d'aquests transportadors aeris com a conseqüència del descobriment i el trenat de l'acer per a la creació de cables.

El primer telefèric de viatgers destinat únicament al transport de persones sorgeix en 1866, creació de l'alemany W. Ritter en Schaffhausen (Suïssa), encara que l'avenç tècnic més important va estar a càrrec de l'enginyer i inventor espanyol Leonardo Torres Quevedo (1852-1936). El 1907, Torres Quevedo va crear el primer transportador de pla inclinat a la muntanya Ulía (Sant Sebastià), en el qual destacava la gran seguretat de l'estructura oferida per un innovador sistema de contrapesos i cables de suport.

Els projectes de Torres Quevedo van traspasar fronteres fins arribar al continent americà, on es poden trobar exemples del seu treball a Rio de Janeiro i a les conegudes Catarates del Niágara.



Des del 1908 fins a finals de la Primera Guerra Mundial es van construir una gran quantitat de telefèrics amb finalitats militars i civils, com el proveïment dels exèrcits. Poc a poc, el telefèric comença a substituir el ferrocarril de cremallera.

Entre el 1933 i el 1938, l'aparició de l'esquí de descens va accelerar el desenvolupament d'aquest transport per cable. Al 1933 es crea el primer telesquí a Megeve (França), un telefèric construït amb una finalitat esportiva ja que facilitava la pujada dels esquiadors als cims de les muntanyes.



A partir del segle XX, el gran desenvolupament del turisme juntament amb la recerca de noves formes d'oci va convertir el telefèric en un atractiu turístic, que comportà un fort creixement d'aquesta activitat industrial a Europa entre els anys 1955 i 1965.

### 3. ELS TELEFÈRICS

#### 3.1 Terminologia

Quan parlem de telefèrics, la RAE ens ho defineix com un sistema de transport en què els vehicles van suspesos d'un cable de tracció i s'empra principalment per salvar grans diferències d'altitud.

En un vocabulari més específic, aquesta paraula engloba diferents tipus de transports per cable:

- Telecabina: telefèric de moviment unidireccional dotat de vehicles tancats de poca capacitat.
- Telecadira: telefèric de moviment unidireccional el qual els seus vehicles són cadires.
- Telebé: telefèric de moviment unidireccional el qual els seus vehicles són cistelles destinades a transportar un o més passatgers de peu.

Per regla general, tothom anomena telefèric a qualsevol vehicle que es mou suspès d'un cable. Però cercant per internet vaig trobar una taula dels principals transports per cable del món, on aquesta diferenciava els telefèrics de les telecabines, i el conegut Telefèric de Montjuïc el situava dins del segon grup esmentat. I en efecte, és un telecabina.



Aquest problema de terminologia el vaig veure solucionat gràcies a Antonio, de la Oficina de Estudis i Projectes de Transportes por Cable S.A., empresa del gran grup Doppelmayr Garaventa (una de les constructores de transports per cable més importants del món). El contacte via e-mail amb ells em va aclarir els meus dubtes.

Aquests dos sistemes de transport per cable es diferencien de la següent forma:

- Telefèric: proveït únicament d'un vehicle en cada costat (pujada/baixada). Les cabines van agafades permanentment al cable i solen ser de gran capacitat, de 45 a 150 persones. El moviment és de vaivé: un vehicle surt de l'estació inferior, i en arribar a la superior es para i torna a fer el recorregut pel mateix costat. Mentrestant l'altre vehicle fa el contrari. Aquest procés es repeteix contínuament. L'exemple més proper d'un telefèric el tenim a Barcelona, el Telefèric del Port.

- Telecabina: té els vehicles repartits al llarg de tot el cable. Solen tenir una capacitat de 4 a 15 persones. El cable es mou constantment en la mateixa direcció fent un circuit tancat. Els vehicles tenen un dispositiu encarregat d'aferrar-se i desaferrar-se al cable quan arriba a una estació per reduir la seva velocitat (sistema desembragable). Això permet que els passatgers puguin pujar i baixar. Aquest cicle es repeteix constantment. Un exemple és el Telefèric de Montjuïc, que, malgrat el seu nom, és un telecabina.



### **3.2 Característiques**

Els telefèrics, com a terme general que comprèn les seves variants (telecadira, telebé i telecabina), presenten unes característiques classificables segons una sèrie de factors:

#### **-El tipus de cable.**

- Cable portant o portador: Anomenat també cable carril. Suporta la càrrega del vehicle i constitueix la via de circulació.

- Cable tractor: Transmet la força per al moviment del vehicle.

- Cable transportador. Anomenat també portador-tractor. Fa la funció que tenen els altres dos cables alhora.

**-El nombre i disposició dels seus cables.**

- Telefèrics monocables. Només disposen d'un cable portador-tractor.
- Telefèrics bicables. Disposen d'un o més cables portants (que fan de suport i de guia), i d'un o més cables tractors.



**-El tipus de moviment.**

- Reversible o de vaivé. Els vehicles es mouen cap a davant i cap a enrere entre les estacions. Pot haver-hi una línia de circulació o dues de paral·leles.

- Unidireccional o circulant. La direcció del moviment no varia mai. Dins d'aquest tipus de moviment podem distingir:

- Moviment continu: la velocitat del cable tractor o transportador és constant. Els vehicles poden estar permanentment units al cable o aferrar-se i desaferrar-se (desembragables).

- Moviment intermitent: la velocitat varia en arribar a una estació (els vehicles s'aturen) o en passar sobre els suports (disminució de la velocitat). Els vehicles solen estar units permanentment al cable.

**-El tipus de vehicle**

- Obert. Un exemple són les telecadires.
- Tancat. Aquí parlem de les telecabines.

**-El sistema de subjecció de les cabines al cable tractor.**

- Permanent: Durant tot el trajecte, incloent la estància en les estacions, el vehicle es manté unit al cable. S'anomenen instal·lacions de pinça fixa.

- Temporal: en arribar a una estació, el vehicle es desenganxa del cable per reduir la velocitat, i torna a agafar-se a aquest a la sortida. S'anomenen instal·lacions de pinça desembragable.



**-El sistema de comandament.**

- Manual. Un agent s'encarrega de controlar la velocitat de circulació en una de les estacions.

- Automàtic. No hi ha interaccions de persones.

**-La situació del sistema de comandament.**

- A l'estació.

- A la cabina. Aquest sistema poc habitual només s'utilitza en alguns telefèrics bicables, que utilitzen cabines automotores per a casos de rescats o reparacions.

**-L'objecte de transport.**

- Persones.

- Càrregues o mercaderies. Inclou materials i productes industrials, matèries primeres, animals, etc.

**-La finalitat.**

Quan parlem de telefèrics i de telecabines, l'objecte principal de transport són les persones. Els éssers humans utilitzem aquests transports per cable amb les següents finalitats.

- Finalitats esportives: les instal·lacions per cable són necessàries en la major part dels esports d'hivern, principalment per al trasllat dels esquiadors des dels llocs

d'allotjament a les zones de muntanya. Els telesquís i les telecadires permeten l'ascens a aquestos circuits i la baixada de les pistes.



- Enllaços de tipus urbà: principalment, els telefèrics que es construeixen en àrees urbanes s'utilitzen per a unir entre si barris d'un mateix nucli urbà, o bé centres habitats aïllats a la muntanya, accessibles només per carretera.

- Finalitats turístiques: l'accés a punts singulars i els itineraris panoràmics sobre espais naturals, com algunes zones determinades de grans Parcs Nacionals, són llocs de notable atracció turística, difícilment accessibles amb altres mitjans de transport. En aquests punts interessants turísticament generalment s'utilitzen els telefèrics monocables.

- Transport laboral: aquestes instal·lacions tenen com a objectiu facilitar l'accessibilitat dels operaris al seu lloc de treball, reduint el temps i l'esforç al treballador. S'utilitzen per a construccions d'alta muntanya, per al manteniment de preses o instal·lacions de cable, o bé per a l'explotació de mines.

- Instal·lació equivalent a l'ascensor de servei privat: són serveis de transport situats en recintes, com per exemple hotels, que tenen la funció d'un ascensor d'ús privat posat a la disposició dels usuaris. Aquí també trobem el cas de les telecadires o telecabines de vaivé que uneixen viles edificades properes al mar amb una platja particular.

### 3.3 Els telecabines del món

En aquesta taula es poden observar algunes de les característiques tècniques dels telecabines existents arreu del món, i que tenen com a fabricant l'empresa amb la qual he mantingut contacte.

<i>Nom</i>	<i>Nombre cabines</i>	<i>Capacitat cabina</i>	<i>Velocitat (m/s)</i>	<i>Duració</i>	<i>Pilars</i>	<i>Longitud obl. (m)</i>	<i>Desnivell (m)</i>	<i>Pendent mitjana (%)</i>	<i>Potència (kW)</i>	<i>Fabricant</i>	<i>Any const.</i>
Funitel Squaw Valley (USA)	46	28	6		10	2767	531	20%	2 x 631	Garaventa	1998
Chamrey (Suïça)		8	6		21	3146	741	24%	642	Garaventa	1998
Tortin (Suïça)		8	6		13	2268	700	32%	596	Garaventa	1998
Crans Montana (Suïça)			6		21	3138	750	25%	908	Garaventa	1998
Mägisalp (Suïça)		8	6		14	2077	527	26%	681	Garaventa	1998
Semmering (Àustria)		8	5		13	1020	332	34%	544	Garaventa	1998
Jordanelle (USA)		4	5		18	1623	406	26%	500	Garaventa	1998
Palandöken I (Turquia)		4	5		12	1950	418	22%	367	Garaventa	1998
Palandöken II (Turquia)		4	5		10	1127	342	32%	283	Garaventa	1998
Flims I (Suïça)		8	6		27	3945	530	14%	911	Garaventa	1997
Flims II (Suïça)		8	6		6	818	273	35%	382	Garaventa	1997
Flims III (Suïça)		8	6		9	1069	229	22%	381	Garaventa	1997
Kyryca (Polònia)		6	5		19	2211	465	22%	470	Garaventa	1997
Banff (Canadà)		4	4		4	1590	699	49%	159	Garaventa	1997
Blackcomb (Canada)	64	8	5			1480	367	26%	450	Doppelmayr	
Pejo (Itàlia)	51	6	5			1655	592	38%	550	Doppelmayr	
Rifflsee (Àustria)	48	6	5			1365	615	50%	488	Doppelmayr	
Grubig I (Àustria)	47	6	5			1264	343	28%	459	Doppelmayr	
Guimaraes (Portugal)	40	6				1629	362	23%			1995
Cerro Oto (Argentina)	19 - 25	4	3	12 min		2100	605	30%			
Montjuic (Barcelona)	64		2.5	5 min	7	815	99	12%	120 CV		

## **4. PROJECTE, DISSENY I CONSTRUCCIÓ**

### **4.1 Explicació del projecte**

El meu objectiu és la construcció d'un telecabina monocable de moviment circular i pinça desembragable en la ciutat de Tarragona.

Amb la informació explicada, proposo una idea capaç de modernitzar Tarragona, impulsar l'augment del turisme sobrevolant els principals atractius turístics de la ciutat i plantejar un mitjà de transport alternatiu no contaminant que connecti dues parts de la ciutat ben allunyades.

Tot i suposant que el meu projecte, dissenyat amb els meus coneixements limitats sobre el tema, es pogués adaptar a un projecte real, existiria una sèrie de defectes. L'elevat cost econòmic de la seva construcció és el principal inconvenient que frenaria la realitat del telecabina.

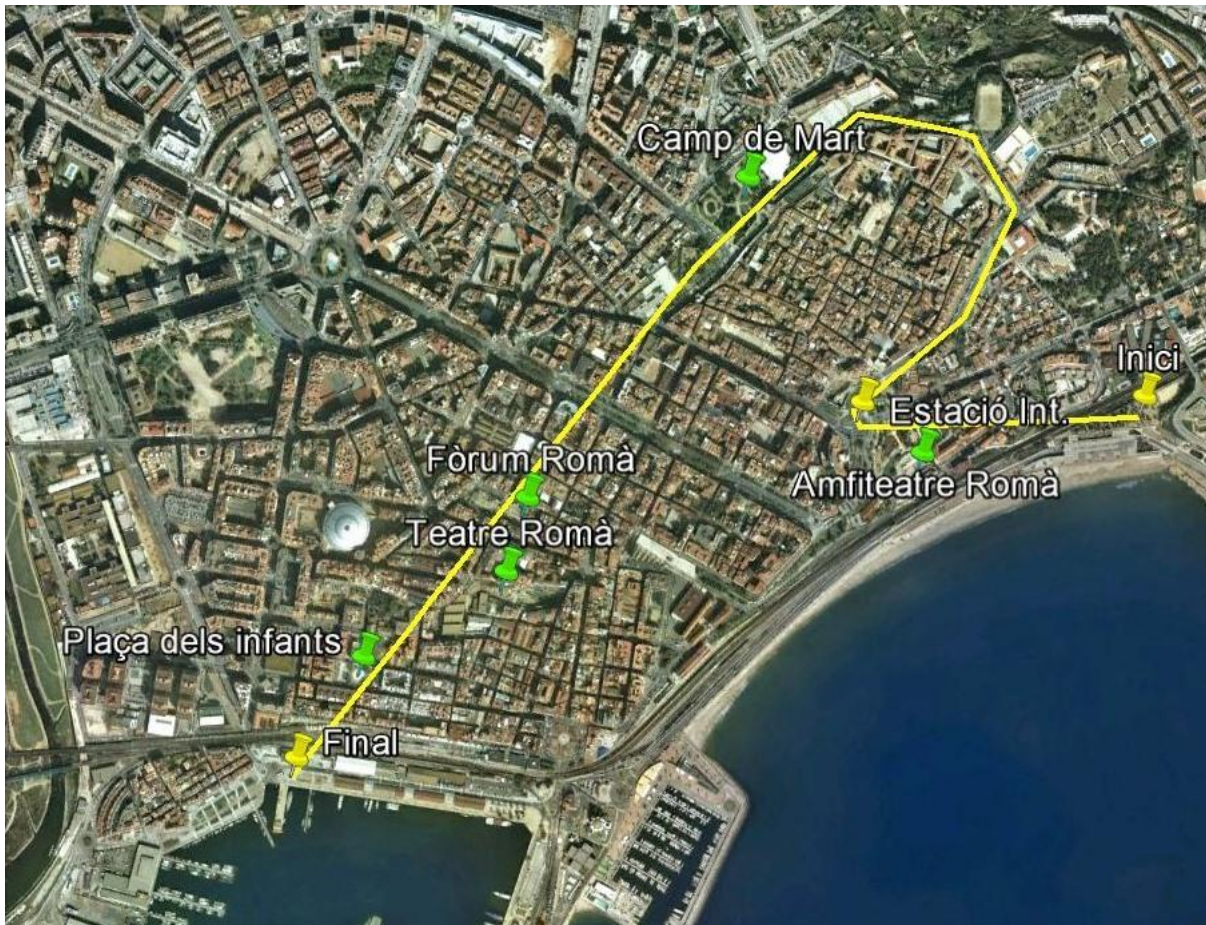
### **4.2 Trajecte i recorregut**

El recorregut planificat consta de dues parts, diferenciades a través de la estació intermitja.

Partint de l'estació motriu, el trajecte comença en una petita explanada al nord de la platja del Miracle, i es dirigeix cap a la rotonda que uneix la Via Augusta amb la Rambla Vella, lloc on situem l'estació intermitja i finalitza la primera part del recorregut. Amb l'ajuda d'aquesta estació, faig possible un gir de 150° que em permetrà envoltar la muralla del casc antic.

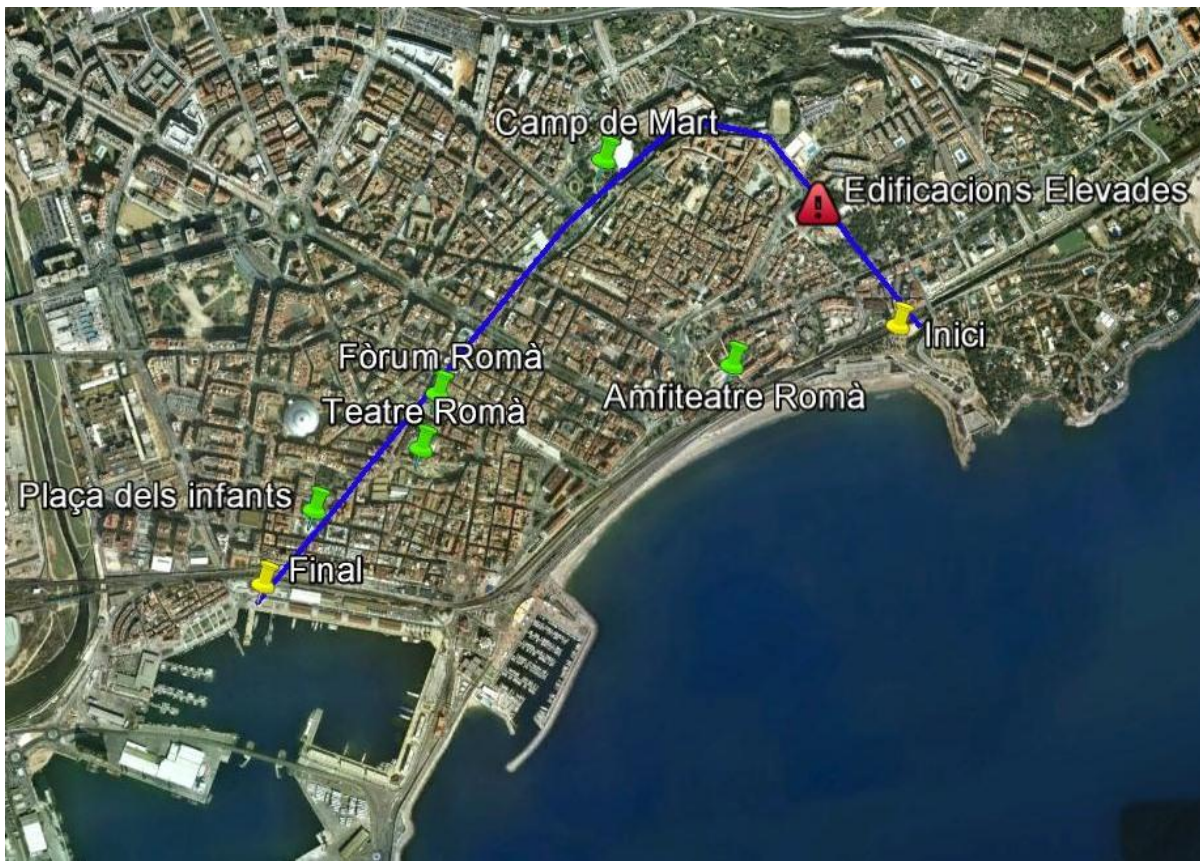
La segona part continua, després de vorejar la muralla amb un recorregut pràcticament recte, travessant tot el centre de Tarragona per poder gaudir de les vistes de la ciutat i dels seus monuments històrics, com són el Teatre Romà o el Fòrum.

Finalitzem el recorregut quan creuem les vies del tren, a l'entrada del Serrallo. Aquí aprofito una petita construcció de vidre que protegeix les escales d'un pàrquing per integrar-la a l'estació final.



### ***Trajecte descartat***

A l'hora de traçar el recorregut, una de les alternatives més considerades era el trajecte que presento a continuació. Amb aquest disseny es simplificava més el projecte, evitant la col·locació de molts pilars per vorejar la muralla o la utilització d'una estació intermitja. Una de les principals raons que van fer que no em decantés per aquesta solució van ser els edificis de gran altitud que obstaculitzaven el recorregut, així com la impossibilitat de col·locar l'estació motriu. A més, suprimia la visió d'un dels monuments històrics més emblemàtics de Tarragona: l'Amfiteatre Romà.



#### 4.2.1 Desnivells y distancia

El perfil d'elevació següent ens indica aproximadament el desnivell que presenta el trajecte, començant per l'estació motriu i finalitzant en l'estació del Serrallo. El recorregut final consta, de forma també aproximada, d'una distància d'uns 3,2 quilòmetres, que es podria fer en uns 10 minuts a la velocitat de les cabines.



### 4.2.2 Obstacles

Quan senyalitzem el recorregut al mapa, podem veure els edificis el cable i les cabines dels quals han de sobrevolar. Després de diverses visites a la ciutat, i gràcies a la utilització d'una càmera fotogràfica, vaig poder analitzar tots aquests edificis, i descartar aquells que no influïen o no eren suficientment significatius en el trajecte (aquells edificis que tenien altres al costat iguals o de més altura).

Per calcular les seves alçades, vaig utilitzar com a referència la distància que hi ha entre el terra del meu pis i el següent d'a dalt, utilitzant una cinta mètrica i mesurant-ho des de les escales del meu edifici: cada planta faria uns 2,83 m. A més, vaig sumar uns 3 m de la planta baixa, i al terrat vaig atribuir el mateix valor que una planta normal. En total parlaré de 9 edificis:

#### Edifici 1:

4 plantes, més el terrat.

Alçada aproximada:  $(5 \cdot 2,83) + 3 = 17,15$  m

Distància des de l'estació del Serrallo: 160 m



#### Edifici 2 (baranes blaves del fons):

5 plantes, més el terrat.

Alçada aproximada:  $(6 \cdot 2,83) + 3 = 19,98$  m

Distància des de l'estació del Serrallo: 200 m



#### Edifici 3:

5 plantes, més el terrat.

Alçada aproximada:  $(6 \cdot 2,83) + 3 = 19,98$  m

Distància des de l'estació del Serrallo: 440 m



Edifici 4:

7 plantes, més el terrat.

Alçada aproximada:  $(8 \cdot 2,83) + 3 = 25,64$  m

Distància des de l'estació del Serrallo: 480 m



Edifici 5 (blanc):

5 plantes, més el terrat.

Alçada aproximada:  $(6 \cdot 2,83) + 3 = 19,98$  m

Distància des de l'estació del Serrallo: 580 m



Edifici 6:

4 plantes, més el terrat.

Alçada aproximada:  $(5 \cdot 2,83) + 3 = 17,15$  m

Distància des de l'estació del Serrallo: 610 m

Edifici 7:

5 plantes, més el terrat.

Alçada aproximada:  $(6 \cdot 2,83) + 3 = 19,98$  m

Distància des de l'estació del Serrallo: 710 m





**Edifici 8:**

8 plantes, més el terrat.

Alçada aproximada:  $(9 \cdot 2,83) + 3 = 28,47$  m

Distància des de l'estació del Serrallo: 920 m

**Edifici 9:**

4 plantes, més el terrat.

Alçada aproximada:

$(5 \cdot 2,83) + 3 = 17,15$  m

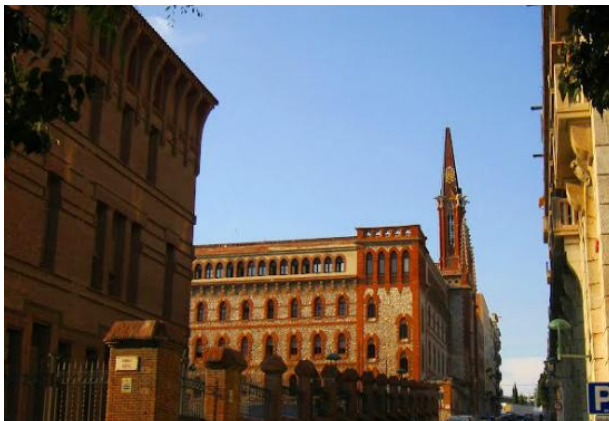
Distància des de l'estació del Serrallo:

1120 m



***Altres obstacles***

Vies del tren: Només començar el recorregut des del Serrallo, les vies del tren es situen sota les cabines. Com a conseqüència, els cables en aquesta estació es situarien inicialment a una alçada de 10 m, i evitaríem les interferències tant amb el tren com amb els vehicles que circulen per sota.



Campanar: L'església ubicada al Carrer de l'Assalt posseeix un gran campanar a la seva entrada, que en un principi estava situat en mig del trajecte. Amb unes petites variacions del recorregut, faig possible fer passar les cabines pel costat, encara que amb l'alçada que

estableixo en el cable no arribarien a topar. Així, evitem fer passar per damunt vehicles en moviment.

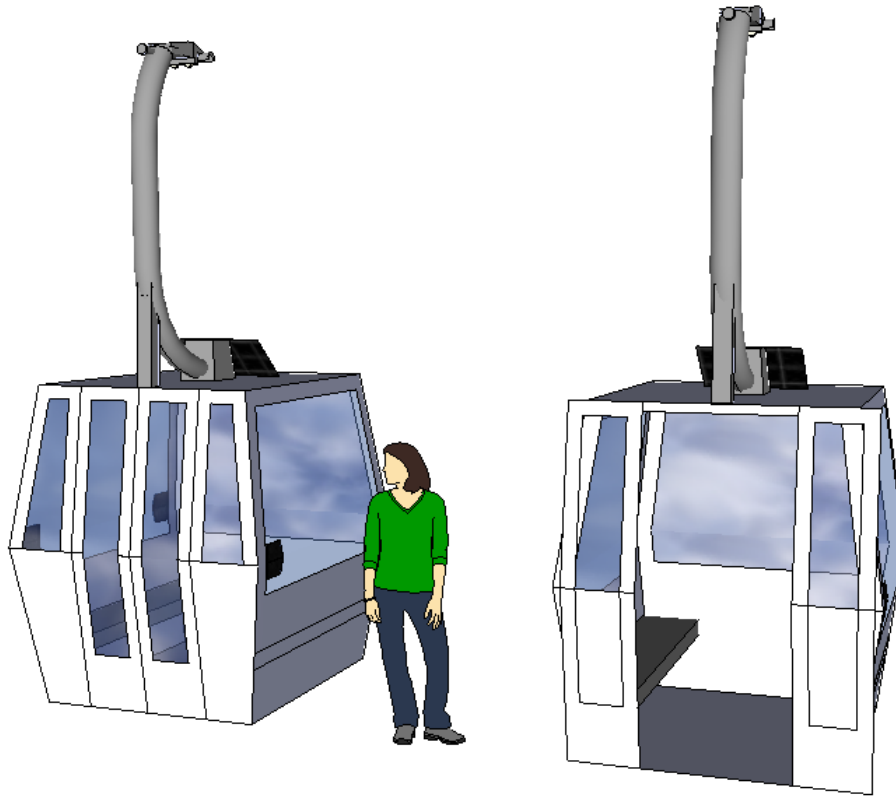
Muralla: per poder gaudir plenament de Tarragona, les cabines han de sobrevolar l'alçada aproximada de 10 m que tenen les muralles. D'aquesta forma, podríem observar l'interior de la ciutat des d'una vista aèria, i localitzar altres edificis culturalment importants com la Catedral.



Cal dir que en un principi vaig utilitzar com a referència per a calcular l'alçada del nivell del mar dels edificis la inclinació dels carrers i l'alçada dels edificis propers a la línia del mar, comparant les seves plantes i fent paral·leles als llocs on el terreny era més elevat.

## 4.3 Disseny

### 4.3.1 Les cabines

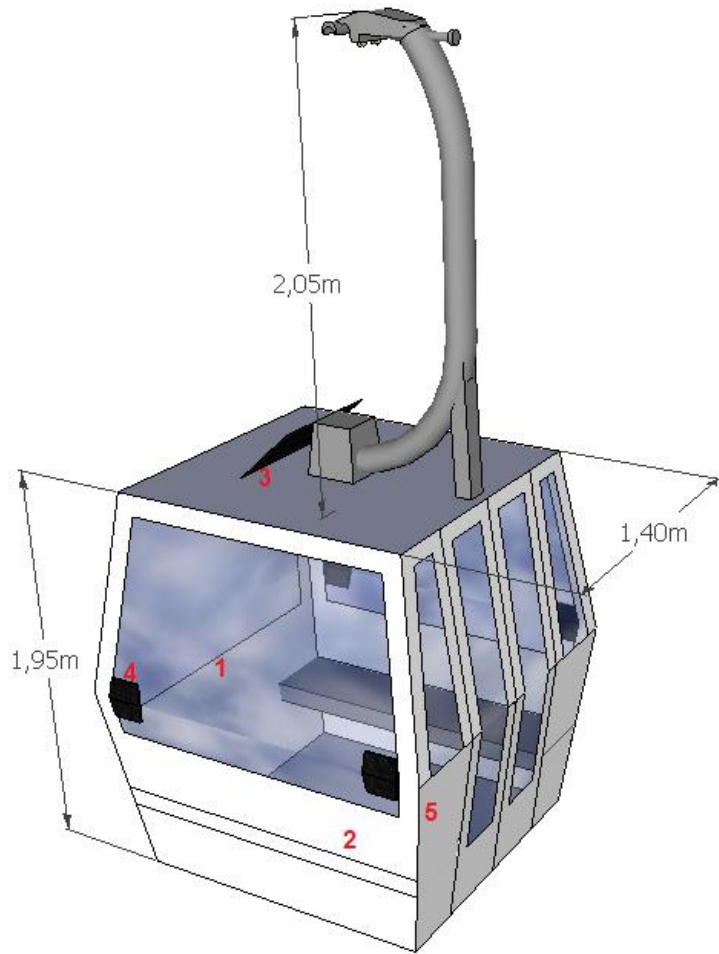


Les cabines, encara que tenen un disseny personal, segueixen l'estil de les cabines diamond, actualment utilitzades en altres telecabines del món.

Tenen una capacitat màxima de 6 persones, i posseeixen altaveus al seu interior que comunicaran als passatgers el lloc d'interès turístic de Tarragona més proper, i en quina direcció el trobaran. A més, aquests petits dispositius elèctrics tindran com a font d'alimentació un panell solar situat a la part superior de la cabina, i com a font auxiliar, unes bateries.

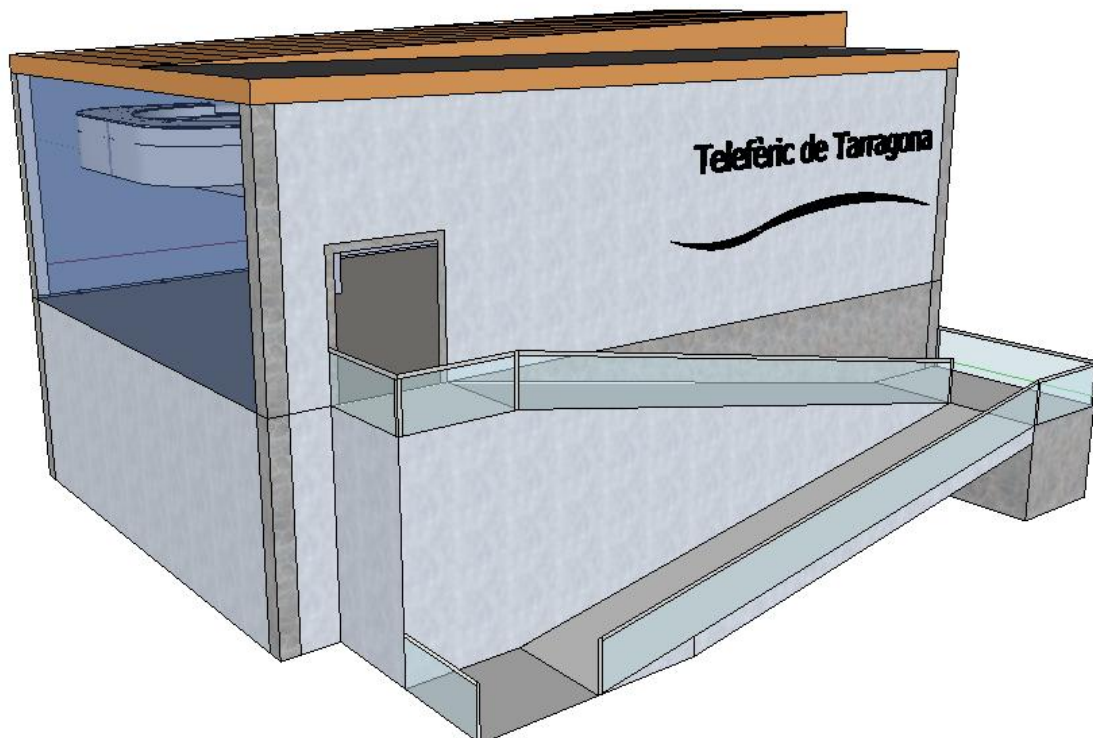
Aniran a una velocitat de 5 m/s i de 0,5 m/s en les estacions, i el temps mínim que separaran a dos cabines serà d'uns 30 s. En total, i utilitzant els resultats calculats en l'apartat "Paràmetres i càlculs", hi haurà 42 cabines.

1. Finestra d'acrílic
2. Persianes de ventilació
3. Panell solar
4. Para-xocs
5. Estructura d'alumini



#### 4.3.2 Les estacions

##### *Estació del Serrallo*



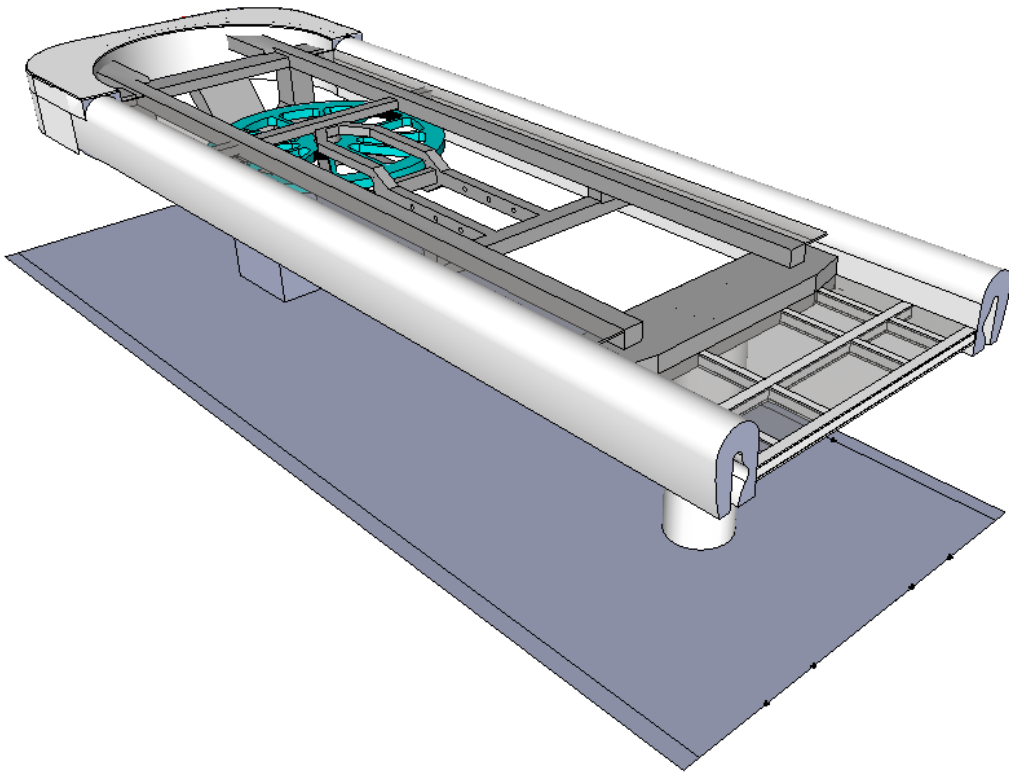
El cable havia d'arribar a aquesta estació a una alçada d'uns 10 m, i em vaig veure obligat a fer dues plantes sobre el terra. Per fer-la accessible per a tothom, he posat una rampa, acompanyada d'una barana de vidre.

A la planta baixa, podeu observar com la meva edificació inclou l'estructura de vidre que dóna accés a les escales del pàrquing subterrani, i al costat, arbustos i flors per donar una visió més agradable a l'edifici.

A més, la planta que inclou l'estructura interna de l'estació es podrà veure des de l'exterior, ja que aquesta gran vidriera ho permet.

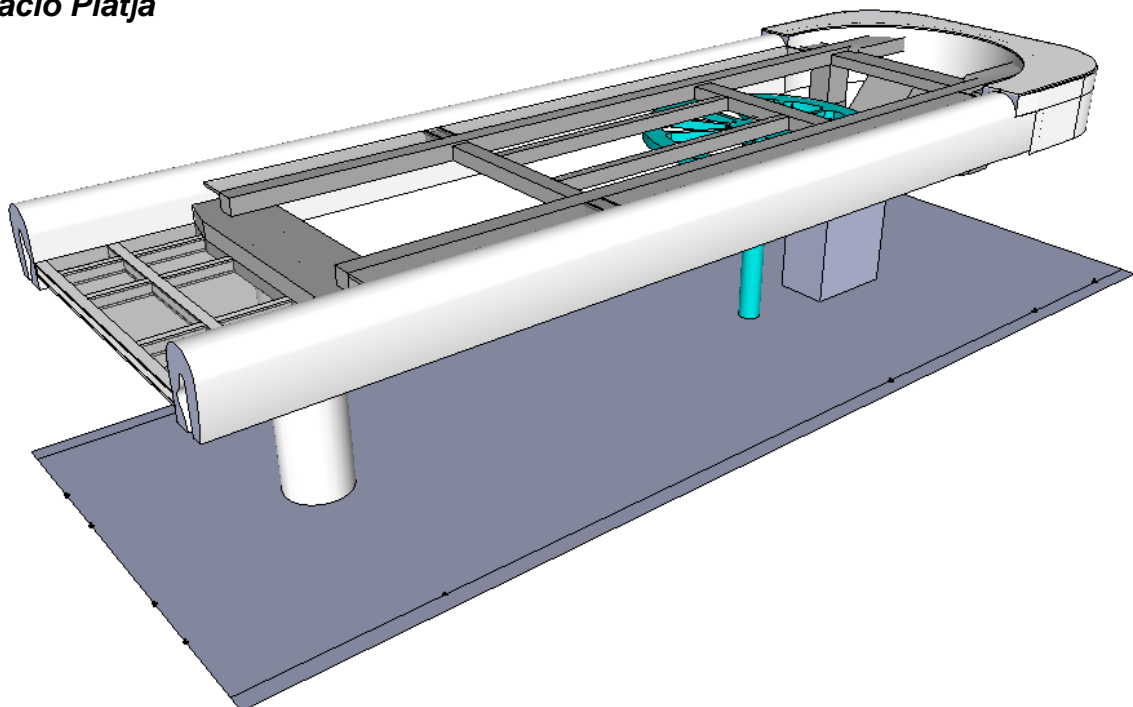


La primera planta, que posseeix aquesta obertura per poder fer circular les cabines, serà fàcilment tapada a l'hora de tancament de l'estació amb unes tanques metàl·liques. A més, l'estació del Serrallo s'encarregarà emmagatzemar en la planta inferior les cabines en manteniment i les de recanvi.



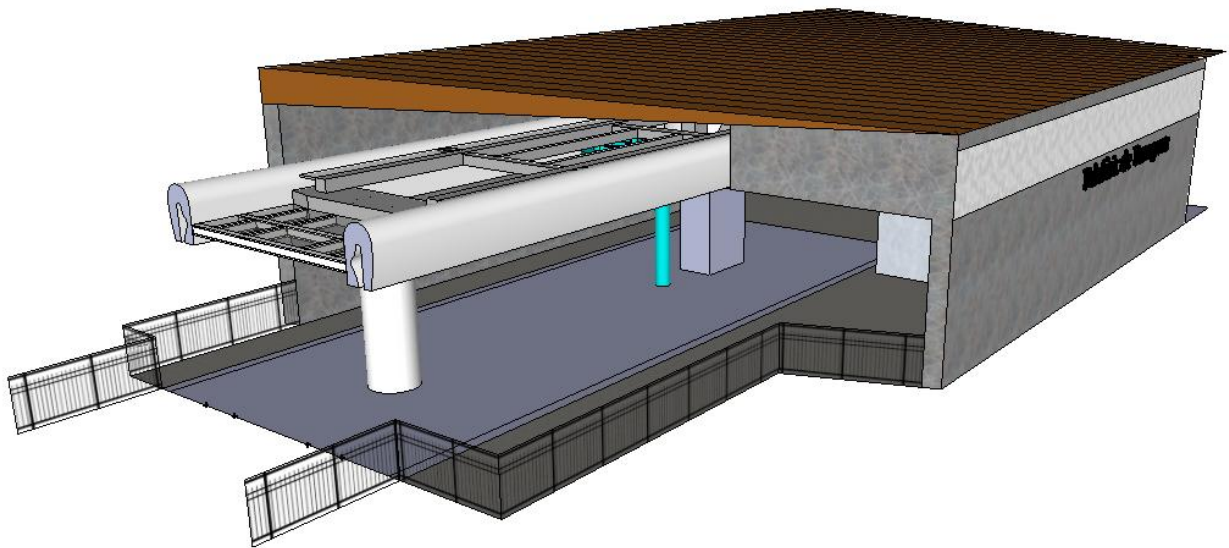
Aquesta estructura interior, que agafa la politja amb unes grans pinces d'acer, permet fer circular les cabines pel seu recorregut disminuint la seva velocitat, perquè així els passatgers puguin pujar i baixar tranquil·lament.

### ***Estació Platja***



Per poder comparar-la amb l'anterior, començaré la meva breu descripció de l'estructura interior de l'estació de la platja.

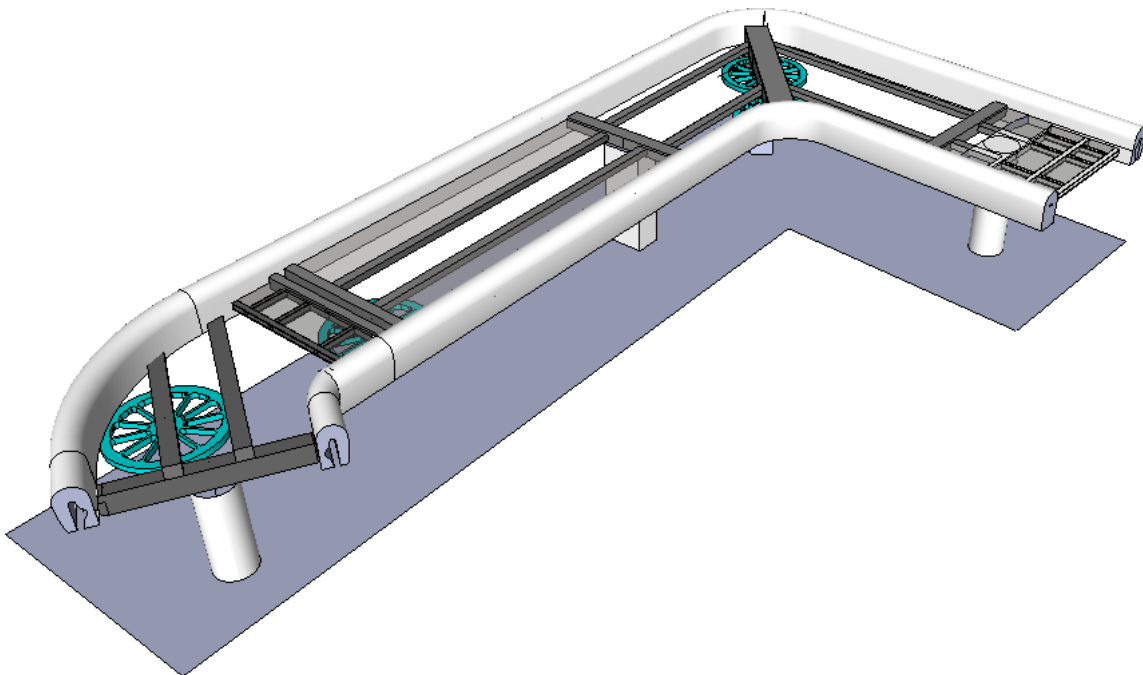
La politja d'aquesta estació, a diferència de l'altra, no està subjecta al sostre de l'estructura per unes pines, sinó que està recolzada al terra per el seu eix. L'eix es dirigeix cap a la cambra del motor, oculta sota terra, que li proporcionarà la potència necessària per girar i moure tot el cable amb les cabines.



L'edifici principal posseeix una petita habitació de control on els treballadors del telefèric vigilaran la funcionalitat del telecabina, i que s'encarregarà, a través d'una finestra, de la venda de tiquets. Per tot això diem que l'estació de la Platja és l'estació motriu.

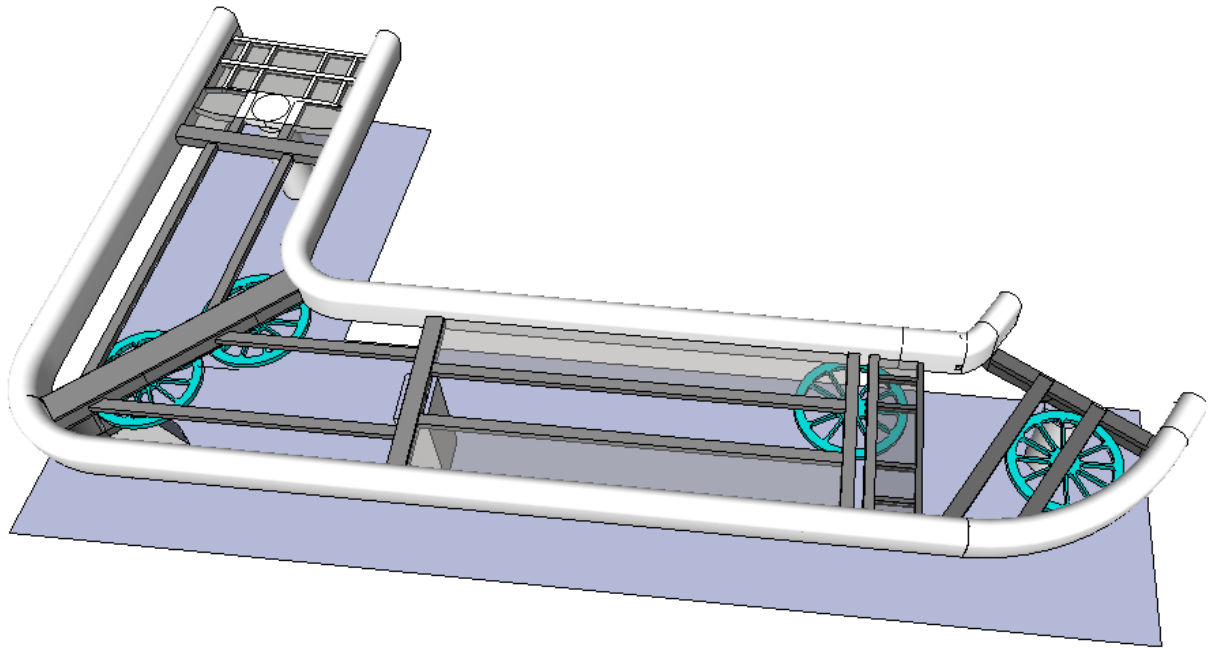
Com aquesta estació es troba al nivell del terra, una sèrie de tanques acompanyaran a les cabines pel seu recorregut fins que l'alçada no suposi un perill per als vianants.

### ***Estació Intermitja***



L'estació intermitja, de disseny més complex, pretén adaptar-se a l'espai en el qual està situada. Es recolza sobre quatre pilars, per poder així aguantar tota l'estructura i les politges.

A diferència de les altres dues estacions, posseeix quatre politges de radi més petit (1,8 m), dues per cada corba que es fa. En aquestes corbes, el cable d'anada i el de tornada tenen la seva pròpia politja.

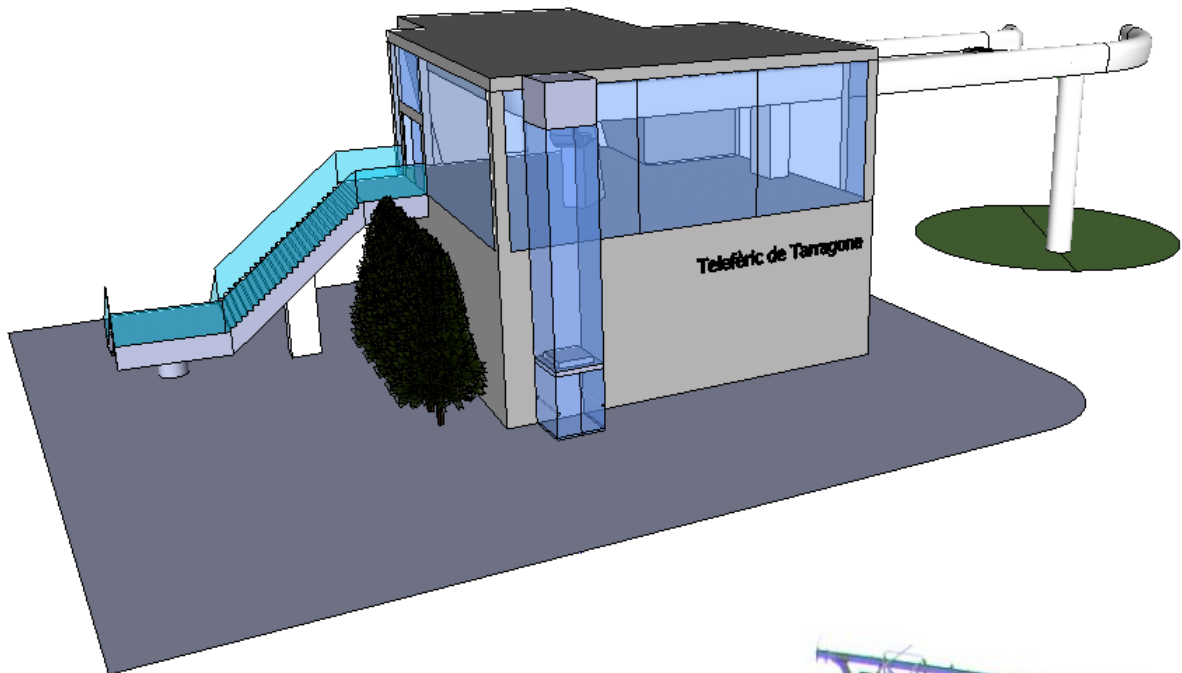


El primer gir que faran les cabines al tornar del Serrallo es de 90°, per després recórrer una distància d'uns 15 m i tornar a girar a 60°.



Pel que fa a l'edifici, l'estació té un dels seus pilars en la rotonda que uneix la Via Augusta i la Rambla Vella, i l'estructura principal està situada al costat de la muralla. Altra dada important és la diferència d'alçada entre les cabines i la carretera, d'uns 7m. Així, tant cotxes com camions no tindran problemes per passar per sota.

L'edifici té dos accessos diferents: el primer són les escales que porten a l'entrada principal, i com accés secundari, un ascensor situat a la part del darrera de l'edifici. D'aquesta manera, les persones amb problemes físics, com la minusvalidesa, també hi podran entrar.



#### 4.3.2 Els pilars

El recorregut final consta d'un total de 10 pilars. Aquestos pilars estan col·locats en llocs oberts, com places i voreres, on els edificis no els obstaculitzen. Quatre d'aquests pilars, del 7 al 10, faran a la capçalera uns petits girs amb unes politges per fer possible la corba.

Només el trajecte entre l'estació del Serrallo i l'estació Intermitja disposa de pilars, ja que el recorregut entre aquesta darrera estació i



l'estació de la Platja no en necessitarien per la seva inclinació.



La catenària també provoca que entre el pilar 1 i el pilar 3 n'hi hagi un pilar més, i poder així fer tota la pujada.

## **4.4 Construcció**

Tota construcció necessita un procés previ que comença amb el tancament del perímetre de la obra. En el meu cas, l'estació d'inici i l'estació final poden no suposar molts problemes alhora de posar tanques i les proteccions pertanyents, però és en l'estació intermitja o en algunes zones de col·locació de pilars on caldrà aturar o redirigir el trànsit. A més, s'hauran d'instal·lar una sèrie de casetes d'obra auxiliars per al treball dels professionals, lloc encarregat també de l'emmagatzematge dels documents referents a l'obra, com són els plànols.

### ***Recursos humans***

Per realitzar tot el treball, necessitarem un conjunt d'especialistes en la construcció d'instal·lacions per cable, a més del personal habitual en qualsevol construcció:

- Enginyers: s'encarregaran de la part tècnica del treball (càlculs, maquinària...).
- Arquitectes: perfeccionaran el disseny de les edificacions.
- Topògrafs: faran un anàlisi del terreny per determinar les seves característiques.
- Obrers: necessaris per a la col·locació dels pilars i la construcció dels edificis.

#### **4.4.1 Preparació del terreny**

Cal tenir present que una construcció com la que aquí es proposa, determina unes sol·licitacions d'esforços molt gran i complexa, per la qual cosa es imprescindible tenir un adequat coneixement del terreny i de la seva capacitat per aguantar les condicions a les que se'l sotmetrà.

Així doncs, cal realitzar els treballs que a continuació es detallen:

### ***Assajos geològics***

L'anàlisi del subsòl ens permetrà saber les característiques del terreny on haurem de col·locar tant els pilars com les estacions. Amb el coneixement de la seva composició i del seu estat, i de la seva compactació i resistència, podrem evitar

situacions d'inestabilitat i possibles moviments estructurals i del terreny que puguin posar en perill l'obra i la salut de les persones.

Un dels mètodes encarregats del reconeixement geotècnic que es pot utilitzar és el sondeig amb la sonda de perforació, que es basa en la perforació del terreny per obtenir mostres d'aquest i poder realitzar assajos en el seu interior.

### ***Anivellament del terreny***

Posteriorment al seu anàlisi, haurem de procedir a la neteja del terreny per eliminar la matèria sobrant, com són les plantes, les roques i les escombraries de la zona. S'haurà de llevar la capa superficial de terra vegetal, i posar els fonaments sobre una capa de terreny resistent.

A l'esplanada on posarem l'estació motriu, l'existència d'arbres amb tronc o arrels profundes crea la necessitat de la seva extracció, on s'emplenarà els buits resultants amb material resistent consolidat per capes per igualar la resistència del terreny.

Cal destacar la ubicació del pàrquing públic situat sota l'estació final. En aquest cas, s'haurà de reforçar el terreny amb pilars i bigues, ocupant com a mínim dues places de cotxe per evitar despreniments del terreny.



## **Fonamentació**

La fonamentació és el procés que s'encarrega de col·locar els elements estructurals que constitueixen la base de les edificacions. Després d'excavar i trobar una zona de duresa acceptable, aquests elements s'ocuparan de transmetre les càrregues de l'estructura al terreny.

La profunditat i l'amplària dels fonaments es determinen d'acord amb les característiques del terreny, el material que es construeixen i la càrrega que han de sostenir.

### **4.4.2 Construcció i condicionament**

Després d'aquestes preparacions inicials, podrem procedir a construir les infraestructures proposades.

Cal tenir en compte que la resistència d'una estructura no depèn únicament de les propietats del material amb el qual està feta, sinó que també de la disposició del conjunt d'elements resistents que la formen. Els elements resistents utilitzats en la construcció de les estacions són els següents:











- Pilars: elements de suport de forma poligonal i col·locats en posició vertical. S'encarreguen de suportar el pes dels elements que es recolzen sobre ells. Quan presenten forma cilíndrica se'ls denomina columnes.
- Bigues: elements resistents disposats en posició horitzontal que suporten la càrrega de l'estructura i la transmeten cap als pilars. Estan constituïdes per un o més perfils (formes comercials en què se sol subministrar l'acer o altres materials).
- Arcs: elements arquitectònics que permeten transmetre el pes de la construcció sobre un buit en un mur.

Principalment, el material que s'emprarà per fer les estacions serà el formigó i el formigó armat, que ens permetrà establir la estructura interna d'aquests edificis. La seva capacitat per adoptar la forma del motlle que el conté, la seva resistència mecànica, la seva estabilitat davant el foc i l'aïllament acústic que proporciona fa d'aquest material un dels materials de construcció més extensament emprats en l'edificació. També es caracteritza per la seva inèrcia tèrmica, cada vegada més valorada en termes d'eficiència energètica i de sostenibilitat.

Per contra, el material que utilitzaré per fer els pilars serà l'acer. L'acer, com l'alumini, té una resistència a la tracció igual a la seva resistència a la compressió. En canvi, el formigó té una resistència a la tracció molt inferior a la seva resistència a compressió, resultant més inconvenient.

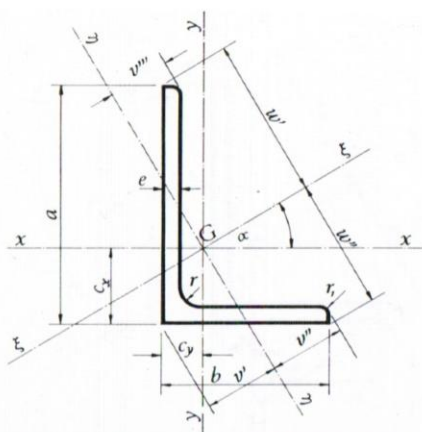
A continuació, es detallen una sèrie d'acers d'ús industrial, alguns dels quals seran útils en el meu projecte.

### Acers més habituals en l'àmbit industrial

Símbol	Norma UNE	Codi numèric	Aplicacions	Tracció (kg/mm <sup>2</sup> )	Duresa (kg/mm <sup>2</sup> )
<b>Acers al carboni</b>					
	F 1140	1.1191	Peces de resistència mitjana. Maquinària agrícola, congrenys, caragols. No és recomanable per a soldar.	60-78	180-228
	F 1150	1.1203	Eines agrícoles, tambors de fre. Molt recomanable per a tremp per inducció.	60-85	207-260
<b>Acers aliats de tremp i reveniment</b>					
	F 122	1.5864	Acer d'alt aliatge per a grans esforços de flexió i alta tenacitat. Molt apte per a peces que no han de patir deformacions en els tractaments.	75-90	217-265
	F 123	1.5755	Acer al crom-níquel per a peces de responsabilitat: clavilles, cigonyals, bieles. Bona resistència al xoc i a treballs a temperatures mitjanes o baixes.	65-78	182-226
	F 1252	1.7225	Acer molt generalitzat per a eixos i clavilles. Duresa i tenacitat bones. Bona mecanització. Adequat per a tremps per inducció.	60-80	174-232
<b>Acers de coixinets de rodament</b>					
	F 1310	1.3505	Material per a la fabricació de coixinets de rodament, eines per a la fusta, puntes de torn, mandrins, etc.	65-80	190-235
<b>Acers per a molles</b>					
	F 1430	1.8159	Molles de diàmetre inferior als 40 mm. Peces que suportin esforços de torsió, claus fixes, cisells, tallaferra, cisalles, tisores per a filferros, etc.	70-85	205-248
<b>Acers de cimentació</b>					
	F 1510	1.1121	Peces cimentades de dimensions petites i responsabilitat limitada.	35-55	100-161
	F 1522	1.6523	Acer per a peces cimentades de bona tenacitat: pinyons i engranatges petits per a maquinària agrícola i la indústria de l'automòbil.	60-75	174-220
	F 1560		Acer de trempabilitat elevada amb bona tenacitat i duresa en el nucli. Idoni per a grans peces cimentades.	70-83	205-240

Després d'escollir el millor acer per als pilars, els proporcionaré una estructura tubular. Aquesta geometria de forma cilíndrica permet un repartiment equitatiu de les càrregues sobre les seves parets, i em permetrà augmentar la secció exterior dels pilars per combatre els esforços de vinclament.

A més, per evitar el complet buit intern i augmentar considerablement la seva resistència, disposaré d'aquests elements amb forma de L, col·locats paral·lelament amb forma de barres i enganxats a les parets interiors de l'estructura.



$A$  = Area de la secció  
 $I$  = Momento de inercia  
 $W$  = Mòduo resistente  
 $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$  = Radio de giro

LD	Dimensiones mm					Sección A cm <sup>2</sup>	Peso P kg/m	Posición de los ejes						
	a	b	e	r	r <sub>1</sub>			c <sub>x</sub> cm	c <sub>y</sub> cm	v' cm	v'' cm	v''' cm	w' cm	tgz
30 × 20 × 3 *	30	20	3	4	2,0	1,43	1,12	0,99	0,50	0,86	1,04	0,56	2,05	0,428
30 × 20 × 4 *	30	20	4	4	2,0	1,86	1,46	1,03	0,54	0,91	1,04	0,58	2,02	0,421
30 × 20 × 5	30	20	5	4	2,0	2,27	1,78	1,07	0,58	0,94	1,04	0,60	2,00	0,412
40 × 20 × 3 *	40	20	3	4	2,0	1,73	1,36	1,42	0,44	0,79	1,19	0,46	2,61	0,257
40 × 20 × 4 *	40	20	4	4	2,0	2,26	1,77	1,47	0,48	0,83	1,17	0,50	2,58	0,252
40 × 20 × 5	40	20	5	4	2,0	2,77	2,17	1,51	0,52	0,86	1,16	0,53	2,55	0,245
40 × 25 × 4	40	25	4	4	2,0	2,46	1,93	1,36	0,62	1,06	1,35	0,68	2,69	0,381
40 × 25 × 5	40	25	5	4	2,0	3,02	2,37	1,40	0,66	1,11	1,35	0,70	2,66	0,375
45 × 30 × 4 *	45	30	4	4	2,0	2,86	2,24	1,48	0,74	1,27	1,58	0,83	3,06	0,434
45 × 30 × 5 *	45	30	5	4	2,0	3,52	2,76	1,52	0,78	1,32	1,57	0,85	3,04	0,429
60 × 30 × 5	60	30	5	6	3,0	4,29	3,37	2,15	0,68	1,20	1,77	0,72	3,89	0,256
60 × 30 × 6	60	30	6	6	3,0	5,08	3,99	2,20	0,72	1,23	1,75	0,75	3,86	0,252
60 × 40 × 5 *	60	40	5	6	3,0	4,79	3,76	1,96	0,97	1,68	2,10	1,10	4,10	0,434
60 × 40 × 6 *	60	40	6	6	3,0	5,68	4,46	2,00	1,01	1,72	2,10	1,12	4,08	0,431
60 × 40 × 7	60	40	7	6	3,0	6,55	5,14	2,04	1,05	1,77	2,09	1,14	4,06	0,427
65 × 50 × 5 *	65	50	5	6	3,0	5,54	4,35	1,99	1,25	2,08	2,39	1,50	4,53	0,577
65 × 50 × 6	65	50	6	6	3,0	6,58	5,16	2,04	1,29	2,13	2,39	1,51	4,52	0,575
65 × 50 × 7 *	65	50	7	6	3,0	7,60	5,96	2,08	1,33	2,19	2,39	1,52	4,50	0,572
65 × 50 × 8	65	50	8	6	3,0	8,60	6,75	2,11	1,37	2,23	2,39	1,53	4,49	0,569

\* Perfiles recomendados en la Norma UNE 36-532-72.

## Maquinària

*Per al anàlisi del terreny:*

Sonda de perforació: s'encarregarà de fer els assajos geotècnics.



*Per a la preparació del terreny:*

Retroexcavadores i camions de volteig: utilitzades per al moviment de terres.



Motonivelladores i aplanadores: encarregades de l'anivellament del terreny.



*Per a la construcció de les estructures:*



Formigoneres: màquina emprada per implantar el pastat dels diferents elements que componen el formigó (ciment, àrids i aigua) en les zones de construcció.

Vehicles de transport: s'utilitzaran camions allargats per al transport dels pilars.



Grues: seran necessàries per a la col·locació dels elements estructurals a les estacions, i per poder aixecar els pilars en cada secció del recorregut.



#### **4.5 Paràmetres i càlculs**

Partint del recorregut ja esmentat, estableixo unes característiques tècniques comunes en alguns dels telefèrics d'arreu del món, i que em permetran calcular totes les dades necessàries per a la construcció del telecabina.

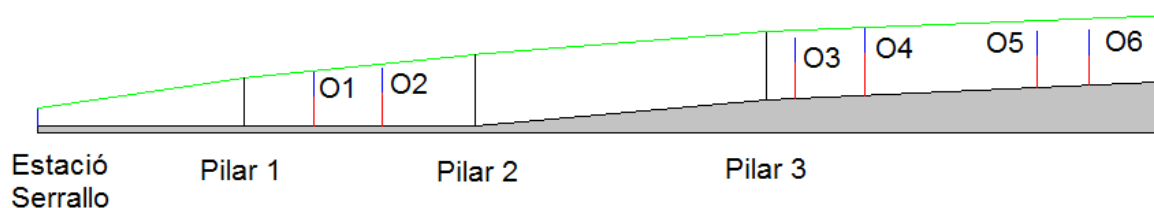
Cal tenir present que el cable, per si sòl, forma una corba anomenada catenària, produïda pel seu propi pes i accentuada pel pas de les cabines. Ja que es tracta d'un paràmetre que no aprenem al batxillerat, no l'he tingut present, encara que sabem que es donaria.

<b>Nombre de pilars</b>	10
<b>Distància horitzontal entre pilars</b>	
<b>10 - 9</b>	228 m
<b>9 - 8</b>	170 m
<b>8 - 7</b>	232 m
<b>7 - 6</b>	445 m
<b>6 - 5</b>	307 m
<b>5 - 4</b>	256 m
<b>4 - 3</b>	279 m
<b>3 - 2</b>	169 m
<b>2 - 1</b>	134 m
<b>Distància entre estacions</b>	
<b>Inicial - Intermitja</b>	570 m
<b>Intermitja - Final</b>	2630 m
<b>Inicial - Final</b>	3200 m
<b>Massa de la cabina del telefèric</b>	450 kg
<b>Velocitat de la cabina</b>	5 m/s
<b>Velocitat en les estacions</b>	0,5 m/s
<b>Temps mínim entre cabines</b>	30 s

A partir d'aquí, calculem:

**Altura dels pilars i longitud del cable:** Amb l'ajuda d'un programa de dibuix tècnic, la col·locació dels obstacles respectius en cada secció del recorregut em va permetre determinar l'alçada a la qual hauria de passar el cable del telecabina i, per tant, l'alçada de cada pilar del trajecte.

Llegenda
Línies negres horitzontals i diagonals: Altura del terreny.
Línies negres verticals: Pilars/Estacions.
Línies <b>vermelles</b> verticals: Alçada dels obstacles/edificis.
Línies <b>blaves</b> verticals: Distància de seguretat.
Línies <b>verdes</b> : Cable.
O1, O2... : Obstacle/Edifici 1, Obstacle/Edifici 2...



Estació Serrallo. Alçada del nivell del mar: 4 m; Alçada del cable respecte el terra: 10 m.

Pilar 1. Alçada de la base respecte el mar: 4 m ; Alçada del pilar (alçada per on passa el cable més 1 m de capçalera): 31,598 m.

Longitud del cable entre l'est. Serrallo i el P1: 121,806 m.

Obstacle 1 (alçada dels obstacles sempre aproximada). Alçada Mar: 4 m.

Alçada Obstacle: 19,98 m; Altura O. més distància de seguretat (més 14 m): 33,98 m.

Obstacle 2. Alçada Mar: 4 m. Alçada Obstacle: 19,98 m ; Alçada O. més distància de seguretat: 33,98 m.

Pilar 2. Alçada de la base respecte el mar: 4 m ; Alçada del pilar: 42,224 m.

Longitud del cable entre P1 i P2: 134,397 m.

Pilar 3. Alçada de la base respecte el mar: 19 m ; Alçada del pilar: 40,247 m.

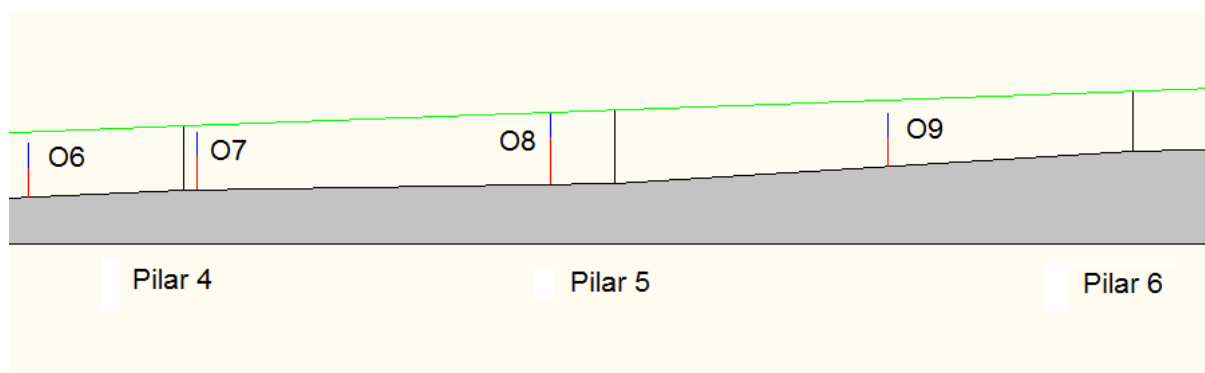
Longitud del cable entre P2 i P3: 169,501 m.

Obstacle 3. Alçada Mar: 21 m. Alçada Obstacle: 19,98 m ; Alçada O. més distància de seguretat: 33,98 m.

Obstacle 4. Alçada Mar: 23 m. Alçada Obstacle: 25,64 m ; Alçada O. més distància de seguretat: 39,64 m.

Obstacle 5. Alçada Mar: 25 m. Alçada Obstacle: 19,98 m ; Alçada O. més distància de seguretat: 33,98 m.

Obstacle 6. Alçada Mar: 28 m. Alçada Obstacle: 17,15 m ; Alçada O. més distància de seguretat: 31,15 m.



Pilar 4. Alçada de la base respecte el mar: 32 m ; Alçada del pilar: 39,122 m.

Longitud del cable entre P3 i P4: 279,253 m.

Obstacle 7. Alçada Mar: 32 m. Alçada Obstacle: 19,98 m ; Alçada O. més distància de seguretat: 33,98 m.

Obstacle 8. Alçada Mar: 35 m. Alçada Obstacle: 28,47 m ; Alçada O. més distància de seguretat: 42,47 m.

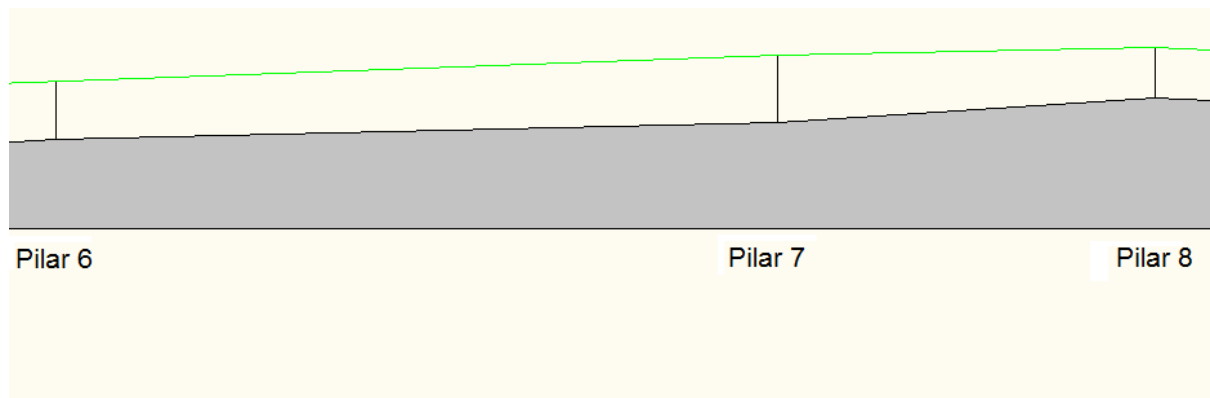
Pilar 5. Alçada de la base respecte el mar: 36 m ; Alçada del pilar: 43,841 m.

Longitud del cable entre P4 i P5: 256,145 m.

Obstacle 9. Alçada Mar: 46 m. Alçada Obstacle: 17,15 m ; Alçada O. més distància de seguretat: 31,15 m.

Pilar 6. Alçada de la base respecte el mar: 55 m ; Alçada del pilar: 35,921 m.

Longitud del cable entre P5 i P6: 307,200 m.

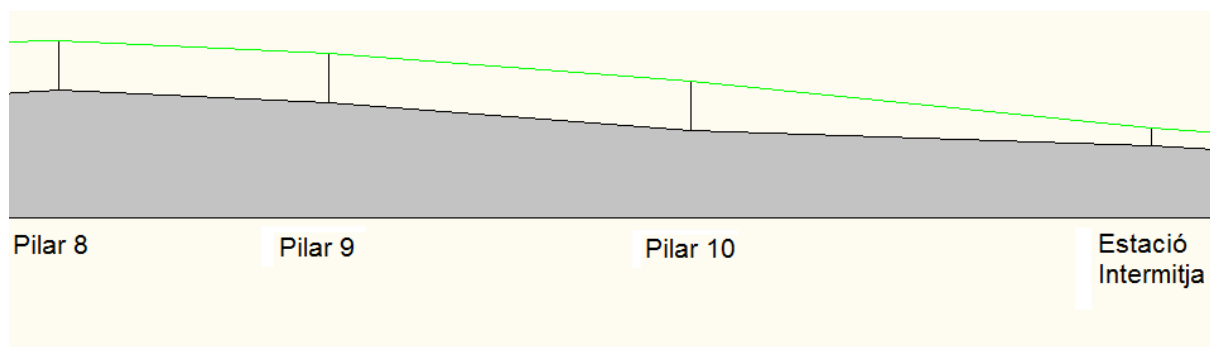


Pilar 7. Alçada de la base respecte el mar: 65 m ; Alçada del pilar: 41,98 m.

Longitud del cable entre P6 i P7: 445,299 m.

Pilar 8. Alçada de la base respecte el mar: 80 m ; Alçada del pilar: 31,98 m.

Longitud del cable entre P7 i P8: 232,054 m.



Pilar 9. Alçada de la base respecte el mar: 72 m ; Alçada del pilar: 31,98 m.

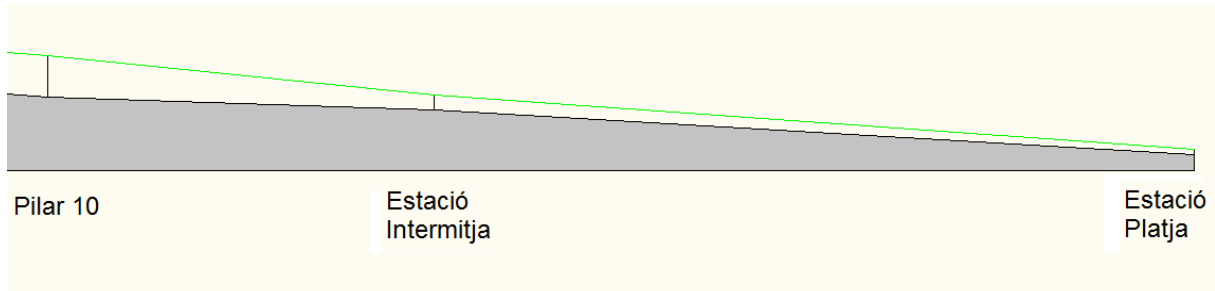
Longitud del cable entre P8 i P9: 170,188 m.

Pilar 10. Alçada de la base respecte el mar: 55 m ; Alçada del pilar: 31,98 m.

Longitud del cable entre P9 i P10: 228,633 m.

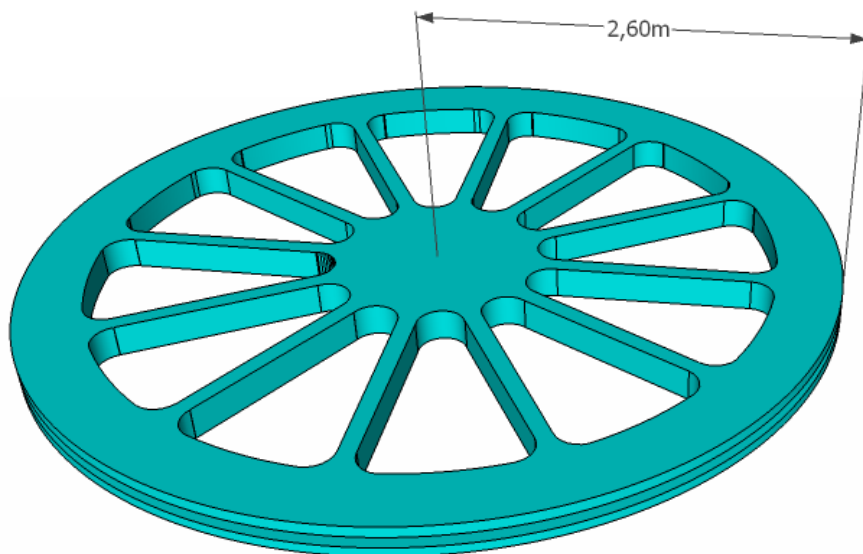
Estació Intermitja. Alçada del nivell del mar: 45 m ; Alçada del cable respecte el terra: 11,5 m.

Longitud del cable entre P10 i l'est. Intermitja: 291,495 m.



Estació Platja. Alçada del nivell del mar: 12 m ; Alçada del cable respecte el terra: 4 m.

Distància del cable l'est. Intermitja i l'est Platja: 571,437 m.



Distància total del cable: 6431,121 m.

- Suma de les distàncies del cable entre pilars i estacions, més la tornada:  
 $3207,396m \cdot 2$ .
- Suma de les dos meitats de la politja per on passa el cable:  $2 \cdot \pi \cdot \text{Radi de la politja} = 2 \cdot \pi \cdot 2,60 \text{ m}$ .
- Suma final:  $2\pi \cdot 2,60m + (3207,3964m \cdot 2) = 6431,1211m$

**Massa màxima de la carrega** (6 persones; 75 kg/persona):

$$6 \text{ p} \cdot 75 \text{ kg/p} = 450 \text{ kg}$$

**Massa cabina carregada:**

$$450 \text{ kg (cabina)} + 450 \text{ kg (persones)} = 900 \text{ kg}$$

**Temps d'anada d'una cabina (sense tenir en comte la desacceleració):**

$$\frac{3207,3964 \text{ m}}{5 \text{ m/s}} = 641,479 \text{ s} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 10,69 \text{ min}$$

**Nombre total de cabines (separació de 30 s entre cabines):**

$$\frac{\left(\frac{3207,3964 \text{ m}}{5 \text{ m/s}}\right)}{30 \text{ s}} \cdot 2 = 42,76 \approx 42 \text{ cabines}$$

**Distància mínima entre cabines:**

$$\frac{3207,3964 \text{ m}}{21 \text{ cabines}} = 152,7 \text{ m}$$

**Tipus de cable:**

L'empresa Doppelmayer Garaventa em va advertir que segons la normativa vigent dels telefèrics, s'ha de complir dues coses fonamentals per a la creació del cable:

- 1.- Coeficient de seguretat a ruptura = 4 (amb la tensió màxima del cable)
- 2.- Tensió mínima > 15 \* massa del vehicle carregat.

Considerant aquestes dades, vaig cercar en un catàleg de cables d'acer el més idoni per al meu projecte.

**Cable DIN 3066 de 6x37+1**

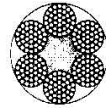
Código	Ø cable mm.	Ø alambre mm.	—Calidad 160 Kg/mm <sup>2</sup> —		—Calidad 180 Kg/mm <sup>2</sup> —		Peso por metro Kg.
			Carga de trabajo Kg.	Carga de rotura Kg.	Carga de trabajo Kg.	Carga de rotura Kg.	
C637105	5	0,23	240	1.200	280	1.400	0,085
C637106	6	0,28	360	1.800	414	2.070	0,127
C637108	8	0,37	600	3.000	724	3.620	0,222
C637110	10	0,45	1.154	5.770	1.300	6.500	0,340
C637112	12	0,55	1.665	8.325	1.870	9.350	0,490

C637114	14	0,64	2.260	11.300	2.540	12.700	0,665
C637116	16	0,73	2.960	14.800	3.320	16.600	0,870
C637118	18	0,82	3.740	18.700	4.220	21.100	1,100
C637120	20	0,91	4.620	23.100	5.200	26.000	1,360
C637122	22	1,00	5.600	28.000	6.300	31.500	1,645
C637124	24	1,09	6.660	33.300	7.480	37.400	1,960
C637126	26	1,18	7.820	39.100	8.800	44.000	2,300
C637128	28	1,27	9.060	45.300	10.200	51.000	2,670
C637130	30	1,37	10.400	52.000	11.700	58.500	3,060
C637132	32	1,46	11.840	59.200	13.320	66.600	3,480
C637134	34	1,55	13.360	66.800	15.040	75.200	3,930
C637136	36	1,64	14.980	74.900	16.860	84.300	4,410
C637138	38	1,73	16.700	83.500	18.780	93.900	4,910
C637140	40	1,82	18.500	92.500	20.800	104.000	5,440
C637142	42	1,91	20.380	101.900	22.940	114.700	6,000
C637144	44	2,00	22.380	111.900	25.160	125.800	6,580
C637146	46	2,09	24.460	122.300	27.520	137.600	7,190
C637148	48	2,18	26.640	133.200	29.960	149.800	7,830
C637150	50	2,28	28.900	144.500	32.500	162.500	8,500

**PEDRO FRAMIS, S.A.**



Cable DIN 3066 de 6x37+1



El primer cable que supera la segona norma esmentada és el C637134, de 34 mm Ø (qualitat 180 kg/mm<sup>2</sup>): 15 · 900 kg = 13500 kg.

Com a coeficient de seguretat, vaig decidir duplicar la secció del cable:

Secció ( $\pi \cdot R^2$ ):

$$\pi \cdot \left( \frac{34mm}{2} \right)^2 = 907,92mm^2$$

Coefficient de seguretat (x 2):

$$2 \cdot 907,92mm^2 = 1815,84mm^2$$

Diametre final:

$$1815,84mm^2 = \pi \cdot R^2$$

$$R = \sqrt{\frac{1815,84}{\pi}} = 24,04mm$$

$$\varnothing = 24,04mm \cdot 2 = 48,08mm$$

Amb aquest nou diàmetre, triem un nou tipus de cable, aconseguint una major càrrega de treball i una nova càrrega de ruptura.

Cable final: **C637150; Diàmetre, Ø: 50 mm; Pes: 8,500 kg/m.**

**Càrrega que ha de suportar cada pilar:** per fer aquests càlculs, reparteixo a cada pilar la meitat del cable entre cada pilar del costat, i tot això ho multiplico per dos (el cable d'anada i el de tornada). A més, es suma a la càrrega final la quantitat màxima de cabines carregades possible en aquest tram.

Pilar 1:

Cable (longitud):  $(60,90 \text{ m} + 67,20 \text{ m}) \cdot 2 = 256,20 \text{ m}$

Pes del cable:  $256,20 \text{ m} \cdot 8,5 \text{ kgf/m} = 2177,73 \text{ kgf}$

Nombre màxim de cabines en aquest tram: 2 cabines.

Pes de les cabines carregades:  $900 \text{ kgf/cabina} \cdot 2 \text{ cabines} = 1800 \text{ kgf}$

**Càrrega màxima: 3977,72 kgf**

Pilar 2:

Cable:  $(67,19 \text{ m} + 84,75) \cdot 2 = 307,90 \text{ m}$

Pes del cable:  $307,90 \text{ m} \cdot 8,5 \text{ kgf/m} = 2617,14 \text{ kgf}$

Nombre màxim de cabines en aquest tram: 2 cabines.

Pes de les cabines carregades:  $900 \text{ kgf/cabina} \cdot 2 \text{ cabines} = 1800 \text{ kgf}$

**Càrrega màxima: 4417,14 kgf**

Pilar 3:

Cable:  $(84,75 + 139,63) \cdot 2 = 448,75 \text{ m}$

Pes del cable:  $448,75 \text{ m} \cdot 8,5 \text{ kgf/m} = 3814,41 \text{ kgf}$

Nombre màxim de cabines en aquest tram: 4 cabines.

Pes de les cabines carregades:  $900 \text{ kgf/cabina} \cdot 4 \text{ cabines} = 3600 \text{ kgf}$

**Càrrega màxima: 7414,41 kgf**

Pilar 4:

Cable:  $(139,63 + 128,07) \cdot 2 = 535,40 \text{ m}$

Pes del cable:  $535,40 \text{ m} \cdot 8,5 \text{ kgf/m} = 4550,88 \text{ kgf}$

Nombre màxim de cabines en aquest tram: 4 cabines.

Pes de les cabines carregades:  $900 \text{ kgf/cabina} \cdot 4 \text{ cabines} = 3600 \text{ kgf}$

**Càrrega màxima: 8150,88 kgf**

Pilar 5:

Cable:  $(128,07 + 153,60) \cdot 2 = 563,35 \text{ m}$

Pes del cable:  $563,35 \text{ m} \cdot 8,5 \text{ kgf/m} = 4788,44 \text{ kgf}$

Nombre màxim de cabines en aquest tram: 4 cabines.

Pes de les cabines carregades:  $900 \text{ kgf/cabina} \cdot 4 \text{ cabines} = 3600 \text{ kgf}$

**Càrrega màxima: 8388,44 kgf**

Pilar 6:

Cable:  $(153,60 + 222,64) \cdot 2 = 752,48 \text{ m}$

Pes del cable:  $752,48 \text{ m} \cdot 8,5 \text{ kgf/m} = 6396,12 \text{ kgf}$

Nombre màxim de cabines en aquest tram: 6 cabines.

Pes de les cabines carregades:  $900 \text{ kgf/cabina} \cdot 6 \text{ cabines} = 5400 \text{ kgf}$

**Càrrega màxima: 11796,12 kgf**

Pilar 7:

Cable:  $(222,64 + 116,03) \cdot 2 = 667,34 \text{ m}$

Pes del cable:  $667,34 \text{ m} \cdot 8,5 \text{ kgf/m} = 5672,38 \text{ kgf}$

Nombre màxim de cabines en aquest tram: 6 cabines.

Pes de les cabines carregades:  $900 \text{ kgf/cabina} \cdot 6 \text{ cabines} = 5400 \text{ kgf}$

**Càrrega màxima: 11072,38 kgf**

Pilar 8:

Cable:  $(116,03 + 85,09) \cdot 2 = 402,24 \text{ m}$

Pes del cable:  $402,24 \text{ m} \cdot 8,5 \text{ kgf/m} = 3419,06 \text{ kgf}$

Nombre màxim de cabines en aquest tram: 4 cabines.

Pes de les cabines carregades:  $900 \text{ kgf/cabina} \cdot 4 \text{ cabines} = 3600 \text{ kgf}$

**Càrrega màxima: 7019,06 kgf**

Pilar 9:

Cable:  $(85,09 + 114,32) \cdot 2 = 398,82 \text{ m}$

Pes del cable:  $398,82 \text{ m} \cdot 8,5 \text{ kgf/m} = 3389,98 \text{ kgf}$

Nombre màxim de cabines en aquest tram: 4 cabines.

Pes de les cabines carregades:  $900 \text{ kgf/cabina} \cdot 4 \text{ cabines} = 3600 \text{ kgf}$

**Càrrega màxima: 6989,98 kgf**

Pilar 10:

Cable:  $(114,32 + 145,75) \cdot 2 = 520,13 \text{ m}$

Pes del cable:  $520,13 \text{ m} \cdot 8,5 \text{ kgf/m} = 4421,04 \text{ kgf}$


Nombre màxim de cabines en aquest tram: 4 cabines.

Pes de les cabines carregades:  $900 \text{ kgf/cabina} \cdot 4 \text{ cabines} = 3600 \text{ kgf}$

**Càrrega màxima: 8021,04 kgf**

**Secció mínima dels eixos de les politges:** Utilitzant com a referència l'eix motriu, calculo la secció mínima que han de tenir tots els eixos de les politges, considerant que el cable no està recolzat en els pilars i les estacions, i la tensió que suporta és de tot el recorregut.

Per al tipus de resistència que ha de suportar aquestos eixos, la resistència a la torsió, l'acer més adequat és el F 1252.

			Acers aliats de tremp i reveniment	Tracció (kg/mm <sup>2</sup> )	Duresa (kg/mm <sup>2</sup> )
	F 1252	1.7225	Acer molt generalitzat per a eixos i clavilles. Duresa i tenacitat bones. Bona mecanització. Adequat per a tremps per inducció.	60-80	174-232

Primer calculem la massa total del recorregut (tot el cable i totes les cabines carregades), i després la seva tensió:

$(6431,12\text{m} \cdot 8,5 \text{ kg/m}) + (42 \cdot 900\text{kg}) = 92464.53 \text{ kg}$

$92464.53 \text{ kg} \cdot 9,8 = \mathbf{8880293,40 \text{ Newtons}}$

Com sabem que l'eix està sotmès a esforços de torsió, calcularem el diàmetre de l'eix a partir de la formula:

$$d = 3,65 \cdot (P / (n \cdot \tau_t))^{1/3}$$

Tensió total,  $T = 8880293,40 \text{ N}$  ; Radi de la politja d'arrossegament,  $r = 2,6 \text{ m}$ :

$$M_{\text{torsor}} = T \cdot r ; M_t = 8880293,40 \cdot 2,6 = 23088762,84 \text{ Nm}$$

$$v = \omega \cdot r ; \omega = \frac{v}{r} = \frac{5 \text{ m/s}}{2,60 \text{ m}} = 1,92 \text{ rad/s}$$

Potència mínima del motor, P:

$$P = M_t \cdot \omega = 23088762,84 \cdot 1,92 = 44330424,65 \text{ W}$$

$$v = \frac{2\pi \cdot r \cdot n}{60} ; n = \frac{60 \cdot v}{2\pi \cdot r} = \frac{60 \cdot 5}{2\pi \cdot 2,60} = 18,36 \text{ rpm}$$

Considerem que l'esforç de cisalla val:

$$\tau_t = 0,5 \cdot \sigma$$

Resistència a la Tracció de l'acer F 1252:  $60 \text{ kg/mm}^2$

$$\sigma = \frac{60 \text{ kg} \cdot 9,8 \cdot 10^6 \text{ mm}^2}{1 \text{ mm}^2 \cdot 1 \text{ m}^2} = 5,88 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$$


$$\tau_t = 0,5 \cdot 5,88 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 = 2,94 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$$

El diàmetre de l'eix valdrà:

$$d = 3,65 \cdot (44330424,65 / (18,36 \cdot 2,94 \cdot 10^8))^{1/3} = \boxed{0,736 \text{ m}}$$

**Secció de cada pilar:** un cop endurit, el formigó pot presentar una resistència a la compressió de fins a  $650 \text{ kg/cm}^2$ , però la resistència a la tracció amb prou feines arriba a la dècima part d'aquest valor. Per aquest motiu, és més rentable utilitzar l'acer per a la creació dels pilars.

L'acer més adequat per aquesta tasca es:

Acers aliats de tremp i reveniment			Tracció (kg/mm <sup>2</sup> )	Duresa (kg/mm <sup>2</sup> )
	F 122	1.5864	75-90	217-265
Acer d'alt aliatge per a grans esforços de flexió i alta tenacitat. Molt apte per a peces que no han de patir deformacions en els tractaments.				

Llavors:

$$\sigma = \frac{75 \text{kg} \cdot 9,8}{1 \text{mm}^2} \cdot \frac{10^6 \text{mm}^2}{1 \text{m}^2} = 7,35 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$$

$$F = \sigma \cdot S ; S = \frac{F}{\sigma}$$

$$\text{Secció pilar 1: } (3977,72 \text{ kgf} \cdot 9,8) / 7,35 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 = \mathbf{5,3036 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$\text{Secció pilar 2: } (4417,14 \text{ kgf} \cdot 9,8) / 7,35 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 = \mathbf{5,8895 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$\text{Secció pilar 3: } (7414,41 \text{ kgf} \cdot 9,8) / 7,35 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 = \mathbf{9,8859 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$\text{Secció pilar 4: } (8150,88 \text{ kgf} \cdot 9,8) / 7,35 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 = \mathbf{1,08678 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\text{Secció pilar 5: } (8388,44 \text{ kgf} \cdot 9,8) / 7,35 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 = \mathbf{1,11846 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\text{Secció pilar 6: } (11796,12 \text{ kgf} \cdot 9,8) / 7,35 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 = \mathbf{1,57282 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\text{Secció pilar 7: } (11072,38 \text{ kgf} \cdot 9,8) / 7,35 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 = \mathbf{1,47632 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\text{Secció pilar 8: } (7019,06 \text{ kgf} \cdot 9,8) / 7,35 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 = \mathbf{9,3587 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$\text{Secció pilar 9: } (6989,98 \text{ kgf} \cdot 9,8) / 7,35 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 = \mathbf{9,3200 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$\text{Secció pilar 10: } (8021,04 \text{ kgf} \cdot 9,8) / 7,35 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 = \mathbf{1,06947 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

Però aquestes seccions obtingudes no determinaran el diàmetre de cada pilar, ja que aquests tindran una estructura tubular. El diàmetre general serà d'uns 0,85 m, i tindran una secció d'uns 0,567 m<sup>2</sup> sense restar-li la part buida.

## 5. CONCLUSIONS

El meu projecte ha intentat des del seu començament donar vida a aquesta ciutat apagada i distant a les innovacions tècniques. Partint dels meus fonaments, els coneixements d'un estudiant de Batxillerat, he aconseguit realitzar un petit projecte per equiparar Tarragona amb una gran ciutat.

Encara que la part tècnica podria resultar molt complexa per a un projecte real, després d'analitzar el meu treball, podem concloure que es podria construir un telefèric en Tarragona, només cal el pressupost, i sobretot, la intenció.

Pel que a mi respecta, l'elaboració d'aquest treball m'ha permès augmentar els meus coneixements sobre la construcció de qualsevol altre projecte d'enginyeria civil, tant en els seus preparatius com en la fase de construcció, i preparar-me per a futurs treballs d'universitat o de professió.

A més, l'estudi de la història dels telefèrics i de les seves característiques ha impulsat el meu interès sobre aquest tipus de vehicle aeri per cable, m'ha permès saber diferenciar-los a simple vista, i conèixer les seves particularitats.

Per concloure, he de dir que el meu treball no pot comparar-se amb altres projectes ja creats per professionals en la matèria, però iniciant-me amb idees d'aquestes característiques, podré assimilar la importància que tenen aquestes professions i estudis per a la vida quotidiana.

## 6. OPINIÓ PERSONAL I AGRAÏMENTS

Un dels principals problemes que té un estudiant quan arriba l'hora de fer el treball de recerca és l'elecció del seu tema. Després d'una primera reunió amb el meu tutor, i que ell em proposés una sèrie de temes, la idea d'un telefèric va atraure la meua curiositat, a més de les ganes de mostrar les propostes que tenia en ment.

La realització d'aquest treball no ha suposat un temps perdut per a mi, sinó una estona per demostrar les meves capacitats als altres. Per això vull agrair tot el suport i la ajuda que m'ha donat el meu tutor, i els seus ànims constants.

També agrair a Antonio, de l'Oficina de Estudis i Projectes de Transportes per Cable S.A., empresa del gran grup Doppelmayr Garaventa, i totes les seves respostes a cadascun dels meus dubtes.

No puc oblidar tampoc l'acció de la meua mare al portar-me a Barcelona per veure el Telefèric de Montjuïc, i de l'ajuda i consell dels treballadors d'aquest telecabina.

Per últim, dono les gràcies al meu pare per ajudar-me en els diversos aspectes de la llengua i l'escriptura, i al meu company i amic Gerard per deixar-me el seu ordinador per realitzar unes operacions que el meu era incapaç.

## 7. FONTS DOCUMENTALS

- **Bibliografia:**

- *Tecnologia I Industrial*, Barcelona, Grup EDEBÉ, 2002.
- *Prontuario Ensidesa Tomo I*, Pedro Framis S.A, FORSAM.
- *Manual de cálculo de estructuras metálicas*, Empresa Nacional Siderurgica S.A.

- **Webgrafia:**

<http://maps.google.es>

<http://es.wikipedia.org>

<http://www.plataformaarquitectura.cl>

<http://caminos.udc.es>

- **Programes utilitzats:**

Google Earth

Google SketchUp 8

Google SketchUp 8 Pro

AutoCad 2010

DWG True View 2010

Gimp 8

# Annexos



## ÍNDEX

	<i><u>Pàg.</u></i>
<b>ANNEX 1</b> .....	50
<b>ANNEX 2</b> .....	54
<b>ANNEX 3</b> .....	56
<b>ANNEX 4 (DVD)</b>	

## ANNEX 1

**De:** ---

**Enviado el:** miércoles, 27 de junio de 2012 9:29

**Para:** [tpc@doppelmayr.es](mailto:tpc@doppelmayr.es)

**CC:** ---

**Asunto:** Contacto para alumno

Buenos días,

Según conversación mantenida hace unos instantes, les envío este correo electrónico para poner en contacto a un alumno con ustedes.

Mi nombre es ---, profesor de Tecnología Industrial del instituto -----  
--, de Tarragona.

Tal como les expliqué en la conversación, aquí en Catalunya tenemos en el currículum de bachillerato la realización de un trabajo de investigación que cada alumno tiene que realizar.

El alumno que tutorizo, ---, del cual tienen la dirección de c.e. en el apartado Cc., está realizando un trabajo sobre un teleférico por encima de la ciudad, pasando por los monumentos históricos más característicos, en recorrido desde el puerto hasta la playa.

El motivo de este mensaje es solicitarles si pudieran atender las dudas que el alumno pudiera tener. Lógicamente el alumno es consciente de que no debe robarles demasiado tiempo de su actividad profesional y ha de ser concreto en sus consultas, desde el punto de vista de un alumno de 1º de bachillerato.

Reciban nuestro agradecimiento de antemano: ---

----- Forwarded message -----

From: **Antonio** <[a.-----@doppelmayr.es](mailto:a.-----@doppelmayr.es)>

Date: 2012/6/27

Subject: RE: Contacto para alumno

To: ---

Cc: ---

Estimado Sr.,

Nos es muy grato comprobar la inquietud que suscita este tipo de instalaciones de transporte por cable entre los docentes y alumnos, incluso ya hemos ayudado, en varias ocasiones, a estudiantes en sus proyectos de final de carrera o grados.

Estamos a su entera disposición para intentar resolverle cualquier duda al respecto.

Entiendan, por otra parte, que nuestro tiempo está sujeto a las exigencias de la empresa y es posible que las respuestas no sean inmediatas pero intentaremos hacerlo lo antes posible.

Un cordial saludo

**Antonio**   
Of. Estudios y Proyectos  
**Transportes por Cable S.A.**

C/ Monte Perdido, Parcela 8D  
Poligono Industrial Valdeconsejo  
50410 Cuarte de Huerva (Zaragoza)  
Tel: +34 976 27 43 82  
Fax: +34 976 27 43 83



Transportes por Cable S.A.



A efectos de lo dispuesto en la L.O. 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal, Informamos que sus datos personales van a ser incorporados a nuestros ficheros, de los cuales es responsable esta Empresa, con la finalidad de dar cumplimiento a la relación que se deriva del presente documento y de mantenerle informado de los productos y servicios que siendo similares a los actuales, habitualmente ofrecemos a nuestros clientes en condiciones más ventajosas. No obstante, le recordamos que dispone de sus derechos de acceso, rectificación, cancelación y opción al tratamiento de sus datos que podrá ejercer en nuestro domicilio

**De:** ---

**Enviado el:** viernes, 24 de agosto de 2012 17:54

**Para:** a.-----@doppelmayr.es

**Asunto:** Preguntas Estudiante

Buenos días,

Soy ---, alumno de --- y estudiante de Bachillerato en el Intituto -----, de Tarragona.

Hace unos días contactamos con ustedes para pedirlos, si era posible, el aclarar varias cuestiones que nos surgían en el avance de mi pequeño proyecto de un teleférico en Tarragona. Al ser nuestra petición bien venida y, antes de proceder con las preguntas, os agradecemos vuestra ayuda y vuestro tiempo.

Para empezar, tengo pensado desde un principio hacer un teleférico monocable, de movimiento continuo, circulante y unidireccional. Además, tiene que sobrevolar numerosos edificios de Tarragona, teniendo en cuenta que la altura media de estos es de 5 pisos.

Preguntas:

Mi trayecto tiene como inicio (o fin) el puerto, y termina en la playa, pasando por los monumentos históricos de Tarragona que se sitúan en medio de la ciudad. Probablemente sea un recorrido muy complicado de hacer por los aspectos técnicos a los que se refiere. En todo caso, al ser un recorrido que empieza y termina cerca del nivel del mar y tiene que subir hacia la ciudad, ¿se puede prescindir de una estación intermedia? ¿Sería esta la estación principal o cualquiera de las otras puede hacer esta función?

¿Que sistema se utiliza, y pongo por ejemplo el teleférico de Montjuïc, para que las cabinas, al llegar a la estación, disminuyan su velocidad para la recogida de pasajeros? Tengo entendido la existencia de uniones temporales (o desembragables) de las cabinas, pero no exactamente su funcionamiento.

¿De que depende la colocación de las torres de apoyo? ¿De que material están hechas? ¿Existen torres que permitan el giro del trayecto? En caso afirmativo, ¿de cuantos grados sería este giro?

¿Cual es la diferencia entre teleférico y telecabina?

Un cordial saludo: ---

Buenos días ---,

Contestando a tus preguntas.:

Sistemas de transporte por cable:

- Teleférico: Solamente tiene un vehículo en cada lado (subida/bajada) que va cogido permanentemente al cable. Suele ser de gran capacidad, de 45 a 150 personas. El movimiento es de vaivén, un vehículo sale de la estación inferior y llega a la superior, se para, y luego se da "marcha

atrás” para que vuelva a bajar por el mismo lado. Mientras tanto el otro vehículo hace lo contrario. Este proceso se repite continuamente

- Telecabina: Tiene los vehículos repartidos a lo largo de todo el cable. Suelen tener una capacidad de 4 a 15 personas (en tu caso creo que 8 sería lo correcto). El cable se mueve constantemente en la misma dirección haciendo un circuito cerrado. Los vehículos tienen un dispositivo para que se enganchen al cable en la estación y suban hasta la estación superior, allí se sueltan del cable y reducen su velocidad para que los pasajeros puedan subir y bajar, después se vuelven a enganchar al cable y baja de nuevo a la estación inferior. Este ciclo se repite constantemente. Se denominan desembragables porque el vehículo embraga/desembraga en el cable en cada estación.

Estaciones:

- Teleféricos: tiene que ir en línea recta, sin estaciones intermedias, desde la estación inferior a la superior. En la estación superior se colocan los motores y el sistema de tracción.
- Telecabinas: pueden hacer quiebros en la línea pero son muy costosos. Pueden tener estaciones intermedias para permitir a los pasajeros subir/bajar de las cabinas. En estas estaciones el vehículo se desengancha del cable, reduce su velocidad para permitir a los pasajeros subir o bajar, se vuelve a enganchar al cable y va a la siguiente estación. Habitualmente cada quiebro se realiza con una estación intermedia. El sistema motriz puede colocarse en cualquiera de las estaciones terminales

Torres:

- Para la colocación de las torres hay que hacer unos cálculos con objeto de mantener las distancias de seguridad desde los vehículos colgados hasta el suelo o cualquier elemento externo (casas, líneas de alta tensión, etc) a lo largo de todo el recorrido. Estos cálculos se realizan con programas propios de los fabricantes.

Planing de trabajos:

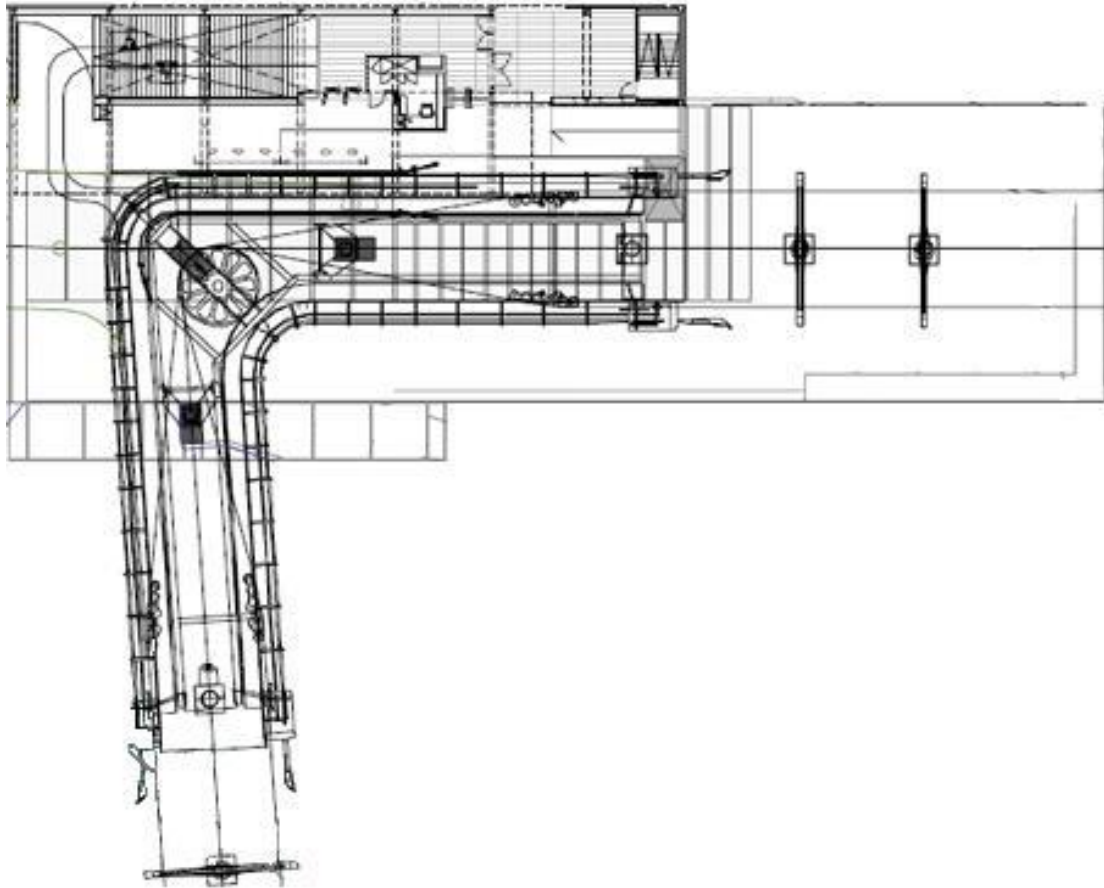
- Seleccionar en un plano el recorrido en planta de la instalación.
- Si es en línea recta podrá ser teleférico o telecabina, pero si quieres quiebros o estaciones intermedias tendrá que ser telecabina
- Sacar el perfil del terreno en todo el recorrido incluyendo cualquier elemento externo (casas, líneas de altas, etc.)
- Realizar el cálculo de la instalación para la colocación de las torres intermedias.

Espero haberte servido de ayuda, no obstante si tienes alguna duda más o necesitas cualquier información o ayuda a tu proyecto no dudes en preguntar.

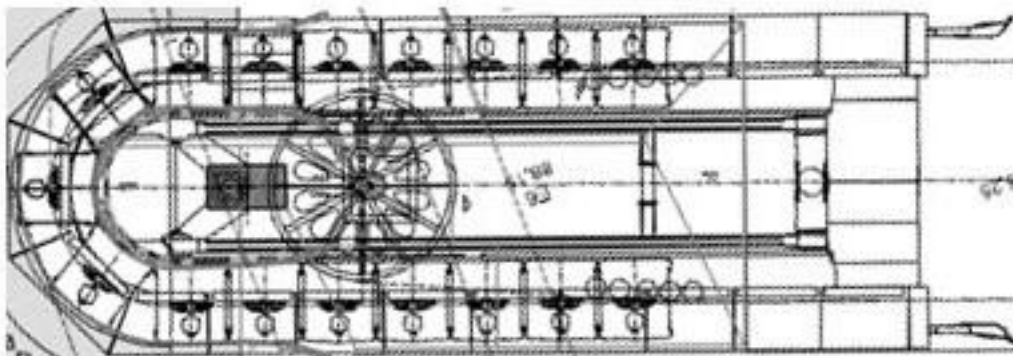
Saludos cordiales

## ANNEX 2

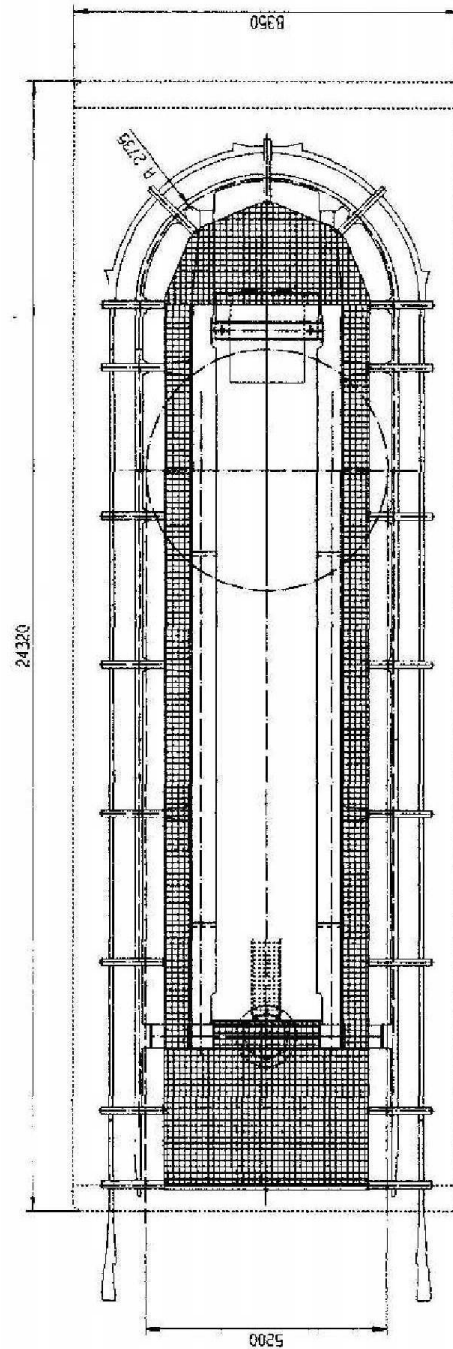
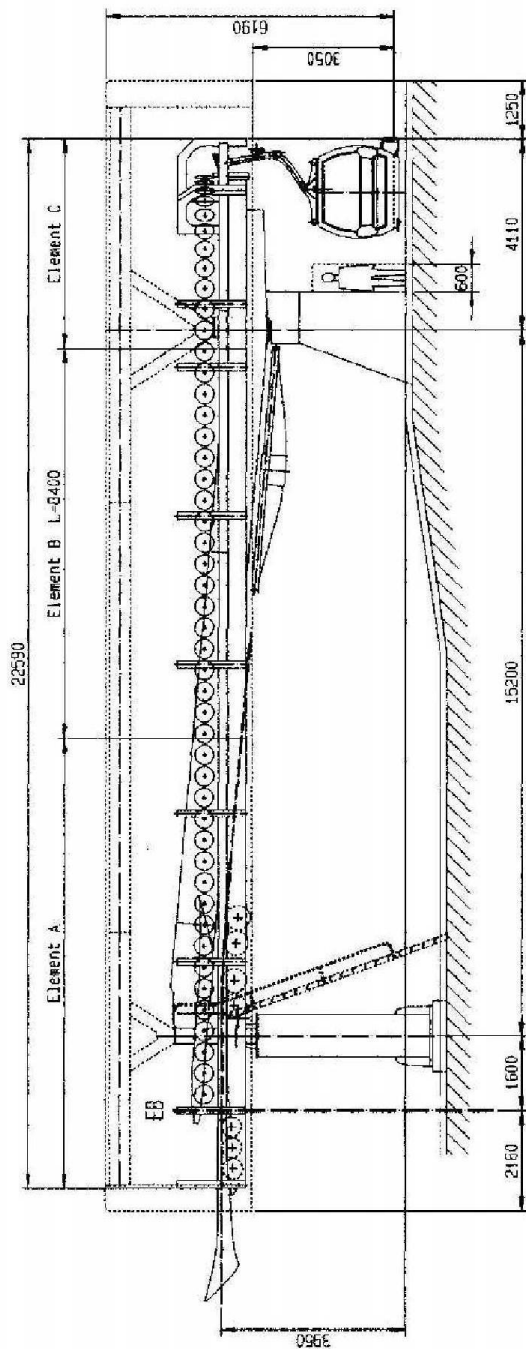
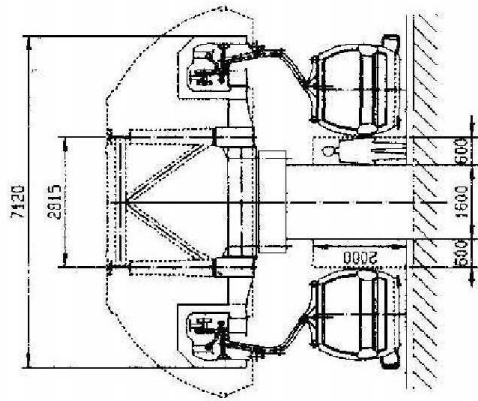
### Estació Intermitja Montjuïc



### Estació Inicial Montjuïc



Mesures d'una estació estàndar



AE/unic/typer-program/5ta\_mg01

## ANNEX 3

### Ubicacions dels pilars més conflictius

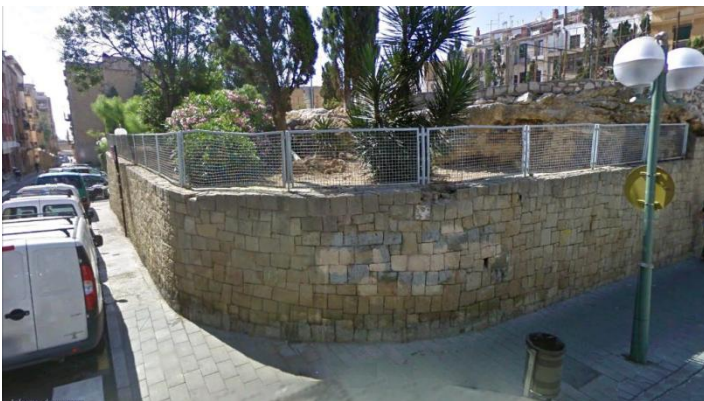


**Pilar 2**

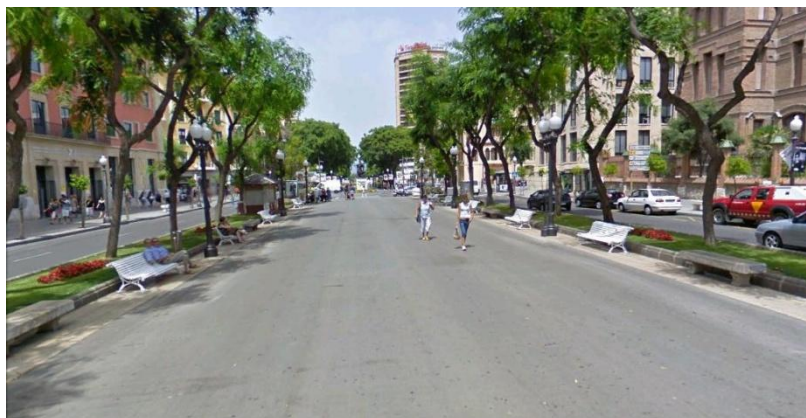
**Pilar 3**



**Pilar 4**



**Pilar 5**



**Pilar 6**



Ubicació de les estacions

**Estació Serrallo**



**Estació Intermitja**



**Estació Platja**