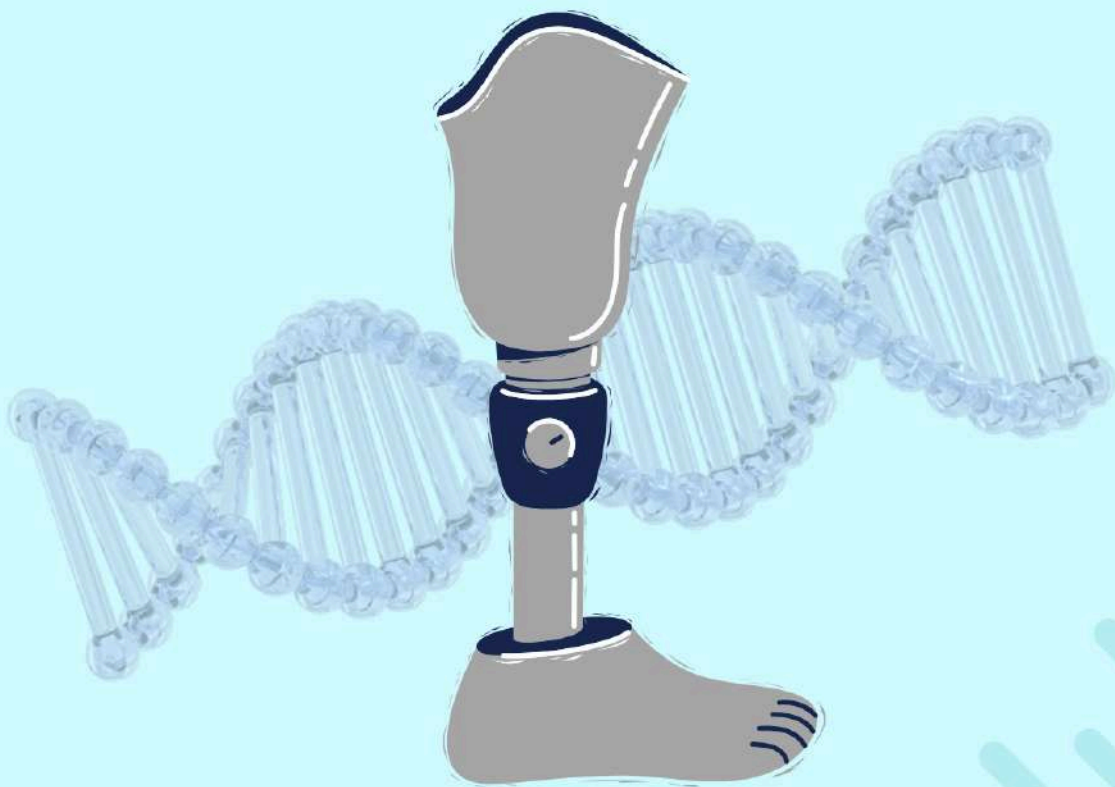


DESENVOLUPAMENT D'UNA PRÒTESI ADAPTABLE AL CREIXEMENT EN PACIENTS AMB SARCOMA D'EWING



Nom: Isona Jiménez Calderón

Curs: 2025/2026

Grup: 201

Matèria: Biologia

Tutora: Carol Saniger

Data d'entrega: 7/11/2025

***“Allà on s’estima l’art de la medicina, també s’estima la humanitat”
-Hipòcrates***

RESUM

En aquest treball s'analitza el sarcoma d'Ewing, un tipus de càncer d'os que afecta principalment a nens i adolescents i que presenta una elevada taxa de mortalitat malgrat els avenços mèdics que es fan en un context de constants descobriments. El treball s'aborda des d'una perspectiva en els àmbits mèdic, biològic, social i tecnològic.

Primer, s'explica com s'origina aquest tipus de sarcoma en els gens, explicant el paper del gen EWSR1-FLI1. També es descriuen les diverses tècniques de detecció i els tractaments com la quimioteràpia o la radioteràpia. El treball està centrat en un tractament en específic, l'amputació, i es reflexiona sobre les dificultats psicològiques i econòmiques que poden sorgir a partir d'aquesta decisió, com és l'elevat cost de les pròtesis i la necessitat de canviar-la de manera sovint.

A partir d'aquest problema, a la part pràctica es pren un enfocament més tecnològic i s'intenta desenvolupar un disseny d'una pròtesi que es pugui adaptar al creixement del pacient. El prototip de la pròtesi que es dissenya és de tipus modular, és a dir, una pròtesi per peces que s'uneixen per formar-la. Aquest prototip s'imprimeix en 3D per observar com quedaria el producte final. La pròtesi modular permetria que el pacient pogués adquirir les diferents peces a mesura que creix en comptes d'haver de comprar una pròtesi sencera.

Tot i que el model no s'ha pogut validar per un traumatòleg o enginyer biològic, el disseny de la pròtesi ha aconseguit el seu objectiu: que pugui adaptar-se al creixement del pacient.

RESUMEN

En este trabajo se analiza el sarcoma de Ewing, un tipo de cáncer de hueso que afecta principalmente a niños y adolescentes y que presenta una elevada tasa de mortalidad a pesar de los avances médicos que se realizan en un contexto de constantes descubrimientos. El trabajo se aborda desde una perspectiva en los ámbitos médico, biológico, social y tecnológico.

Primero, se explica cómo se origina este tipo de sarcoma en los genes, explicando el papel del gen EWSR1-FLI1. También se describen las diversas técnicas de detección y los tratamientos como la quimioterapia o la radioterapia. El trabajo está centrado en un tratamiento específico: la amputación, y se reflexiona sobre las dificultades psicológicas y económicas que pueden surgir a partir de esta decisión, como es el elevado costo de las prótesis y la necesidad de cambiarlas con frecuencia.

A partir de este problema, en la parte práctica se toma un enfoque más tecnológico e intenta desarrollarse un diseño de una prótesis que pueda adaptarse al crecimiento del paciente. El prototipo de la prótesis que se diseña es de tipo modular, es decir, una prótesis compuesta por piezas que se unen para formarla. Este prototipo se imprime en 3D para observar cómo quedaría el producto final. La prótesis modular permitiría que el paciente pudiera adquirir las diferentes piezas a medida que crece en lugar de tener que comprar una prótesis completa.

Aunque el modelo no se ha podido validar por un traumatólogo o ingeniero biológico, el diseño de la prótesis ha logrado su objetivo: que pueda adaptarse al crecimiento del paciente.

ABSTRACT

This paper analyzes Ewing sarcoma, a type of bone cancer that primarily affects children and adolescents and has a high mortality rate despite medical advances made in a context of constant discoveries. The paper is approached from medical, biological, social, and technological perspectives.

First, it explains how this type of sarcoma originates in the genes, describing the role of the EWSR1-FLI1 gene. It also details the various detection techniques and treatments such as chemotherapy or radiotherapy. The paper focuses on a specific treatment: amputation, and reflects on the psychological and economic difficulties that can arise from this decision, such as the high cost of prosthetics and the need to replace them frequently.

From this problem, in the practical part a more technological approach is taken, and an attempt is made to develop a design for a prosthesis that can adapt to the patient's growth. The prosthesis prototype that is designed is modular, that is, a prosthesis made of pieces that are joined together to form it. This prototype is 3D printed to see what the final product would look like. The modular prosthesis would allow the patient to acquire the different pieces as they grow instead of having to buy an entire prosthesis.

Although the model has not been validated by a traumatologist or biological engineer, the prosthesis design has achieved its goal: to be able to adapt to the patient's growth.

Índex

RESUM	3
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
Introducció i motivació	1
Hipòtesi	2
Objectius	3
Metodologia	4
Part teòrica	5
Què és el càncer?	5
Què és el sarcoma d'Ewing?	5
EWS/FLI1	6
Característiques clíniques, incidència i supervivència	8
Detecció	9
EWSR1	11
Tractament	16
Teràpies dirigides	19
Amputació en pacients amb sarcoma d'Ewing:	19
Pròtesis	20
BioXpand:	22
Pròtesi expansiva:	23
Part Pràctica	25
Conclusions	31
Agraïments	34
Bibliografia	35
Imatges	39

Introducció i motivació

Des de ben petita, el càncer ha estat un tema que m'ha generat molt interès, tant per la part biològica com per la part social, com afecta als pacients i al seu cercle. Arran d'investigar sobre el càncer em vaig adonar de que m'agradaria tenir un treball enfocat en aquesta malaltia, i el treball de recerca és una possibilitat d'apropar-me més al que m'agradaria que fos el meu futur.

Hi ha una gran varietat de càncers, però el Sarcoma d'Ewing em va cridar especialment l'atenció, ja que tot i ser un càncer amb poca incidència, el seu nom ha ressonat per les xarxes socials en els últims anys. Aquests mitjans de comunicació han permès que persones amb malalties com aquesta puguin donar-la a conèixer. Durant la investigació d'aquest tema vaig descobrir que alguns pacients requereixen una amputació d'extremitat que, després, necessitarà una pròtesis. Aquestes pròtesis no són cobertes per l'Estat, i les famílies dels infants i adolescents les han de pagar completament. Això significa que han de pagar una gran quantitat per una pròtesi que probablement en uns quants mesos hauran de canviar per una nova, ja que l'anterior es quedarà petita. Per aquesta raó, m'agradaria trobar una solució respecte les pròtesis i poder dissenyar una que pugui adaptar-se al creixement dels més petits.

Hipòtesi

Potser es pot crear una pròtesi que es pugui adaptar a la mida del pacient amb Sarcoma d'Ewing durant el seu creixement en comptes de comprar dues noves cada any.

Objectius

Els objectius que m'agradaria completar al final del treball són:

1. Explicar i informar a les persones sobre el sarcoma d'Ewing, ja que molts no coneixen aquest osteosarcoma.
2. Investigar les pròtesis de cama i quines innovacions hi ha en l'actualitat.
3. Dissenyar un prototip d'una pròtesi de cama modular que pugui ser adaptable al creixement del pacient.
4. Mostrar a un traumatòleg o enginyer biològic el prototip perquè verifiqui la seva viabilitat.

Metodologia

Aquest treball es dividirà en tres parts: la recerca sobre el sarcoma d'Ewing, l'anàlisi econòmic de les pròtesis i, per últim, el disseny d'una pròtesi modular de cama 3D.

En primer lloc, consultant articles científics, faré una recerca sobre el sarcoma d'Ewing on explicaré principalment: què és, per què s'origina, com es pot detectar i els seus tractaments.

En segon lloc, investigaré sobre les pròtesis que hi ha a l'actualitat per estudiar l'impacte de la malaltia en els pacients que pateixen una amputació. Faré una recerca sobre els diferents preus que tenen, per saber si les famílies es poden permetre comprar varies pròtesis a mesura que el pacient creix.

Finalment, a la part pràctica desenvoluparé un disseny d'una pròtesi modular adaptable al creixement del pacient amb sarcoma d'Ewing amb ajuda d'un programa de modelatge 3D i la seva impressió.

Part teòrica

Què és el càncer?

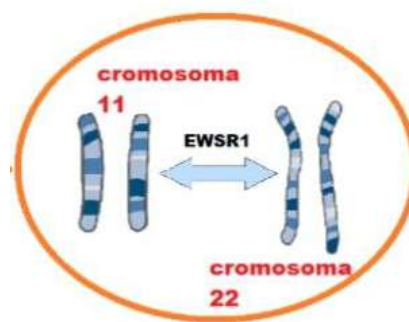
El càncer és una malaltia on algunes cèl·lules es multipliquen sense control i es transporten a altres parts del cos. Normalment, les cèl·lules es multipliquen mitjançant la divisió cel·lular per formar-ne de noves quan el cos les necessita. Quan ja no funcionen de manera correcta o eficient són destruïdes i reemplaçades. Si aquest procés no es segueix de manera correcta es poden donar cèl·lules anormals o danyades i es multipliquen en comptes de ser eliminades, pot arribar a la situació on aquestes cèl·lules formin un tumor maligne o benigne.¹

Què és el sarcoma d'Ewing?

El sarcoma d'Ewing és un càncer d'os, on es crea un tumor degut a la proliferació de les cèl·lules òssies. Va ser descobert pel Dr. James Ewing, un patòleg i pioner en estudis de càncer² a l'any 1921. Es produeix degut a una translocació en el cromosoma 22, fent que el gen EWSR1 es fusioni amb el gen FLI1, que es troba al cromosoma 11.



Imatge 1. Dr James Ewing. Imatge extreta de Alchetron
([https://alchetron.com/James-Ewing-\(pathologist\)](https://alchetron.com/James-Ewing-(pathologist)))



Imatge 2. Translocació de gens. Imatge extreta de Micro bacterium
(<https://microbacterium.es/sarcoma-de-ewing>)

¹ Anònim (any) ¿Qué es el cáncer? Instituto Nacional del Cáncer. Consultat el 10/3/2025. ¿Qué es el cáncer?

² Ingram Montero, M.J. [Marlon Joel] (2022) *Sarcoma de Ewing: reporte de un caso*: Revista Portales Médicos. Consultat el 15/6/2025 [Sarcoma de Ewing: reporte de un caso](#).

EWS/FLI1

La proteïna EWS/FLI1 actua com un factor de transcripció pioner, és a dir, és capaç d'obrir seccions d'ADN que normalment són inaccessibles. També és un oncogen, el que fa que pugui activar gens que converteixin a la cèl·lula en cancerosa. En el cas del sarcoma d'Ewing, la proteïna activa aquests gens i la cèl·lula passa a un estat tumorigènic. Això ho aconsegueix amb un conjunt de mecanismes complementaris:

- El terminal N de la proteïna (grup amino) és el començament de la proteïna i prové del gen EWS. La característica d'aquesta part és semblant a un priò, el que fa que pugui interactuar amb altres proteïnes i fer-ne una més complexa. Aquesta característica pot fer que es creïn grups que controlen l'activació de gens, com és el cas de la unió de la proteïna EWS/FLI1 a l'enzim ARN-polimerasa II³, encarregat de transcriure l'ADN per després portar-lo a l'ARN-missatger i finalment per poder crear proteïnes. A més, s'uneix al complex BAF, un conjunt de proteïnes que modifiquen la forma com s'empaqueta la cromatina.⁴ Aquesta interacció canvia heterocromatina a eucromatina als llocs d'unió a l'ADN, el que fa que la proteïna EWS/FLI1 pugui entrar per aquestes zones i activi gens que ajuden al creixement del tumor.
- L'extrem C-terminal prové del FLI1 i manté la funció d'unir-se a un ADN. La proteïna FLI1 (quan està sola) reconeix una seqüència central de nucleòtids ACCGGAAG, però quan està unida a l'EWSR1 s'uneix a les regions repetitives de GGAA. D'aquesta manera, si hi ha moltes regions de GGAA seguides, la proteïna EWS/FLI1 s'uneix de manera més forta i activa més gens que poden provocar tumors.⁵

Aquesta proteïna actua com a factor de transcripció (proteïna que s'uneix a seqüències específiques d'ADN per controlar la transcripció de la informació genètica d'ADN a ARNm⁶) i és capaç d'activar o reprimir l'expressió de diversos gens. Quan EWS/FLI1 s'uneix a les regions de GGAA pot activar gens com:

- GLI1: involucrat en la determinació del destí cel·lular i la proliferació⁷.

³ Anònim (any) *ARN polimerasa II*: Wikipedia. Consultat el 13/10/2025. [ARN polimerasa II - Wikipedia, la enciclopèdia lliure](#)

⁴ Anònim (any) *SWI/SNF*: Wikipedia. Consultat el 13/10/2025. [SWI/SNF - Wikipedia, la enciclopèdia lliure](#)

⁵ Anònim (any) *EWS/FLI*: Wikipedia. Consultat el 13/10/2025. [EWS/FLI - Wikipedia](#)

⁶ Anònim (any). *Factor de transcripció*: Wikipedia. Consultat el 14/10/2025. [Factor de transcripció - Wikipedia, la enciclopèdia lliure](#)

⁷ Anònim (any). *GLI1*: Wikipedia. Consultat el 14/10/2025. <https://es.wikipedia.org/wiki/GLI1>

- NRBOB1: regulació de divisió cel·lular i impediment de diferenciació.
- CCND1: estimula el pas de G1 a S del cicle cel·lular, que fa que creixi amb més rapidesa.⁸
- c-MYC: oncogen que pot estimular el desenvolupament del càncer. La seva funció normal és ajudar a que les cèl·lules creixin, es divideixin i produeixin proteïnes. En canvi, quan la proteïna EWS/FLI1 l'activa, potencia el seu funcionament i fa que les cèl·lules creixin continuament creant una massa per formar, finalment, un tumor⁹.

També pot reprimir gens que fan possible la maduració i especialització de les cèl·lules. A més, pot activar gens que mantenen a la cèl·lula immadura en un estat semblant al d'una cèl·lula mare (capacitat de dividir-se diverses vegades i facilitat d'adaptació), el que fa que puguin adaptar-se per créixer o invadir altres teixits (metàstasi). Alguns dels gens implicats en aquest procés són:

- SOX2: gen essencial al manteniment de l'autorenovació de cèl·lules mare embrionàries no diferenciades, és a dir, que la cèl·lula continuï dividint-se sense madurar. Quan la proteïna EWS/FLI1 activa el gen SOX2, les cèl·lules no maduren i es divideixen contínuament i impedeixen que les cèl·lules mesquins (aquelles que poden diferenciar-se en osteoblasts, condrocits o cèl·lules del múscul o el greix) puguin madurar i formar teixits, convertint-les en cèl·lules tumorals que creixen descontroladament^{10 11}.
- LOX: la lisil oxidasa és un enzim que ajuda a formar la matriu extracel·lular, que organitza les cèl·lules, dona suport als teixits conjuntius i ossis, i ajuda a la diferenciació cel·lular. Quan EWS/FLI1 reprimeix l'enzim LOX, la matriu extracel·lular no es pot formar de manera correcta i les cèl·lules no es diferencien correctament, quedant-se en un estat immadur. Aquestes

⁸ Anònim (any). *Cyclin D1*: Wikipedia. Consultat el 14/10/2025. [Ciclina D1 - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)

⁹ Anònim (any). *Myc*: Wikipedia. Consultat el 14/10/2025. <https://es.wikipedia.org/wiki/Mycc>

¹⁰ Anònim (any). *SOX2*: Wikipedia. Consultat el 14/10/2025. <https://es.wikipedia.org/wiki/SOX2>

¹¹ Riggi, N. [Nicolò], Suvà, M.L [Mario-Luca], De Vito, C. [Claudio], Provero, P. [Paolo], Stehle, J.C. [Jean-Christophe], Baumer, K. [Karine], Cironi, L. [Luisa], Janiszewska, M. [Michalina], Petricevic, T. [Tanja], Suvà, D. [Domizio], Tercier, S. [Stéphane], Joseph, J.M. [Jean-Marc], Guillo, L. [Louis], Stamenkovic, I. [Ivan] (2010). *EWS-FLI-1 modulates miRNA145 and SOX2 expression to initiate mesenchymal stem cell reprogramming toward Ewing sarcoma cancer stem cells*: National Library of Medicine. Consultat el 14/10/2025. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20382729/>

condicions de desordre i cèl·lules immadures afavoreixen el creixement ràpid i descontrolat del tumor ^{12 13}.

Característiques clíniques, incidència i supervivència

Aquesta malaltia sol aparèixer en nens i adolescents. Els llocs on és més probable que aparegui són les cames i la pelvis, i en els llocs on és menys probable són les parts toves¹⁴. Els símptomes d'aquesta malaltia són: febre, astenia (sensació d'esgotament físic i mental) i pèrdua de pes que pot acabar en anorexia. Això va acompanyat amb un embalum palpable i dolorós a l'os afectat (normalment ossos llargs), que es troba a una zona vermellosa i calenta¹⁵. Tot i que els osteosarcomes són poc comuns, i el sarcoma d'Ewing és dels més estranys, és el segon més freqüent en nens i adolescents, sent el seu grau d'incidència anual 2,93/1.000.000 d'habitants. Gràcies al progrés dels tractaments, la taxa de supervivència ha augmentat en els últims anys.¹⁶ Segons l'ACS: a 5 anys de ser diagnosticats per aquest sarcoma, el 62% sobreviu. Si està localitzat és del 82%. Si el tumor s'ha disseminat a una regió propera, la taxa de supervivència és del 67%. Si hi ha metàstasi és de 39%¹⁷.



Imatge 3. Sarcoma d'Ewing. Imatge extreta de Daniel Rebolledo (<https://www.danielrebolledo.com.br/blog/o-que-saber-sobre-o-tumor-de-ewing/>)

¹² Agra, N. [Noelia], Cidre, F. [Flores], García-García, L. [Laura], de la Parra, J. [Juan], Alonso, J. [Javier] (2013). *Lysyl oxidase is downregulated by the EWS/FLI1 oncoprotein and its propeptide domain displays tumor suppressor activities in Ewing sarcoma cells*: National Library of Medicine. Consultat el 14/10/2025. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23750284/>

¹³ Anònim (any). *Lysyl oxidase*: Wikipedia. Consultat el 14/10/2025. https://en.wikipedia.org/wiki/Lysyl_oxidase

¹⁴ Anònim (any) *Sarcoma de Ewing*: Mayo Clinic. Consultat el 10/3/2025. [Sarcoma de Ewing - Síntomas y causas - Mayo Clinic](#)

¹⁵ Anònim (any) *¿Qué es el sarcoma de Ewing?*. Redacción Médica. Consultat el 25/3/2025. [¿Qué es el sarcoma de Ewing? síntomas y supervivencia](#)

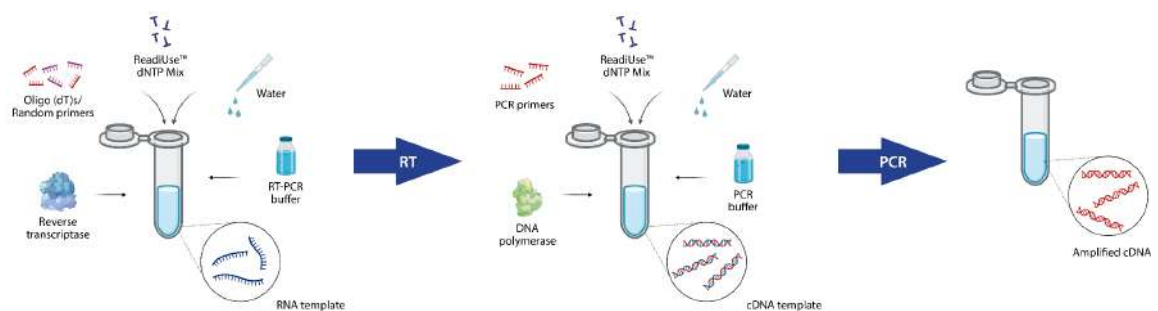
¹⁶ Anònim (any). *¿Qué es el sarcoma de Ewing?*. Contra el cáncer. Consultat el 27/3/2025. [Sarcoma de Ewing: ¿Qué es y cómo tratarlo? | Asociación Española Contra el Cáncer](#)

¹⁷ Jiménez S. [Sonia], Romero, M. [M^a Isabel], Montón, G. [Gema], García, M [Maria], González, P. [Patricia], Fernández, S. [Sara Pilar]. *Sarcoma de Ewing en niños y adolescentes*. Revista Sanitaria de Investigación. Consultat el 27/3/2025 [Sarcoma de Ewing en niños y adolescentes](#)

Detecció

Aquesta malaltia es pot detectar gràcies a diferents mètodes com són:

- **RT-PCR:** reacció en cadena de la polimerasa amb transcriptasa inversa. Aquesta tècnica es una variant de la PCR, que s'utilitza per generar una gran quantitat de còpies d'ADN, és a dir, fer una ampliació d'aquest àcid nucleic. En aquest procés, la transcriptasa inversa (enzim), retrotranscriu una cadena d'ARN o ARN en una d'ADN complementari i, finalment, mitjançant una PCR s'amplifica el resultat ¹⁸.

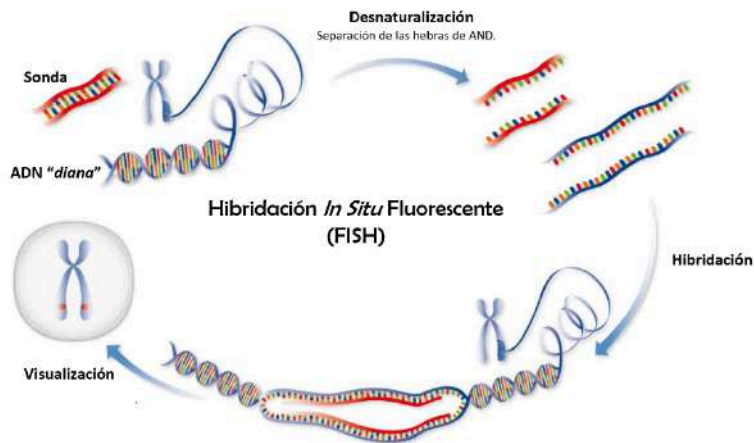


Imatge 4. RT-PCR. Imatge extreta de AAT Bioquest (<https://www.aatbio.com/catalog/reverse-transcription-pcr-rt-pcr>)

- **FISH:** hibridació in situ per fluorescència. En aquesta tècnica de tinció de cromosomes amb fluorocroms, els cromosomes específics adquireixen fluorescència, el que permet observar si hi ha absència de cromosomes, aneuploidies o cromosomes addicionals, entre d'altres. El primer pas d'aquest mètode és desnaturalitzar l'ADN, que servirà per separar la doble hèlix. Després, afegim la seqüència de cromosomes que coneixem a la mostra, que s'hibriden a seccions específiques i, posteriorment els nuclis es tenyeixen per obtenir una diferenciació clara ¹⁹.

¹⁸ Anònim (2024) *RT-PCR*. Wikipedia. Consultat el 23/3/2025. [RT-PCR - Wikipedia, la enciclopèdia lliure](#)

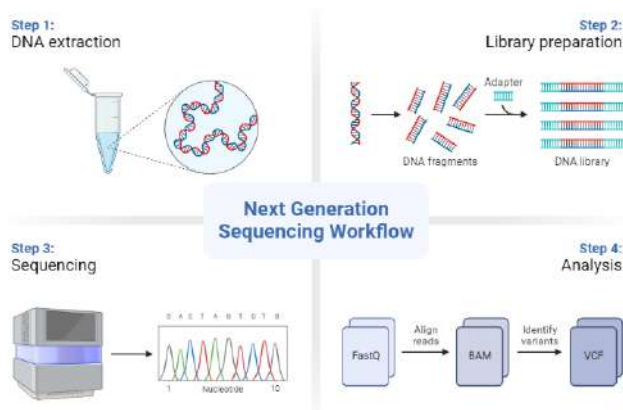
¹⁹ Anònim (2025) *Hibridació in situ per fluorescència*. Vikipèdia. Consultat el 24/3/2025. [Hibridació in situ per fluorescència - Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure](#)



Imatge 5. Tècnica FISH. Imatge extreta de Sora Front

(<https://salomequila.blogspot.com/2022/07/tecnica-de-hibridacion-fish-para-la.html>)

- **NGS:** seqüència de nova generació. És una col·lecció de tecnologies que permeten identificar variacions i mutacions genètiques mitjançant la seqüenciació de milions de fragments d'ADN o ARN de forma paral·lela, el que permet analitzar genomes complets. Aquest mètode permet determinar l'ordre de nucleòtids en molècules d'àcids nucleics^{20 21}.



Imatge 6. Tècnica NGS.

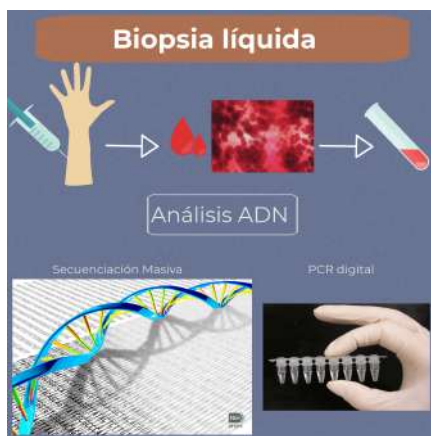
Imatge extreta de Sciencevid

(<https://sciencevid.com/next-generation-sequencing-ngs/>)

²⁰ Anònim (2024) *Next Generation Sequencing (NGS) en la pràctica clínica*. Clialab Diagnostics. Consultat el 24/3/2025 [Next Generation Sequencing \(NGS\) en la pràctica clínica](#)

²¹ IDT (2025) *Next-generation Sequencing in Cancer Research: Tools, Techniques, and Tailored Solutions*. BiteSizeBio. Consultat el 24/3/2025 [Tools for Next-generation Sequencing in Cancer Research](#)

- **Biòpsia líquida:** tècnica on s'extreu sang o altre líquid del cos del pacient per trobar àcids nucleics extracel·lulars circulants, ADN tumoral i cèl·lules tumorals circulants per conèixer algunes de les característiques moleculars d'alguns tipus de tumors malignes. Aquest procediment té la capacitat de detectar fragments del tumor que es desprenen i viatgen per la sang, fent que el tumor pugui esdevenir en metastàtic. També permet identificar mutacions que normalment es troben en teixits, fent que s'evitin tècniques invasives com ho seria la biòpsia normal ²².



Imatge 7. Biòpsia líquida. Imatge extreta de LaTICnologia
(<https://laticnologia.wordpress.com/tag/biopsia-liquida>)

El seguiment que es fa per detectar-la normalment comença fent una radiografia a la zona afectada. Posteriorment, si s'observa un tumor ossi es realitza una ressonància magnètica on es veu el creixement de la massa òssia i determinar si es necessitarà una biòpsia. Quan ja està confirmat el diagnòstic, es fan una sèrie de proves per observar si el càncer ha fet metàstasi (succeeix en un 20-30% dels casos). Aquestes proves són tals com TAC, gammagrafia òssia, biòpsia i aspiració de medul·la òssia, i TEP ²³.

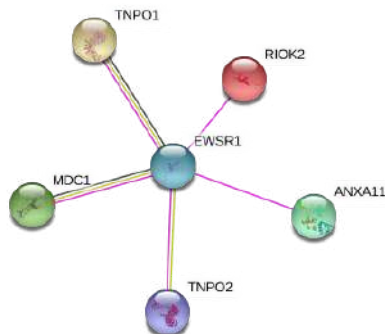
EWSR1

L'EWSR1 és una proteïna que es troba al nucli de les cèl·lules. Aquesta proteïna s'uneix a l'ARN i ajuda a controlar la manera en la qual es transcriuen els gens,

²² Mateu, R. [Roser] (2024). *¿Qué es y cómo se realiza una biopsia líquida?*. Blog Salud MAPFRE. Consultat el 25/3/2025. [¿Qué es y cómo se realiza una biopsia líquida? - Blogs MAPFRE](#)

²³ Oncolink Team (2020). *Todo sobre el sarcoma de Ewing pediátrico*. Oncolink. Consultat el 1/4/2025 [Todo sobre el sarcoma de Ewing pediátrico | OncoLink](#)

també repara ADN i realitza la diferenciació cel·lular. La mutació d'aquesta proteïna (reproducció massiva) pot alterar la regulació gènica i fer créixer al tumor.²⁴



Imatge 8. Proteïna EWSR1. Imatge extreta de

https://en.raptorsupplies.nl/c/parts/edwards-signaling?acc_typ=rp_nl_en&campaign_id=533001410&

A l'any 2020, els investigadors de l'Institut de recerca de Sant Joan de Déu van descobrir que el gen RING1B ²⁵ també juga un paper molt important en el desenvolupament del sarcoma d'Ewing. Els gens RING1B i EWSR1-FLI1 es troben a la mateixa regió del genoma, i és allà on el gen RING1B incentiva l'acció del EWSR1-FLI1 i fan que el tumor creixi amb més intensitat ²⁶.

La proteïna EWS té un paper de coactivador transcripcional, és a dir, una proteïna que incrementa l'acció gènica mitjançant la seva unió a un activador o un factor de transcripció que conté un domini d'unió a ADN, però no s'uneix directament a aquest ADN²⁷. Aquesta acció la fa mitjançant la seva interacció amb diferents factors de transcripció. Aquestes proteïnes sí que s'uneixen a l'ADN i regulen la seva transcripció²⁸. Els factors de transcripció són responsables de controlar quan, on i

²⁴ Benet, R. (2023). *EWSR1: la proteïna de unió al ARN EWSR1* : Salud y Belleza. Consultat el 10/3/2025. [EWSR1: la proteïna de unió al ARN EWSR1 – Salud y Belleza](#)

²⁵ Sánchez-Molina, S. [Sara], Figuerola-Bou, E. [Elisabet], Blanco, E. [Enrique], Sánchez-Jiménez, M. [María], Táboas, P. [Pablo], Gómez, S. [Soledad], Ballaré, C. [Cecilia], García-Domínguez, D.J [Daniel], Prada, E. [Estela], Hontecillas-Prieto, L. [Lourdes], Carcaboso, Á.M. [Ángel], Tirado, Ó.M. [Óscar], Hernández-Muñoz, I. [Inmaculada], De Álava, E. [Enrique], Lavarino, C. [Cinzia], Di Croce, L. [Luciano], Mora, J. [Jaume] (2020). *RING1B recruits EWSR1-FLI1 and cooperates in the remodeling of chromatin necessary for Ewing sarcoma tumorigenesis*: ScienceAdvances. Consultat el 18/3/2025. <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aba3058>

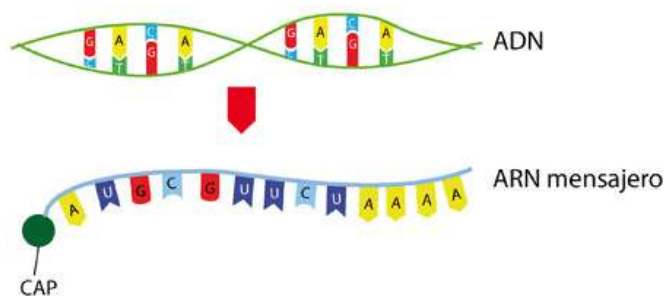
²⁶ Anònim (2020) *Descubren un gen crucial para el desarrollo del sarcoma de Ewing*. La Vanguardia. Consultat el 18/3/2025 [Descubren un gen crucial para el desarrollo del sarcoma de Ewing](#)

²⁷ Anònim (2024). *Coactivador*. Wikipedia. Consultat el 27/3/2025. [Coactivador - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)

²⁸ Yu L, Davis IJ, Liu P. (2023). *Regulation of EWSR1-FLI1 Function by Post-Transcriptional and Post-Translational Modifications*. National Library of Medicine PubMed Central. Consultat el 27/3/2025. [Regulation of EWSR1-FLI1 Function by Post-Transcriptional and Post-Translational Modifications - PubMed](#)

amb quina quantitat s'expressen els gens. S'uneixen a elements reguladors (seqüències específiques d'ADN) per inhibir o facilitar la transcripció²⁹. Quan la proteïna EWS s'ajunta amb la CREB1 es potencia l'activació de gens involucrats en proliferació i divisió cel·lular, influint en la invasió i progressió del sarcoma d'Ewing; encara que no sempre es troba una relació directa entre aquestes dues proteïnes i el sarcoma³⁰.

L'ARN missatger és una molècula que s'encarrega de transferir el codi genètic provinent de l'ADN nuclear i que determina l'ordre en que els aminoàcids s'uneixen a una proteïna. Aquesta seqüència determina què forma i funció té la proteïna creada³¹. Aquest ARN es crea durant la transcripció, on l'enzim ARN polimerasa converteix el gen que s'ha de copiar en pre-ARNm. El pre-ARNm conté encara introns, que són regions que no són codificades, ja que no guarden informació necessària per fabricar la proteïna i per això s'eliminen quan s'entoca l'ARN, on només queden els exons, que constituirà l'ARNm madur. Posteriorment, el ribosoma llegeix l'ARNm madur i crea la proteïna amb ajuda dels aminoàcids transportats per l'ARNt (traducció). Aquest procés s'anomena splicing alternatiu³².



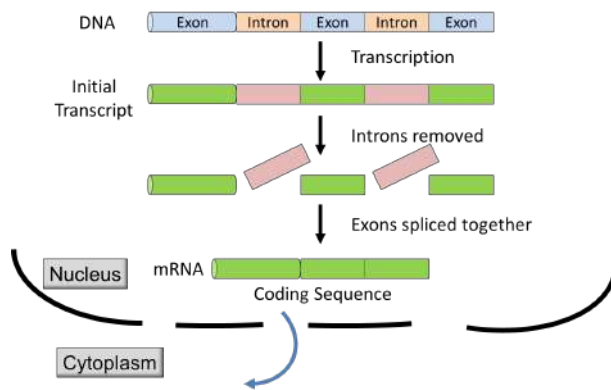
Imatge 9. ADN i ARNm. Imatge extreta de Biologia 2 (https://biologia2tercerobachillerato.blogspot.com/2015/09/am_5.html)

²⁹ Izquierdo, A [Axel] (2024). UNICLANET. Consultat el 27/3/2025. [7764520241129215243.pdf](https://uniclanet.com/7764520241129215243.pdf)

³⁰ Anònim (2025). *Paso adelante en la comprensión del sarcoma de Ewing*. IDIBELL. Consultat el 27/3/2025. [Paso adelante en la comprensión del sarcoma de Ewing – IDIBELL](https://idibell.cat/la-comprensi%C3%B3-del-sarcoma-de-ewing/)

³¹ Anònim (2024). *ARN mensajero*. Wikipedia. Consultat el 7/4/2025. [ARN mensajero - Wikipedia, la enciclopedia libre](https://es.wikipedia.org/wiki/ARN_mensajero)

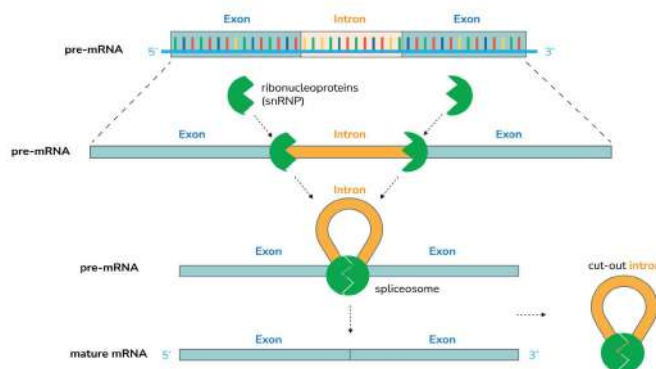
³² Academia Lab. (2025). *ARN mensajero*. Academia Lab. Enciclopedia. Consultat el 7/4/2025. [ARN mensajero AcademiaLab](https://academialab.com/arn-mensajero/)



Imatge 10. Introns i exons. Imatge extreta de Printable Template Download ([Printable Template Download - Printable Templates Free](#))

En una persona sana, la proteïna EWS té un paper molt important en processos de regulació gènica i diversitat en la creació de proteïnes.

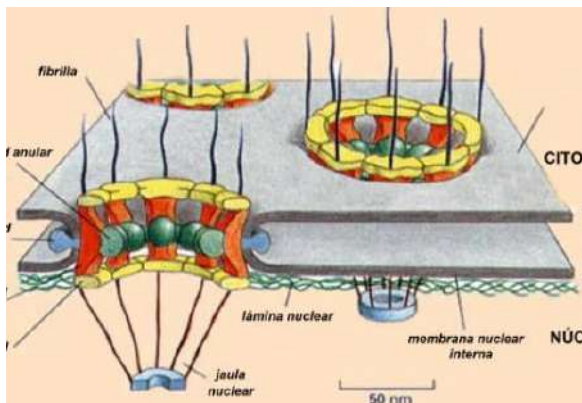
En el procés de splicing, aquesta proteïna retalla les parts que no codifiquen les parts importants del pre-ARNm. A més, funciona com a creador de noves proteïnes, intercanviant fragments per finalment obtenir diversitat proteica de proteïnes amb la mateixa base. Aquest procés pot originar mutacions al eliminar parts, afegir o col·locar-les erròniament, com succeeix al Sarcoma de Ewing, on la proteïna EWS del cromosoma 22 s'afegeix al gen FLI1 del cromosoma 11 i crea una cèl·lula cancerosa.



Imatge 11. Splicing ARN. Imatge extreta de Vecteezy (<https://www.vecteezy.com/vector-art/9890933-biological-diagram-present-process-of-rna-splicing-for-remove-intron-non-coding-region-out-from-mrna-after-dna-transcription-process>)

També actua com a regulador de l'exportació d'ARNm cap al citoplasma, on els ribosomes són els encarregats de la síntesi proteica ³³. Altres funcions d'aquesta proteïna són:

- Interacció amb exportadors nuclears: la proteïna EWS s'uneix al ARNm després de realitzar l'splicing i facilita l'arribada de Tap-p15, una proteïna que serveix com a transportador d'ARNm i que s'enganxa als porus del nucli per poder sortir cap a l'exterior d'aquest^{34 35}.



Imatge 12. Porus del nucli. Imatge extreta de Monica Soponaru (<https://monicasoponaru.blogspot.com/2011/10/nucleo-celular.html>)

- Retenció nuclear d'ARN específics: en una persona sana, la proteïna EWS s'uneix a gens com CFL1, cosa que impedeix que l'ARN surti del nucli. La proteïna que crea el gen CFL1 s'anomena cofilina-1 i la seva funció és el moviment cel·lular, per tant si la proteïna EWS s'uneix al CFL1 la mobilitat es veu reduïda i no es produeix metàstasi. En el cas del Sarcoma de Ewing, l'EWS s'uneix al gen FLI1, i aquesta unió no és capaç de retenir l'ARN al nucli, afavorint la metàstasi de les cèl·lules canceroses³⁶.
- Finalment, també ajuda amb el transport de l'ARN:
L'estudi "*A multifunctional protein EWS regulates the expression of Drosha and microRNAs*" ha demostrat que el gen EWS regula l'expressió de Drosha,

³³ Anònim (2024) *ARN mensajero*. Wikipedia. Consultat el 25/4/2025 [ARN mensajero - Wikipedia, la enciclopedia libre](https://es.wikipedia.org/wiki/ARN_mensajero)

³⁴ Suyama, M [Mikita], Doerks, T [Tobias], Braun, I [Isabelle], Sattler, M [Michael], Izaurralde, E [Elisa], Bork, P [Peer] (2000) PubMed Central National Library of Medicine. Consultat el 28/4/2025 <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1083685/>

³⁵ Katahira, J [Jun] *Nuclear Export of Messenger RNA*. PubMed Central National Library of Medicine. Consultat el 25/4/2025 [Nuclear Export of Messenger RNA - PMC](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1083685/)

³⁶ Huang, L; Kuwahara, I; Matsumoto, K (2013) *EWS represses cofilin 1 expression by inducing nuclear retention of cofilin 1 mRNA* Oncogene. Consultat el 28/4/2025. <https://www.nature.com/articles/onc2013255>

l'enzim que inicia el procés del processament de microARN ³⁷, i de microARNs, molècules d'ARN transcrits a partir de gens d'ADN però que no són traduïdes a proteïnes.

Tractament

El sarcoma de Ewing pot ser tractat de diferents maneres, sent les més efectives la quimioteràpia i la cirurgia, encara que tenim altres com la radioteràpia i teràpia dirigida³⁸:

- **Quimioteràpia:** funciona per detenir o disminuir la velocitat del creixement de les cèl·lules cancerígenes. Es pot utilitzar per tractar el càncer o per fer més lleugers els seus símptomes. Aquest tractament es pot combinar amb altres per ésser més efectiu, i això pot fer que el tumor disminueixi de tamany abans de fer radioteràpia o cirurgia (radioteràpia neoadjuvant), destruir les cèl·lules canceroses que queden després de la cirurgia o radioteràpia (quimioteràpia adjuvant), ajudar a l'eficàcia d'altres tractaments i destruir cèl·lules que hagin fet metàstasi. Hi ha diferents maneres d'administrar-la, algunes són: oral, intravenosa, per catèter, injecció i intraarterial.³⁹



Imatge 13. Quimioteràpia. Imatge extreta de Sin Càncer.com

(<https://www.sin-cancer.com/que-es-la-quimioterapia-dr-julio-ramirez-oncologo.html>)

³⁷ Anònim (2024) *Drosha*. Wikipedia. Consultat el 6/5/2025 [Drosha - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)

³⁸ Personal de Mayo Clinic (2024) *Sarcoma de Ewing*. Mayo Clinic. Consultat el 26/3/2025. [Sarcoma de Ewing - Diagnóstico y tratamiento - Mayo Clinic](#)

³⁹ Anònim (2024) *Quimioterapia para tratar el cáncer*. Instituto Nacional del Cáncer. Consultat el 26/3/2025 [Quimioterapia para tratar el cáncer](#)

- **Cirurgia:** aquest mètode intenta extirpar per complet les cèl·lules cancerígenes. Normalment s'extreu una petita part de l'ós i teixit que l'envolta, però en altres casos pot arribar a la amputació de l'extremitat afectada. Trobem diferents tipus de cirurgies:

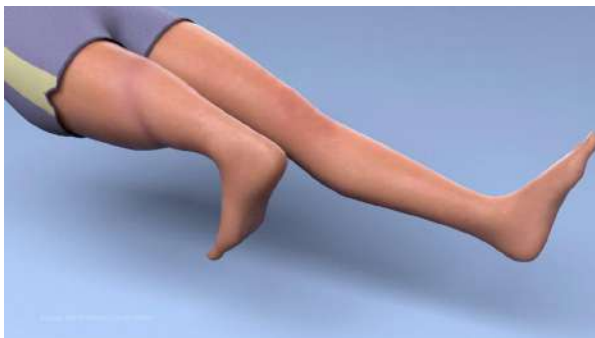
-**Amputació:** s'extreu una extremitat.

-**Teràpia de rescat d'extremitats per al sarcoma d'Ewing localitzat:** mitjançant un tall, s'elimina el càncer i part del teixit sa per assegurar-se.

-**Cirurgia per al sarcoma d'Ewing metastàtic o recurrent:** quan el càncer s'estén pel cos (metàstasi) o retorna als pulmons (lloc de metàstasi comú) s'ha d'extirpar part dels pulmons.

-**Cirurgia reconstructiva:** s'inserten empelts de pell i implants prostètics després de la cirurgia per treure el sarcoma d'Ewing.

-**Rotoplastia:** en pacients amb sarcoma d'Ewing a la tibia o fémur. Condueix a l'amputació. Aquesta cirurgia consisteix en girar la cama 180° per unir-la una altra vegada a la cuixa, convertint el turmell en un genoll.



Imatge 14. Rotoplastia. Imatge extreta de FinoFilipino

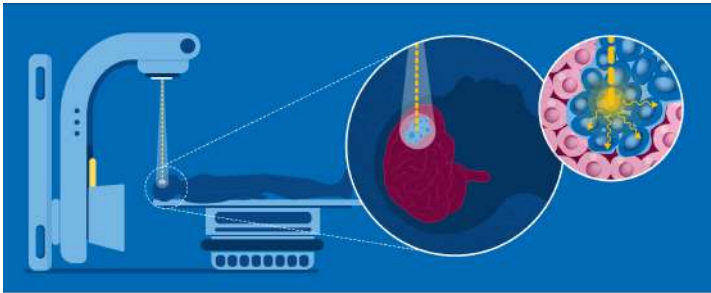
<https://finofilipino.org/que-es-una-rotoplastia/>

- **Radioteràpia:** s'utilitzen raigs d'alta energia per destruir cèl·lules cancerígenes.⁴⁰ Aquestes cèl·lules deixen de dividir-se o moren directament per, després ser rebutjades pel cos. La radioteràpia no actua immediatament, sinó que es requereixen dies o setmanes de tractament abans de que l'ADN estigui danyat prou perquè morin les cèl·lules cancerígenes. Després,

⁴⁰ Anònim (2025). *Radioteràpia*. Oncohealth Institute. Consultat el 26/3/2025. [Radioteràpia | Oncohealth Institute](#)

continuen morint-se setmanes o mesos després d'acabar el tractament. Hi ha dos tipus de radioteràpia:

-Radioteràpia de feix extern: els raigs provenen d'una màquina que els enfoca cap al càncer. La màquina es mou al voltant del pacient i envia la radiació al tumor des de diferents direccions. Aquest és un tractament de tipus local, és a dir, només s'administra a una part específica del cos.



Imatge 15. Radioteràpia de feix extern. Imatge extreta de IAEA
(<https://www.iaea.org/es/newscenter/news/que-es-la-radioterapia>)

-Radioteràpia interna: la radiació pot ser líquida o sòlida i s'inserta al cos. Si és sòlida s'anomena braquiteràpia, on es col·loquen unes càpsules que contenen una font de radiació mitjançant un catèter o un aplicador⁴¹ a prop de la part afectada o dins del cos. Quan la radiació és líquida s'anomena teràpia sistèmica. El tractament es porta des de la sang fins als teixits de tot el cos, on localitza les cèl·lules canceroses i les destrueix. Es pot administrar per via oral, injecció, per una vena o via intravenosa ⁴².

- Teràpia dirigida: tractament que actua sobre les proteïnes que controlen la forma en que les cèl·lules cancerígenes es multipliquen, divideixen i disseminen. Per la majoria de teràpies dirigides es poden utilitzar anticossos mononuclears (proteïnes elaborades al laboratori) o medicaments micromoleculars. Aquest mètode és personalitzat segons el pacient⁴³. En el següent apartat es desenvolupa amb més profunditat.

⁴¹ INC (2019) *Braquiteràpia para tratar el cáncer*. Instituto Nacional del Cáncer. Consultat el 26/3/2025. [Braquiteràpia para el cáncer](#)

⁴² INC (2019) *Radioteràpia para tratar el cáncer*. Instituto Nacional del Cáncer. Consultat el 26/3/2025. [Braquiteràpia para el cáncer](#)

⁴³ INC (2022) *Teràpia dirigida para tratar el cáncer*. Instituto Nacional del Cáncer. Consultat el 26/3/2025. [Teràpia dirigida para tratar el cáncer](#)

Teràpies dirigides

Els avenços biomèdics han generat un nou panorama terapèutic pel sarcoma d'Ewing més enllà de les teràpies convencionals com la quimioteràpia. Aquestes són les teràpies dirigides i enfoc immunològics que poden millorar la tasa de supervivència i qualitat de vida dels pacients. Existeixen:

- Inhibidors moleculars:
 - Inhibidors d'IGF1R: l'IGF1R és un receptor que quan s'activa, envia senyals dins la cèl·lula per estimular el creixement d'aquesta i evitar l'apoptosi. Els inhibidors d'aquest receptor aturen els senyals que mantenen viu aquest tumor. Tot i que no s'utilitzen com a tractament estàndard, s'han fet estudis amb ells i es consideren prometedors .
 - Inhibidors CDK4 i CDK6: aquests inhibidors aturen el cicle cel·lular a la fase G1, impedit que passi a la fase S (on copia el seu ADN). Això fa que no hi hagi proliferació i que les cèl·lules tumorals quedin inactives o mortes. Aquesta teràpia s'utilitza en altres càncers i s'està adaptant al sarcoma d'Ewing.⁴⁴
- Immunoteràpia: CAR-T: són un tipus d'immunoteràpia que s'utilitza en el tractament de càncers. Per realitzar-la, s'ha de retirar de la sang del pacient molts milions de limfòcits T, manipular-los genèticament i replicar-los al laboratori per, després, tornar-los al pacient mitjançant una infusió en vena. Aquests limfòcits T són modificats per millorar la seva capacitat de reconèixer i destruir les cèl·lules tumorals⁴⁵.

Amputació en pacients amb sarcoma d'Ewing:

No hi han dades exactes de la freqüència d'amputació de pacients amb sarcoma d'Ewing al nostre país, però globalment s'estima que de tots els pacients que el pateixen, una mica menys del 15% necessiten una amputació d'extremitat. Sabent que anualment es detecten 30/40 casos a Espanya de Sarcoma d'Ewing, podem

⁴⁴ Guenther, L.M. [Lilian], Dharia, N.V. [Neekesh], Ross, L. [Linda], Conway, A. [Amy], Robichaud, A.L. [Amanda], Catlett, J.L. [Jerrell], Wechsler, C.S. [Caroline], Frank, E.S. [Elizabeth], Goodale, A. [Amy], Church, A.J. [Alanna], Tseng, Y. [Yuen-Yi], Guha, R. [Rajarshi], McKnight, C.G. [Crystal], Janeway, K.A. [Katherine], Boehm, J.S. [Jesse], Mora, J. [Jaume], Davis, M.I. [Mindy], Alexe, G. [Gabriela], Piccioni, F. [Federica], Stegmaier, K. [Kimberly] (2019). *A Combination CDK4/6 and IGF1R Inhibitor Strategy for Ewing Sarcoma*: Clinical Cancer Research. Consultat el 14/10/2025.

<https://aacrjournals.org/clincancerres/article/25/4/1343/9778/A-Combination-CDK4-6-and-IGF1R-Inhibitor-Strategy>

⁴⁵ Anònim (any). *Terapia de linfocitos T con CAR*: Wikipedia. Consultat el 14/10/2025.

https://es.wikipedia.org/wiki/Terapia_de_linfocitos_T_con_CAR

calcular que existeixen uns 5 casos que requereixen aquesta cirurgia ($0,15 \times 35 = 5,25$).^{46 47 48}

Les pròtesis d'extremitats són subvencionades per l'Estat al 100% si és un cas d'agenesia (un nen nascut sense alguna extremitat) o si l'ha perdut en un atemptat terrorista. En cas de que hi hagi hagut un accident de tràfic la mutua és la que la paga. Però quan parlem d'amputació per cirurgia òssia, el pacient ha de fer-se càrrec del cost de la pròtesi que sigui feta a mesura i amb materials més "complexos" que la fusta. El Ministeri de Sanitat proporciona a les famílies un catàleg de pròtesis fetes de fusta de l'any 2002 amb poques actualitzacions. Es calcula que les pròtesis transtibials costen 7.000 €, però els nens creixen d'una manera molt ràpida i això fa que aquestes s'hagin de canviar dos cops a l'any. El Sarcoma d'Ewing pot aparèixer a partir dels 5 anys aproximadament i les persones deixen de créixer als 21 anys. Si un infant que ha sigut víctima d'aquesta malaltia i amputació amb 5 anys ha de comprar-se dues pròtesis a l'any durant 16 anys és un cost aproximat de 224.000€. Si aquesta família no compta amb ajuda econòmica, és molt difícil que les pugui obtenir.⁴⁹

Pròtesis

Les pròtesis antigues estaven fetes de materials metàl·lics com el bronze i el ferro, a més de les pròtesis de fusta. Amb els avenços tecnològics, les noves són fetes amb metalls més lleugers com el titani i l'alumini o plàstic. Les més modernes funcionen mitjançant cables, que funcionen com músculs i provoquen el moviment d'aquestes, encara que d'altres funcionen mitjançant motors. El moviment de la pròtesi es realitza a través de senyals elèctrics produïts pel cervell, tot i que altres es controlen amb botons o sensors. Aquest progrés té un preu molt elevat i per això una gran

⁴⁶ INC (any) *Sarcoma de Ewing*. St. Jude Children's Research Hospital. Consultat el 28/5/2025. [Sarcoma de Ewing - St. Jude Children's Research Hospital](#)

⁴⁷ INC (any) *Sarcoma de Ewing*: Mayo Clinic. Consultat el 28/5/2025. [Sarcoma de Ewing - Síntomas y causas - Mayo Clinic](#)

⁴⁸ INC (2024) *El ISCIII refuerza su investigación en cáncer infantil raro con un proyecto de terapias avanzadas en Sarcoma de Ewing*. FEDER. Consultat el 28/5/2025. [El ISCIII refuerza su investigación en cáncer infantil raro con un proyecto de terapias avanzadas en sarcoma de Ewing | FEDER](#)

⁴⁹ Rubio, T [Teresa] (2020). *Sanidad subvenciona prótesis de madera para niños amputados por cáncer*. SER. Consultat el 28/5/2025. [Sanidad subvenciona prótesis de madera para niños amputados por cáncer | Sociedad | Actualidad | Cadena SER](#)

part de la població que necessita les pròtesis no se les pot permetre i han d'optar per les de fusta del Ministeri de Sanitat.⁵⁰



Imatge 16. Evolució de les pròtesis de cama. Imatge extreta de Factoria Cultural ([El futuro de la medicina: el desarrollo de prótesis avanzadas](#))

Una altra bona opció de pròtesis són les que estan fetes de fibra de carboni. Aquestes ofereixen una alta resistència i són característiques per la seva lleugeresa, a més de que aquest material és resistent a la corrosió, la humitat i els raigs UV, elements que fan que sigui una de les opcions més escollides. Les pròtesis de fibra de carboni estan dissenyades per imitar els moviments de l'extremitat que falta, i per aquesta raó té un impacte positiu en la salut mental del pacient, ja que el període d'adaptació és molt més senzill que amb les pròtesis més pesades i difícils de moure. Si el pacient ha perdut la cama, el preu pot ser d'uns 60.000€, preu que no es poden permetre totes les famílies. La cama prostètica consta d'un peu d'alineació de carboni amb acumulació d'energia (2.500€), un genoll amb microprocessador que funciona de la mateixa manera que una anatòmica (24.000-45.000€) a més de l'encaix on es posa el monyó (4.000-5.000€).^{51 52}

⁵⁰ Mc Graw Hill (any) *Avances en la tecnología de prótesis*. Impact News en Español. Consultat el 2/6/2025. [Avances en la tecnología de prótesis](#)

⁵¹ Anònim (2023). *¿Qué debe saber sobre las prótesis fabricadas con fibra de carbono?*. TASUNS. Consultat el 2/6/2025. [¿Qué debe saber sobre las prótesis fabricadas con fibra de carbono? - Noticias de fibra de carbono - Noticias](#)

⁵² Lérda, A [Amalia F.] (2019). *Una prótesis completa de una pierna puede costar hasta 60.000 euros*. ABC. Consultat el 2/6/2025. [Una prótesis completa de una pierna puede costar hasta 60.000 euros](#)



Imatge 17. Pròtesi de fibra de carboni. Imatge extreta de 3D natives

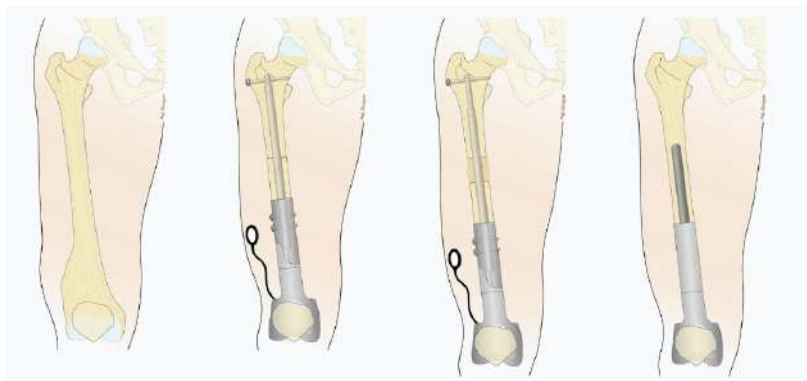
[\(3D Hubs helps Fillauer Composites create carbon-fiber prosthetic feet - 3Dnatives\)](#)

BioXpand:

Els desavantatges de les pròtesis van fer que es busqués una altra alternativa. El centre ZEM-Germany va desenvolupar una pròtesi biològica anomenada “BioXpand”, feta amb el propòsit de completar el creixement de la cama en cas d’amputació. L’invent substitueix l’articulació del pacient i allarga l’ós restant amb la distracció del callus. Durant l’extirpació del tumor també s’ha d’extreure os, cartílag i de vegades l’articulacions completes, això pot ocasionar un defecte ossi que, preferiblement, s’arregla de manera biològica. Depenent del procediment, normalment les dues cames tenen la mateixa longitud després de l’operació d’extirpació, però en el cas de que s’hagués extirpat també el cartílag del creixement o de l’edat del pacient quan s’ha d’operar, una de les cames seria més llarga que l’altra, ocasionant un problema.

BioXpand és una endopròtesi tumoral extensible, que compta amb un clau que allarga la pròtesi per imitar el creixement de l’os de la cama de l’infant. Es va crear amb l’objectiu d’ajudar als pacients adolescents a partir dels 12 anys, on s’espera una diferència de mida de la cama de 3-4 cm de longitud. Un dels avantatges d’aquesta pròtesi és que no només allarga la pròtesi, sinó que també permet crear ós nou a partir de l’os restant de l’operació.

El primer pas per instal·lar el BioXpand és col·locar la pròtesi anclada amb un plançó pulit. Posteriorment, s'ha d'esperar a que les cames del pacient tinguin una diferència d'uns 3 o 4 cm. Quan s'aconsegueixi aquesta diferència es pot col·locar el BioXpand I, que necessita una cirurgia amb gran exposició quirúrgica per poder canviar el plançó pulit per un clau de distracció FITBONE, element que s'encarrega d'allargar, i per canviar-ho per un plançó definitiu quan el nen finalitzi el seu creixement. Això significa que cada vegada que s'hagi de fer ajustos pel creixement del pacient, s'ha d'obrir més la zona, el que provoca un major risc d'infecció o altres complicacions. Per aquesta raó es va crear el BioXpand II, el qual requereix un accés quirúrgic mínim, degut a que aquests processos de substitució es realitzen des del costat oposat de l'os a la pròtesi a partir d'una petita incisió a la pell. L'únic inconvenient del BioXpand II és que només està disponible pel seu ús al fèmur i no a altres parts del cos ⁵³.



Imatge 18. Funcionament del BioXpand. Imatge extreta de ZEM-Germany ([Prótesis de crecimiento | ZEM-Germany](#))

Pròtesi expansiva:

A l'any 2008 es va implantar la primera pròtesi de creixement de la Comunitat Valenciana a l'hospital Sant Joan de Déu, a Barcelona. Es va realitzar a un pacient de onze anys que patia d'un tumor maligne al fèmur que afectava a una part del genoll per on creix l'os i que s'articula amb la tíbia.

A l'operació per extirpar el tumor es van extreure 18 cm d'os, a més de músculs afectats. Per oferir al pacient moviment, van col·locar una pròtesi expansiva. La cama afectada s'allarga amb ajuda d'una bobina circular que genera un camp magnètic rotatori que gira un altre imant que es troba a l'interior del genoll. Una caixa

⁵³ Anònim (any). *Prótesis de crecimiento*. ZEM-Germany. Consultat el 1/8/2025. [Prótesis de crecimiento | ZEM-Germany](#)

de canvis aconseguix transformar el moviment rotatori en un moviment longitudinal, que és el que allarga la cama. El procés de creixement és progressiu, cada minut creix 0,23 mm per minut, el que fa que sigui indolor. Un dels avantatges d'aquesta pròtesi és que una vegada es realitza l'operació, no es requereixen més intervencions quirúrgiques⁵⁴.

⁵⁴ EFE (2008). *El Hospital de Sant Joan implanta la primera «prótesis de crecimiento» de la Comunitat Valenciana*. INFORMACIÓN. Consultat el 1/8/2025. [El Hospital de Sant Joan implanta la primera «prótesis de crecimiento» de la Comunitat Valenciana](#)

Part Pràctica

Per la part pràctica del treball, el meu objectiu és crear un model de pròtesi que sigui capaç de créixer en comptes de comprar dues de noves cada any. Per aconseguir això, el primer que faré serà un dibuix de les peces que vull crear, i després, utilitzaré un programa de disseny 3D per dissenyar-les. Posteriorment, un traumatòleg les hauria de revisar per saber si són viables o no, i si ho són, l'últim pas que m'agradaria fer seria imprimir-les.

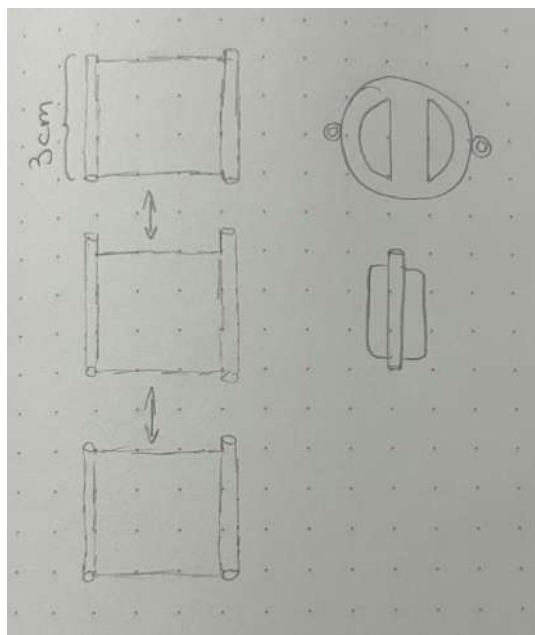
La idea d'haver de comprar dues pròtesis cada any durant la infantesa i l'adolescència del pacient fins que acabi de créixer em va fer reflexionar, ja que no totes les famílies es podien permetre aquesta quantitat de diners, i és per això que va aparèixer el pensament de que, amb una sola pròtesi, el pacient pogués aguantar anys.

Per aconseguir l'ús d'una sola pròtesi, aquesta hauria de créixer a la vegada que el pacient. Aquest pensament em va portar a les peces de LEGO, les quals es poden apilar per fer una torre cada vegada més alta. D'aquesta manera, si es pogués crear una pròtesi amb el mateix funcionament, el pacient podria estalviar-se una gran quantitat de diners, degut a que només compraria les peces a mesura de que creixés. Per fer que la pròtesi fos més estable, les peces haurien de tenir un mecanisme per assegurar que no es moguessin i la pròtesi es pogués desmuntar. Amb aquestes dades vaig aconseguir dos mecanismes diferents que podrien aconseguir el meu objectiu.

El primer mecanisme era a base de bastons que s'encaixaven entre ells. Aquest prototip seria fàcil de dissenyar i crear, però potser no seria el més còmode pel pacient, ja que no hi hauria un grau de mobilitat molt gran.

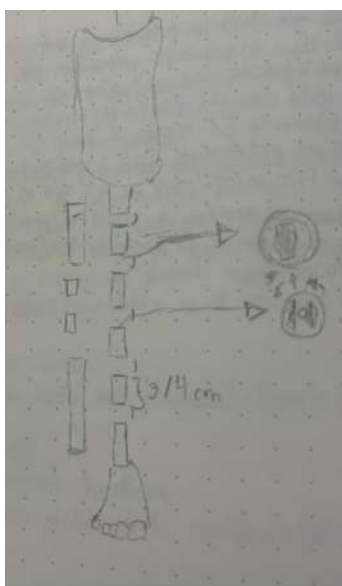


Imatge 19. Disseny 1 de la pròtesi. Font: pròpia

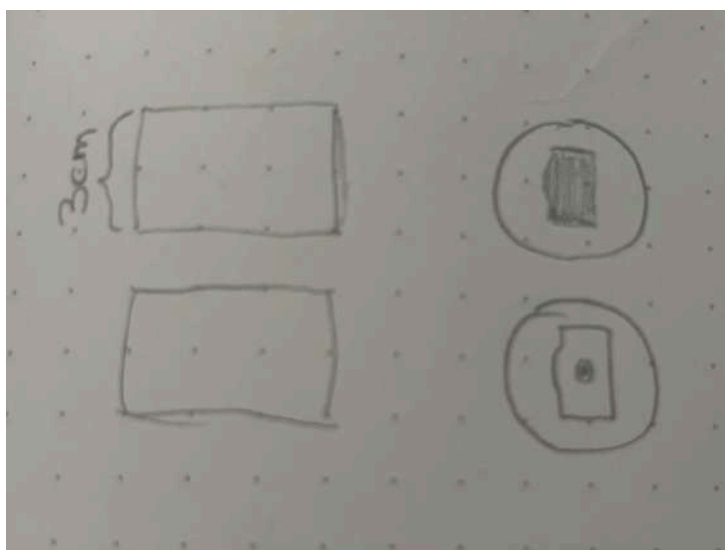


Imatge 20. Peces del disseny 1. Font: pròpia

Per fer el segon mecanisme em vaig basar en uns talons que són intercanviables. El seu funcionament es basa en que el taló és una peça giratòria que s'engança a la resta de la sabata, no es mou i és fàcil de fer servir. L'únic desavantatge d'aquest mecanisme és que és més difícil de dissenyar que l'altre, ja que ha d'encaixar perfectament per assegurar el seu bon ús.

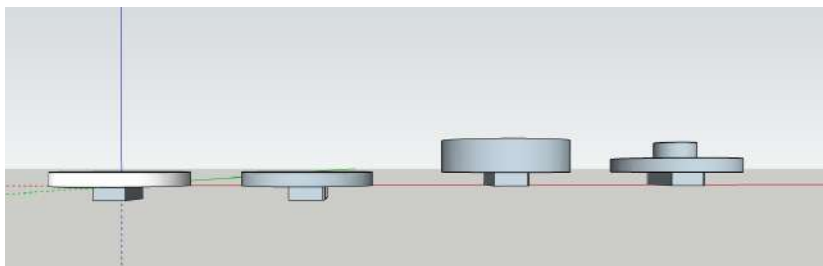


Imatge 21. Disseny 2 de la pròtesi.
Font: pròpia

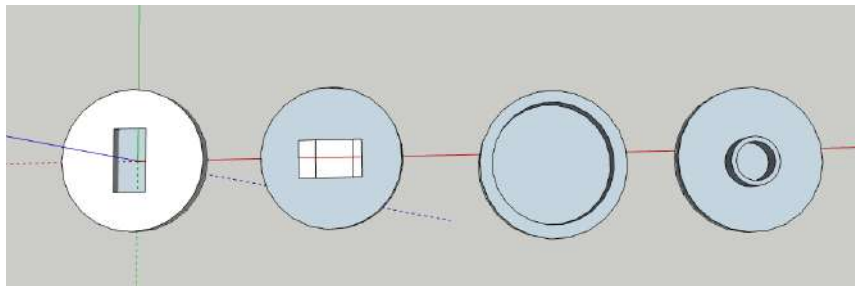


Imatge 22. Peces del disseny 2. Font: pròpia.

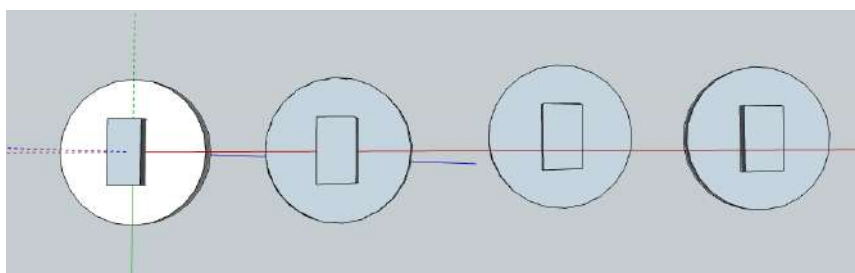
Després de decidir que volia fer el segon prototip, el següent pas era dissenyar-ho amb una aplicació de disseny 3D. L'aplicació escollida va ser SketchUp, degut a que és fàcil d'utilitzar i ja havia treballat amb ella anteriorment, el que feia que el disseny fos el millor possible. L'objectiu era realitzar un disseny de les peces que formarien la pròtesi. Aquestes peces tenen una mesura de 3-4 cm d'alt, basant-me en la pròtesi BioXpand, que s'allarga quan el pacient creix de 3 a 4 cm. El mecanisme giratori va ser massa difícil de recrear amb el SketchUp i vaig decidir que les peces encaixessin i es quedessin subjectes entre ells sense necessitat de que girés.



Imatge 23. Vista frontal del prototip de la pròtesi. Font: pròpia.



Imatge 24. Vista aèria del prototip de la pròtesi. Font: pròpia.



Imatge 25. Vista inferior del prototip. Font: pròpia.

El següent pas va ser contactar amb un traumatòleg que em pogués dir si el prototip dissenyat era viable. L'Associació d'Amputats Sant Jordi va ser l'escollida, i els hi vaig enviar un missatge a través de la seva pàgina web on els hi explicava que estava buscant un traumatòleg amb el que pogués parlar sobre el meu disseny.

Després d'una setmana d'espera, no vaig rebre contestació, així doncs, vaig decidir continuar amb el disseny del meu prototip.

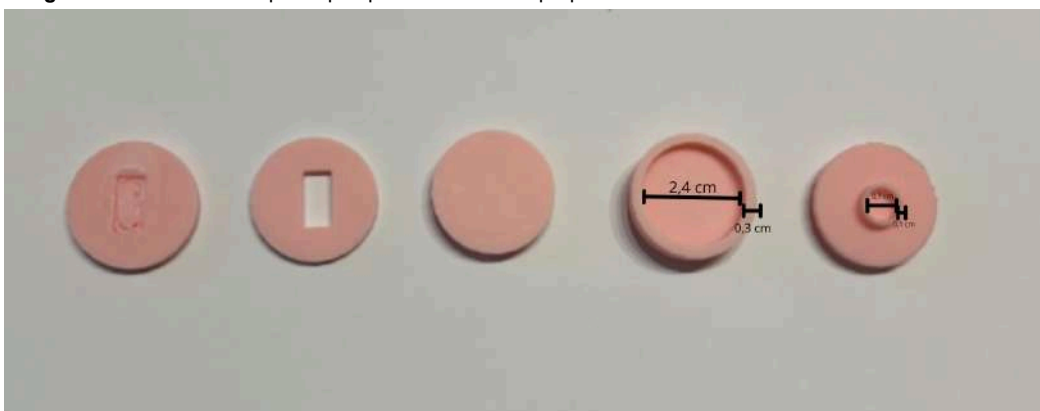
Amb el disseny passat al programa de disseny 3D, el vaig enviar a la impressora 3D per imprimir-lo. I, tot i que la impressió no va sortir com la desitjada, vaig poder arreglar-la perquè totes les peces encaixessin.



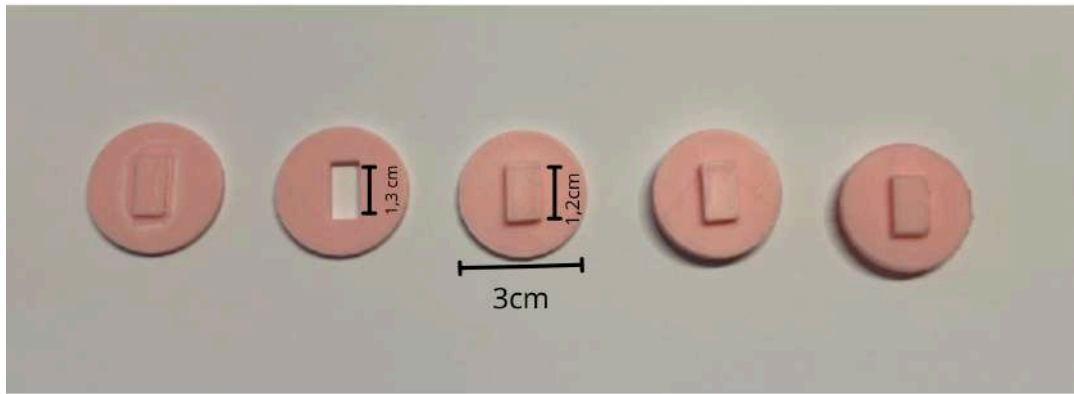
Imatge 26. Vista aèria del prototip imprès en 3D. Font: pròpia



Imatge 27. Vista inferior del prototip imprès en 3D. Font: pròpia.



Imatge 28. Mesures de les peces 4 i 5. Font: pròpia.



Imatge 29. Mesures de les peces 1, 2 i 3. Font: pròpia.

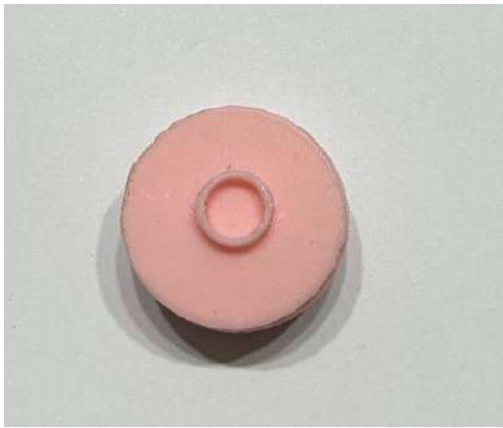
La primera i segona són les que van al mig, unides entre elles. La quarta peça és la que està en contacte amb la cama. La part amb el rectangle s'ha d'enganxar amb les altres i la part del forat és la part en la que es col·loca el monyó. Per últim, la cinquena peça és la que es col·loca al final, la part inferior va encaixada amb les altres i la part del cilindre és en la què es col·locaria la pròtesi de peu. La tercera peça es va imprimir malament i per aquesta raó no la vaig utilitzar. Finalment, la pròtesi que va quedar va ser una mescla dels dos dissenys inicials del prototip.



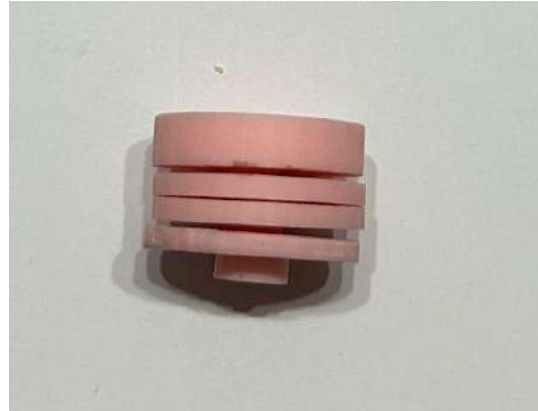
Imatge 30. Vista frontal del prototip de la pròtesi de cama. Font: pròpia.



Imatge 31. Vista aèria del prototip de la pròtesi de cama. Font: pròpia.



Imatge 32. Vista inferior del prototip de la pròtesi de cama
Font: pròpia.



Imatge 33. Vista frontal del prototip de la pròtesi de cama.
Font: pròpia.

Conclusions

El sarcoma d'Ewing és el segon osteosarcoma amb més incidència en nens i adolescents, amb una alta taxa de mortalitat. Tot i els avenços mèdics, els pacients han de fer front a tractaments agressius, tals com la quimioteràpia o, en casos extrems, l'amputació del membre afectat amb el tumor. Tot i que aquesta tècnica es realitza poc, ja que s'intenta buscar altres alternatives, de vegades no hi ha una altra alternativa. Normalment els pacients amputats volen tenir una pròtesi per intentar viure amb la màxima normalitat possible. És per aquesta raó que es necessiten pròtesis que siguin eficients i que no costi als pacients adaptar-se a elles, ja que això afecta a la salut mental del pacient.

Durant la investigació per a la part pràctica del treball he pogut observar que, a més enllà de l'enfoc mèdic, també hi ha un fort impacte econòmic per a les famílies dels pacients amb sarcoma d'Ewing que pateixen una amputació, degut a que han d'invertir una gran quantitat de diners en diferents pròtesis que els permetin viure una vida sense limitacions. Considerant que el preu d'una pròtesi pot arribar als 60.000 €, i que els pacients normalment necessiten dues cada any, fa que les famílies hagin de gastar 120.000€ en un any. Aquest número l'hauríem de multiplicar per la quantitat d'anys en els que els pacients creixen: si el pacient és jove, el nombre de pròtesis augmentarà, elevant la quantitat de diners. Clarament, aquesta quantitat de diners és una despesa molt elevada que moltes famílies no poden assumir.

Aquestes dades em van portar a plantejar la meua hipòtesi de si seria possible crear una pròtesi que fos capaç d'adaptar-se al creixement del pacient i, d'aquesta manera evitar la necessitat de substituir-la constantment i reduir l'impacte psicològic i, sobretot, l'impacte econòmic.

D'aquí va sortir la idea d'una pròtesi modular que es pogués muntar. Després de pensar en dos diferents mecanismes i els seus avantatges i desavantatges, vaig decidir que el millor seria crear una pròtesi que es pogués dividir en peces i, a mida que el pacient augmentés la seva estatura, s'afegissin més peces.

Dissenyar el prototip de la pròtesi va estar un procés difícil degut a que em va costar arribar al producte final. Posteriorment, a l'hora d'imprimir, una de les peces es va imprimir amb el rectangle separat i el vaig haver d'enganxar, i la tercera peça es va imprimir sense el forat per encaixar-la i vaig decidir no utilitzar-la. A més, la quarta peça no encaixava amb les altres i la vaig haver de llimar fins que es pogués unir.

La meva hipòtesi inicial era: potser es pot crear una pròtesi que es pugui adaptar a la mida del pacient amb Sarcoma d'Ewing durant el seu creixement en comptes de comprar dues noves cada any. Després d'haver fet aquest treball puc afirmar que la hipòtesi és certa: sí que es pot crear una pròtesi que adaptable al creixement del pacient amb sarcoma d'Ewing.

No obstant això, el prototip presenta fortes limitacions. No ha estat revisada per un traumatòleg o enginyer biomèdic, el que fa que no es pugui afirmar encara que sigui funcional ni segura en l'ús clínic. Un altre punt que m'hauria agradat observar són els materials, ja que és molt important comprovar la seva resistència, el pes i la comoditat. Tot i aquests desavantatges, el prototip podria ser el primer pas per a innovar en l'àmbit de les pròtesis.

Al començament del treball tenia quatre objectius i he pogut completar tres d'ells. El primer era explicar i informar sobre el sarcoma d'Ewing. Aquest el considero complert perquè les persones que es llegeixin el treball podran conèixer una mica més aquest osteosarcoma i, a més, he informat a les persones del meu voltant sobre ell. El segon objectiu era investigar sobre les pròtesis. També el considero complert perquè he pogut llegir sobre pròtesis internes i externes, i he recopilat a informació per poder crear un disseny nou. El tercer objectiu considero que l'he aconseguit perquè he pogut dissenyar una pròtesi de cama modular que s'adapti al creixement del pacient mitjançant discos de 3-4 cm. Per últim, el quart objectiu no l'he pogut complir, ja que no he tingut l'oportunitat d'ensenyar a cap expert el meu prototip. Tot i això, considero que el treball es pot considerar com aconseguit.

A nivell personal, aquest treball m'ha fet reflexionar sobre la importància de la recerca en millores per a la vida dels pacients. Aquest osteosarcoma no afecta a tants habitants com ho fan altres malalties, però no per aquesta raó s'ha de deixar

d'investigar, ja que aquestes recerques tenen un gran impacte en els pacients, que es poden sentir abandonats al tenir una malaltia amb poca incidència i poca investigació.

Agraïments

En primer lloc m'agradaria agrair a la meva tutora del treball de recerca, Carol Saniger, per haver-me guiat durant tots aquests mesos, oferir-me els recursos que necessites, i escoltar els meus dubtes, ja que sense ella no podria haver fet res d'això.

També m'agradaria agrair a professors com el Jaime Morcillo, ja que va ser la persona que va ajudar-me a imprimir el meu disseny del prototip de la pròtesi, i a la Yolanda Moneo, que em va ajudar a pensar com podia enfocar la part pràctica.

Agrair a Adriana Gómez, companya i amiga, per haver-me ajudat quan tenia dubtes, escoltar les meves idees i ajudar a perfeccionar-les. Sense ella no podria haver enfrontat el treball de la mateixa manera i superar les dificultats que han aparegut al llarg del temps. I també a Luna Bachiller per haver-me deixat el material necessari per arreglar les peces de la part pràctica.

Per últim m'agradaria agrair a la meva àvia. Ella va morir de càncer quan jo era petita, i a partir d'aquí sempre havia estat al meu cap la idea d'aquesta malaltia i que m'agradaria ajudar a moltes persones que la tinguessin. Aquest treball ha sigut el moment perfecte per realitzar una recerca sobre un tipus de càncer i enfortir la idea de que m'agradaria treballar amb persones que pateixen la malaltia i acompanyar-los durant el procés. com m'agradaria que ho haguessin fet amb la meva àvia.

Bibliografia

1. Anònim (any) *¿Qué es el cáncer?* Instituto Nacional del Cáncer. Consultat el 10/3/2025. [¿Qué es el cáncer?](#)
2. Ingram Montero, M.J. [Marlon Joel] (2022) *Sarcoma de Ewing: reporte de un caso*: Revista Portales Médicos. Consultat el 15/6/2025 [Sarcoma de Ewing: reporte de un caso](#).
3. Anònim (any) *ARN polimerasa II*: Wikipedia. Consultat el 13/10/2025. [ARN polimerasa II - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)
4. Anònim (any) *SWI/SNF*: Wikipedia. Consultat el 13/10/2025. [SWI/SNF - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)
5. Anònim (any) *EWS/FLI*: Wikipedia. Consultat el 13/10/2025. [EWS/FLI - Wikipedia](#)
6. Anònim (any). *Factor de transcripció*: Wikipedia. Consultat el 14/10/2025. [Factor de transcripció - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)
7. Anònim (any). *GLI1*: Wikipedia. Consultat el 14/10/2025. <https://es.wikipedia.org/wiki/GLI1>
8. Anònim (any). *Cyclin D1*: Wikipedia. Consultat el 14/10/2025. [Ciclina D1 - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)
9. Anònim (any). *Myc*: Wikipedia. Consultat el 14/10/2025. <https://es.wikipedia.org/wiki/Mycc>
10. Anònim (any). *SOX2*: Wikipedia. Consultat el 14/10/2025. <https://es.wikipedia.org/wiki/SOX2>
11. Riggi, N. [Nicolò], Suvà, M.L [Mario-Luca], De Vito, C. [Claudio], Provero, P. [Paolo], Stehle, J.C. [Jean-Christophe], Baumer, K. [Karine], Cironi, L. [Luisa], Janiszewska, M. [Michalina], Petricevic, T. [Tanja], Suvà, D. [Domizio], Tercier, S. [Stéphane], Joseph, J.M. [Jean-Marc], Guillou, L. [Louis], Stamenkovic, I. [Ivan] (2010). *EWS-FLI-1 modulates miRNA145 and SOX2 expression to initiate mesenchymal stem cell reprogramming toward Ewing sarcoma cancer stem cells*: National Library of Medicine. Consultat el 14/10/2025. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20382729/>
12. Agra, N. [Noelia], Cidre, F. [Florencia], García-García, L. [Laura], de la Parra, J. [Juan], Alonso, J. [Javier] (2013). *Lysyl oxidase is downregulated by the*

- EWS/FLI1 oncoprotein and its propeptide domain displays tumor supressor activities in Ewing sarcoma cells*: National Library of Medicine. Consultat el 14/10/2025. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23750284/>
13. Anònim (any). *Lysyl oxidase*: Wikipedia. Consultat el 14/10/2025. https://en.wikipedia.org/wiki/Lysyl_oxidase
 14. Anònim (any) *Sarcoma de Ewing*: Mayo Clinic. Consultat el 10/3/2025. [Sarcoma de Ewing - Síntomas y causas - Mayo Clinic](#)
 15. Anònim (any) *¿Qué es el sarcoma de Ewing?*. Redacción Médica. Consultat el 25/3/2025. [¿Qué es el sarcoma de Ewing? síntomas y supervivencia](#)
 16. Anònim (any). *¿Qué es el sarcoma de Ewing?*. Contra el cáncer. Consultat el 27/3/2025. [Sarcoma de Ewing: ¿Qué es y cómo tratarlo? | Asociación Española Contra el Cáncer](#)
 17. Jiménez S. [Sonia], Romero, M. [M^a Isabel], Montón, G. [Gema], Garcia, M [Maria], González, P. [Patricia], Fernández, S. [Sara Pilar]. *Sarcoma de Ewing en niños y adolescentes*. Revista Sanitaria de Investigación. Consultat el 27/3/2025 [Sarcoma de Ewing en niños y adolescentes](#)
 18. Anònim (2024) *RT-PCR*. Wikipedia. Consultat el 23/3/2025. [RT-PCR - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)
 19. Anònim (2025) *Hibridació in situ per fluorescència*. Vikipèdia. Consultat el 24/3/2025. [Hibridació in situ per fluorescència - Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure](#)
 20. Anònim (2024) *Next Generation Sequencing (NGS) en la pràctica clínica*. Clialab Diagnostics. Consultat el 24/3/2025 [Next Generation Sequencing \(NGS\) en la pràctica clínica](#)
 21. IDT (2025) *Next-generation Sequencing in Cancer Research: Tools, Techniques, and Tailored Solutions*. BiteSizeBio. Consultat el 24/3/2025 [Tools for Next-generation Sequencing in Cancer Research](#)
 22. Mateu, R. [Roser] (2024). *¿Qué es y cómo se realiza una biopsia líquida?*. Blog Salud MAPFRE. Consultat el 25/3/2025. [¿Qué es y cómo se realiza una biopsia líquida? - Blogs MAPFRE](#)
 23. Oncolink Team (2020). *Todo sobre el sarcoma de Ewing pediátrico*. Oncolink. Consultat el 1/4/2025 [Todo sobre el sarcoma de Ewing pediátrico | OncoLink](#)
 24. Personal de Mayo Clinic (2024) *Sarcoma de Ewing*. Mayo Clinic. Consultat el 26/3/2025. [Sarcoma de Ewing - Diagnóstico y tratamiento - Mayo Clinic](#)

25. Benet, R. (2023). *EWSR1: la proteína de unión al ARN EWSR1* : Salud y Belleza. Consultat el 10/3/2025. [EWSR1: la proteína de unión al ARN EWSR1 – Salud y Belleza](#)
26. Sánchez-Molina, S. [Sara], Figuerola-Bou, E. [Elisabet], Blanco, E. [Enrique], Sánchez-Jiménez, M. [María], Táboas, P. [Pablo], Gómez, S. [Soledad], Ballaré, C. [Cecilia], García-Domínguez, D.J [Daniel], Prada, E. [Estela], Hontecillas-Prieto, L. [Lourdes], Carcaboso, Á.M. [Ángel], Tirado, Ó.M. [Óscar], Hernández-Muñoz, I. [Inmaculada], De Álava, E. [Enrique], Lavarino, C. [Cinzia], Di Croce, L. [Luciano], Mora, J. [Jaume] (2020). *RING1B recruits EWSR1-FLI1 and cooperates in the remodeling of chromatin necessary for Ewing sarcoma tumorigenesis*: ScienceAdvances. Consultat el 18/3/2025. <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aba3058>
27. Anònim (2020) *Descubren un gen crucial para el desarrollo del sarcoma de Ewing*. La Vanguardia. Consultat el 18/3/2025 [Descubren un gen crucial para el desarrollo del sarcoma de Ewing](#)
28. Anònim (2024). *Coactivador*. Wikipedia. Consultat el 27/3/2025. [Coactivador - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)
29. Yu L, Davis IJ, Liu P. (2023). *Regulation of EWSR1-FLI1 Function by Post-Transcriptional and Post-Translational Modifications*. National Library of Medicine PubMed Central. Consultat el 27/3/2025. [Regulation of EWSR1-FLI1 Function by Post-Transcriptional and Post-Translational Modifications - PubMed](#)
30. Izquierdo, A [Axel] (2024). UNICLANET. Consultat el 27/3/2025. [7764520241129215243.pdf](#)
31. Anònim (2025). *Paso adelante en la comprensión del sarcoma de Ewing*. IDIBELL. Consultat el 27/3/2025. [Paso adelante en la comprensión del sarcoma de Ewing – IDIBELL](#)
32. Anònim (2024). *ARN mensajero*. Wikipedia. Consultat el 7/4/2025. [ARN mensajero - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)
33. Academia Lab. (2025). *ARN mensajero*. Academia Lab. Enciclopedia. Consultat el 7/4/2025. [ARN mensajero _AcademiaLab](#)
34. Anònim (2024) *ARN mensajero*. Wikipedia. Consultat el 25/4/2025 [ARN mensajero - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)

35. Suyama, M [Mikita], Doerks, T [Tobias], Braun, I [Isabelle], Sattler, M [Michael], Izaurralde, E [Elisa], Bork, P [Peer] (2000) PubMed Central National Library of Medicine. Consultat el 28/4/2025 <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1083685/>
36. Katahira, J [Jun] *Nuclear Export of Messenger RNA*. PubMed Central National Library of Medicine. Consultat el 25/4/2025 [Nuclear Export of Messenger RNA - PMC](#)
37. Huang, L; Kuwahara, I; Matsumoto, K (2013) *EWS represses cofilin 1 expression by inducing nuclear retention of cofilin 1 mRNA* Oncogene. Consultat el 28/4/2025. <https://www.nature.com/articles/onc2013255>
38. Anònim (2024) *Drosha*. Wikipedia. Consultat el 6/5/2025 [Drosha - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)
39. Anònim (2025) *Micro-ARN*. Wikipedia. Consultat el 6/5/2025. [Micro-ARN - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)
40. Anònim (2024) *Quimioteràpia para tratar el cáncer*. Instituto Nacional del Cáncer. Consultat el 26/3/2025 [Quimioteràpia para tratar el cáncer](#)
41. Oncolink Team (2024). *Procedimientos quirúrgicos: cirugía y estadificación del sarcoma de Ewing*. Oncolink. Consultat el 26/3/2025. [Procedimientos quirúrgicos: cirugía y estadificación del sarcoma de Ewing | OncoLink](#)
42. Anònim (2025). *Radioteràpia*. Oncohealth Institute. Consultat el 26/3/2025. [Radioteràpia | Oncohealth Institute](#)
43. Anònim (2019) *Braquiteràpia para tratar el cáncer*. Instituto Nacional del Cáncer. Consultat el 26/3/2025. [Braquiteràpia para el cáncer](#)
44. Anònim (2019) *Radioteràpia para tratar el cáncer*. Instituto Nacional del Cáncer. Consultat el 26/3/2025. [Braquiteràpia para el cáncer](#)
45. Guenther, L.M. [Lilian], Dharia, N.V. [Neekesh], Ross, L. [Linda], Conway, A. [Amy], Robichaud, A.L. [Amanda], Catlett, J.L. [Jerrel], Wechsler, C.S. [Caroline], Frank, E.S. [Elizabeth], Goodale, A. [Amy], Church, A.J. [Alanna], Tseng, Y. [Yuen-Yi], Guha, R. [Rajarshi], McKnight, C.G. [Crystal], Janeway, K.A. [Katherine], Boehm, J.S. [Jesse], Mora, J. [Jaume], Davis, M.I. [Mindy], Alexe, G. [Gabriela], Piccioni, F. [Federica], Stegmaier, K. [Kimberly] (2019). *A Combination CDK4/6 and IGF1R Inhibitor Strategy for Ewing Sarcoma: Clinical Cancer Research*. Consultat el 14/10/2025.

<https://aacrjournals.org/clincancerres/article/25/4/1343/9778/A-Combination-CDK4-6-and-IGF1R-Inhibitor-Strategy>

46. Anònim (any). *Terapia de linfocitos T con CAR*: Wikipedia. Consultat el 14/10/2025. https://es.wikipedia.org/wiki/Terapia_de_linfocitos_T_con_CAR
47. Anònim (2022) *Terapia dirigida para tratar el cáncer*. Instituto Nacional del Cáncer. Consultat el 26/3/2025. [Terapia dirigida para tratar el cáncer](#)
48. Anònim (any) *Sarcoma de Ewing*. St. Jude Children's Research Hospital. Consultat el 28/5/2025. [Sarcoma de Ewing - St. Jude Children's Research Hospital](#)
49. Anònim (any) *Sarcoma de Ewing*: Mayo Clinic. Consultat el 28/5/2025. [Sarcoma de Ewing - Síntomas y causas - Mayo Clinic](#)
50. Anònim (2024) *El ISCIII refuerza su investigación en cáncer infantil raro con un proyecto de terapias avanzadas en Sarcoma de Ewing*. FEDER. Consultat el 28/5/2025. [El ISCIII refuerza su investigación en cáncer infantil raro con un proyecto de terapias avanzadas en sarcoma de Ewing | FEDER](#)
51. Rubio, T [Teresa] (2020). *Sanidad subvenciona prótesis de madera para niños amputados por cáncer*. SER. Consultat el 28/5/2025. [Sanidad subvenciona prótesis de madera para niños amputados por cáncer | Sociedad | Actualidad | Cadena SER](#)
52. Mc Graw Hill (any) *Avances en la tecnología de prótesis*. Impact News en Español. Consultat el 2/6/2025. [Avances en la tecnología de prótesis](#)
53. Anònim (2023). *¿Qué debe saber sobre las prótesis fabricadas con fibra de carbono?*. TASUNS. Consultat el 2/6/2025. [¿Qué debe saber sobre las prótesis fabricadas con fibra de carbono? - Noticias de fibra de carbono - Noticias](#)
54. Lérda, A [Amalia F.] (2019). *Una prótesis completa de una pierna puede costar hasta 60.000 euros*. ABC. Consultat el 2/6/2025. [Una prótesis completa de una pierna puede costar hasta 60.000 euros](#)

Imatges

1. Imatge 1: Dr James Ewing. Imatge extreta de Alchetron ([https://alchetron.com/James-Ewing-\(pathologist\)](https://alchetron.com/James-Ewing-(pathologist)))

2. Imatge 2: Translocació de gens. Imatge extreta de Micro bacter um
(<https://microbacterium.es/sarcoma-de-ewing>)
3. Imatge 3: Sarcoma d'Ewing. Imatge extreta de Daniel Rebolledo
(<https://www.danielrebolledo.com.br/blog/o-que-saber-sobre-o-tumor-de-ewing/>)
4. Imatge 4: RT-PCR. Imatge extreta de AAT Bioquest
(<https://www.aatbio.com/catalog/reverse-transcription-pcr-rt-pcr>)
5. Imatge 5: Tècnica FISH. Imatge extreta de Sora Front
(<https://salomequila.blogspot.com/2022/07/tecnica-de-hibridacion-fish-para-la.html>)
6. Imatge 6: Tècnica NGS. Imatge extreta de Sciencevid
(<https://sciencevid.com/next-generation-sequencing-ngs/>)
7. Imatge 7: Biòpsia líquida. Imatge extreta de LaTICnologia
(<https://laticnologia.wordpress.com/tag/biopsia-liquida>)
8. Imatge 8: Proteïna EWSR1. Imatge extreta de
(https://en.raptorsupplies.nl/c/parts/edwards-signaling?acc_typ=rp_nl_en&campaign_id=533001410&)
9. Imatge 9: ADN i ARNm. Imatge extreta de Biologia 2
(https://biologia2tercerobachillerato.blogspot.com/2015/09/arn_5.html)
10. Imatge 10: Introns i exons. Imatge extreta de Printable Template Download
([Printable Template Download - Printable Templates Free](#))
11. Imatge 11: Splicing ARN. Imatge extreta de Vecteezy
(<https://www.vecteezy.com/vector-art/9890933-biological-diagram-present-process-of-rna-splicing-for-remove-intron-non-coding-region-out-from-mrna-after-dna-transcription-process>)
12. Imatge 12: Porus del nucli. Imatge extreta de Monica Soponaru
(<https://monicasoponaru.blogspot.com/2011/10/nucleo-celular.html>)
13. Imatge 13: Quimioteràpia. Imatge extreta de Sin Càncer.com
(<https://www.sin-cancer.com/que-es-la-quimioterapia-dr-julio-ramirez-oncologo.html>)
14. Imatge 14: Rotoplastia. Imatge extreta de FinoFilipino
(<https://finofilipino.org/que-es-una-rotoplastia/>)

15. Imatge 15. Radioteràpia de feix extern. Imatge extreta de IAEA
(<https://www.iaea.org/es/newscenter/news/que-es-la-radioterapia>)
16. Imatge 16. Evolució de les pròtesis de cama. Imatge extreta de Factoria Cultural
([El futuro de la medicina: el desarrollo de prótesis avanzadas](#))
17. Imatge 17. Pròtesi de fibra de carboni. Imatge extreta de 3D natives
([3D Hubs helps Fillauer Composites create carbon-fiber prosthetic feet - 3Dnatives](#))
18. Imatge 18. Funcionament del BioXpand. Imatge extreta de ZEM-Germany
([Prótesis de crecimiento | ZEM-Germany](#))

