UNA CASA A MART

TREBALL DE RECERCA

CURS 2021-2022

"You want to wake up in the morning and think the future is going to be great - and that's what being a spacefaring civilization is all about. It's about believing in the future and thinking that the future will be better than the past. And I can't think of anything more exciting than going out there and being among the stars."

Elon Musk

Pàgina anterior (Imatge 1): Font: cccb.org

AGRAÏMENTS

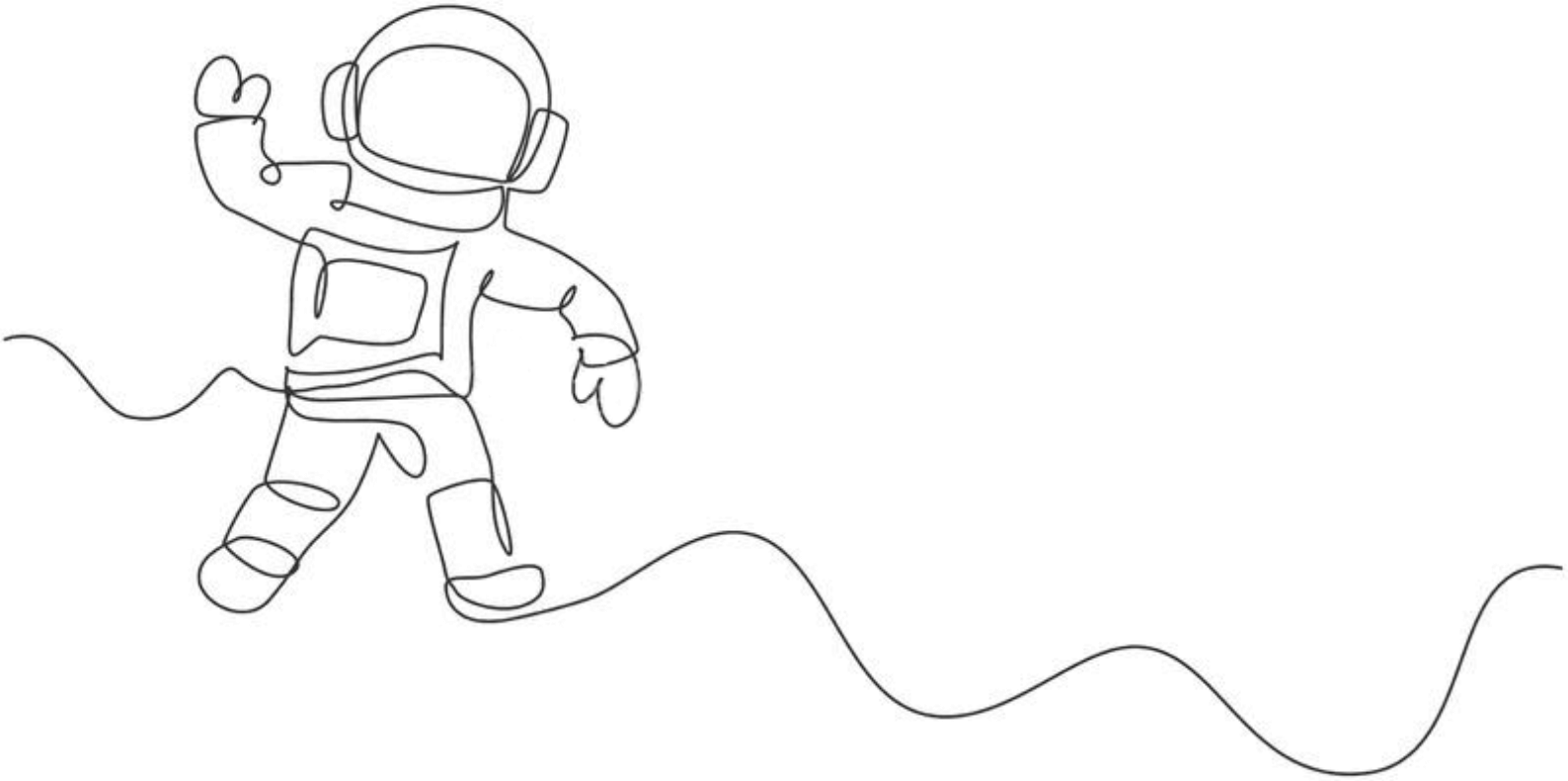
Realitzar aquest treball no ha estat gens fàcil, i hi ha hagut persones que han fet que la tasca esdevingués més fluïda i molt menys feixuga en els moments més baixos, i els dec les eternes gràcies.

Així doncs, en primer lloc, gràcies a la tutora del treball, ja que m'ha sabut guiar i corregir en tot moment, i, malgrat que la temàtica del treball estigués fora del que ella havia estat acostumada, m'ha recolzat des dels inicis i s'ha sabut adaptar perfectament.

En segon lloc, vull agrair a la família. Gràcies per, entre tots, anar-me donant empentes i ànims, i gràcies al pare i a la mare per ajudar-me en les tasques més tècniques de la part pràctica. Sense ells no hauria estat pas possible tot això!

També vull donar mercès al Julio i a la Vicky, per, a més de proporcionar-me recursos i mitjans que m'han servit de molt, m'han ofert tot el seu entusiasme i passió cap al tema, cosa que m'ha donat esma per seguir endavant.

Finalment, sento grat per tots els meus amics i amigues que m'han encoratjat i motivat fins als darrers instants.



ÍNDEX

PRÒLEG 3
I. INTRODUCCIÓ 5
II. MARC TEÒRIC: MART 8
1. EL PLANETA VERMELL 9
1.1. EXPEDICIONS 10
1.2. MART DINS DEL SISTEMA SOLAR 12
1.2.1. MOVIMENT DE TRANSLACIÓ 13
1.2.2. MOVIMENT DE ROTACIÓ 14
1.3. MART COM A PLANETA 17
1.3.1. SATÈL·LITS NATURALS 18
2. CONDICIONS I CARACTERÍSTIQUES DEL PLANETA 21
2.1. ATMOSFERA 22
2.1.1. CONDICIONS CLIMATOLÒGIQUES 25
2.2. GEOSFERA 31
2.2.1. ESTRUCTURA INTERNA 31
2.2.2. RELLEU 34
2.3. HIDROSFERA 41
2.4. MAGNETOSFERA 44
2.5. BIOSFERA 46
III. PART PRÀCTICA: EL DISSENY DE L'HABITATGE 48
1. ESTAT DE LA QÜESTIÓ. ALTRES PROJECTES 49
1.1. PROJECTES LITERARIS I CINEMATOGRÀFICS 50
1.2. PROJECTES CIENTÍFIC-TECNOLÒGICS 53
2. INTRODUCCIÓ AL PROJECTE 56
3. EL VIATGE 57
3.1. LA RUTA I EL TRANSPORT 58
3.2. ALTRES ASPECTES A TENIR EN COMPTE 61
3.3. TRIPULACIÓ 64
3.3.1. FORMACIÓ I PROFESSIÓ 64
3.3.2. EDAT 66
3.3.3. ALTURA 66
3.3.4. GÈNERE 67

3.3.5. PERSONALITAT 67
3.3.6. CULTURA I NACIONALITAT 67
4. LOCALITZACIÓ 69
4.1. TRIA DE LES COORDENADES 70
4.1.1. HEMISFERI 70
4.1.2. LATITUD 73
4.2. DISPOSICIÓ EN EL TERRENY 75
4.3. POSSIBLES EMPLAÇAMENTS 77
4.4. HEBRUS VALLES 80
5. L'HABITATGE 84
5.1. PROGRAMA DE NECESSITATS 85
5.2. CONCEPTE DE CASA 89
5.2.1. DISTRIBUCIÓ 92
5.3. MATERIALS, SISTEMES CONSTRUCTIUS I MOBILIARI 98
5.3.1. ESTRUCTURA 99
5.3.2. TANCAMENTS I DIVISÒRIES 100
5.3.3. ACABATS 103
5.3.4. INSTAL·LACIONS 104
5.3.5. MOBILIARI 110
5.4. PLÀNOLS 112
5.5. MAQUETA 121
IV. CONCLUSIONS 128
BIBLIOGRAFIA, WEBGRAFIA I ALTRES FONTS 133
Bibliografia 133
Webgrafia 133
Altres fonts (revistes, diaris, pel·lícules…) 138
ANNEX – Fotografies 141

PRÒLEG

Devia tenir vuit anys quan a l'escola vam estudiar el tema de l'Univers. La veritat és que aquest va ser el meu primer contacte amb la matèria, i em va fascinar. Suposo que em va seduir la magnitud que comportava el concepte, la immensitat que implicava aquella paraula; i ho va fer de la mateixa manera que ara, nou anys més tard, m'ha dut a fer aquest treball.

Aquesta, doncs, va ser la primera espurna de motivació. Sabent que volia fer quelcom relacionat amb l'espai exterior, la decisió final de la temàtica es va prendre barrejant les meves passions: per una banda, l'adoració que sempre he tingut cap al planeta vermell; i per l'altra, l'interès per l'arquitectura futurista –possiblement, una mica influenciat per l'estreta relació del meu entorn familiar amb l'àmbit–, i que, en efecte, d'aquest últim ja hi vaig dedicar dos treballs de recerca fa quatre i sis anys respectivament.

Suposo que, a més de per afició, hi havia també una finalitat pràctica darrere la tria. El fet que tant la meva mare com el meu pare haguessin estudiat i treballessin en el sector de la construcció, va ser un agent força detonant a l'hora d'acabar de reforçar i refermar la idea del projecte, ja que volia dir que podrien recolzar-me pel que fes falta.

No obstant, allò que, al llarg del temps m'ha agradat més de tot plegat, ha estat sentir en tot moment que el treball era meu, que la temàtica encaixava perfectament amb el que aspirava. I pot semblar una ximpleria; però és que, a diferència dels altres temes que havia pensat abans del definitiu –provinents fins i tot d'altres camps–, en els que, malgrat agradar-me força, em sentia distant a ells; des del moment en què em va venir la fugaç idea al cap de realitzar aquest projecte, vaig saber que era l'indicat. I ho vaig saber per l'apropament que notava que tenia amb ell i també per la motivació que em produïa imaginar-me el producte final del projecte; una motivació que no havia experimentat en cap de les altres propostes. Per fi, tenia ganes de començar el projecte.

Fins i tot al principi, sorprenentment sense les mandres que habitualment s'agafen en començar un projecte nou, gràcies a l'impuls d'aquesta motivació inicial, em va ser molt fàcil iniciar la recerca. A més, vaig tenir la sort que, en explicar-li la temàtica del treball a un conegut, s'ho va prendre amb tant d'entusiasme que encara va fer que m'hi enganxés més. Veritablement, en l'aspecte dels ànims per posar-me a treballar he tingut

força sort, ja que sempre he intentat mantenir uns objectius a complir per cada cert temps i, d'aquesta manera, tenir sempre un fil d'empenta per seguir endavant.

I aquí el tens, després d'uns quants mesos, el resultat final de tanta il·lusió.

I. INTRODUCCIÓ

INTRODUCCIÓ

De l'anhel de posar en pràctica un tema que des de fa anys que m'apassiona, ha evolucionat al que a continuació es mostra: un projecte de la construcció d'un habitatge al planeta Mart.

Abans de començar en res, però, m'hauria de preguntar si això és possible. Ho és?

Certament, malgrat no tenir-les totes, m'atreveixo a formular la següent hipòtesi:

Sí que és possible la construcció d'un habitatge al planeta Mart, tot i que es farà d'una manera diferent que a la Terra.

Per tant, a fi d'arribar a verificar o refutar la hipòtesi, els objectius marcats per acomplir al llarg del treball són els següents:

1. Estudiar les condicions i característiques marcianes (la geosfera, hidrosfera, atmosfera...);
2. Determinar la localització de l'habitatge;
3. Precisar quins seran els millors materials a utilitzar per a la construcció tenint en compte la recerca prèvia;
4. Dissenyar el plànol de la casa també considerant les condicions i característiques marcianes;
5. Aprendre a utilitzar un programa de dibuix;
6. Elaborar una maqueta física.

Pel que fa a l'organització del treball, es podria dir que està dividit principalment per quatre capítols.

El primer capítol, correspon a la introducció, i compta amb l'emmarcament del tema – la presentació de la temàtica, hipòtesi plantejada, objectius a complir... El segon, és el marc teòric, dins del qual es parla de Mart: les seves característiques més generals com a planeta i la seva funció dins del Sistema Solar; i aquelles propietats que en són més concretes, com ara les de la seva geosfera, hidrosfera, atmosfera, magnetosfera i biosfera. A continuació, el tercer capítol pertany a la part pràctica. En aquesta, es crea el projecte de l'habitatge, tot parlant des del vol, passant per la localització exacta on

s'ubicarà l'edificació, i, finalment, acabant fent-ne el disseny –aclarint i justificant cada aspecte que es decideix. Finalment, l'últim capítol que tanca el treball és la conclusió; en la que es fa un recopilatori de tot plegat i es conclou el projecte.

Tant en el marc teòric per fer la recerca, com en la part pràctica per agafar inspiració, s'han consultat diferents fonts. Aquestes, han anat des d'articles de pàgines web, diaris i revistes fins a llibres i pel·lícules; les quals han aportat un punt de vista des d'una altra perspectiva.

Per últim, la metodologia emprada en el treball ha seguit el seu mateix ordre capitular –sense comptar la introducció. En primer lloc, s'ha realitzat un estudi de l'astre on aniria destinat el projecte, tot cercant en diferents fonts les característiques que presenta. En segon lloc, tenint en compte la investigació s'ha començat a pensar en el projecte; les característiques del viatge, la tria de l'emplaçament on ubicar l'habitatge, i la seva idea de prototip; del qual se n'ha realitzat un plànol i, més tard, una maqueta física. En tercer i darrer lloc, s'han extret unes conclusions dels resultats i respostes que s'han anat donant durant el projecte.

II. MARC TEÒRIC: MART

1. EL PLANETA VERMELL

Mart, també anomenat comunament com el “planeta vermell” o “planeta roig” a causa del color predominant en la seva superfície totalment visible a ull nu, és el quart planeta rocós segons la seva proximitat al Sol, situat just després de la Terra.

Tot i que sempre ha estat un objectiu molt important per a la humanitat, encara ha esdevingut més popular més en els darrers anys; ja que, a més d’enviar-hi múltiples expedicions per obtenir-ne informació, també s’hi estan realitzant projectes de viatges tripulats.

El seu nom ve del llatí “Mars”, que vol dir “home mascle”, i és el nom que van atorgar els romans al planeta, ja que el seu color els recordava a la sang. Justament aquest era el motiu pel que van relacionar Mars, el déu de la guerra en la seva mitologia llatina, amb el planeta vermell. Però, abans de quedar-se aquest nom, va haver-hi una evolució quant a estudi i denominació al planeta.

Durant les primeres observacions de Mart, l’únic que en sabien era que hi havia un cos vermell viu que seguia una trajectòria en el cel que no era l’habitual, comparant-lo amb els altres astres visibles. Més tard, els babilonis, cap als anys 400 abans de Crist, a més de fer grans descobriments i trobar satisfactoris mètodes de prediccions en l’astronomia, van batejar al planeta vermell com a Nergal (el rei dels conflictes), ja que el seu color l’associaven amb l’agressivitat. Addicionalment, els Egipcis, per la seva part, a banda de fer notables troballes en la manera en què funcionaven les estrelles, el sol i els planetes, i van posar-li de nom Har Decher (el vermell; o el planeta vermell). A continuació, els grecs van anomenar-lo el planeta Ares, en nom del déu de la guerra, i finalment els romans ja li van atorgar Mars, que és l’actual nom. (NASA, 2021)

Imatge 2. Mart, déu de la guerra en la mitologia llatina. (Font: Nasa)

Havent fet aquesta petita introducció al planeta Mart, a continuació s’informarà de les expedicions i progressos que se li han fet al llarg de la història i, a continuació, es procedirà a analitzar-lo i estudiar-lo a ell com a tal, des de dos punts de vista diferents: com a astre dins del Sistema Solar, i ell mateix com a planeta.

1.1. EXPEDICIONS

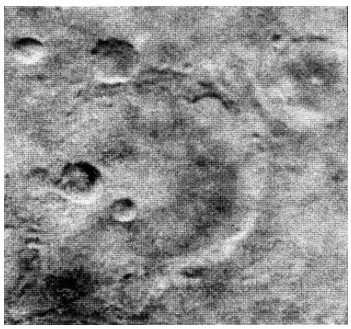
És important destacar que Mart és el planeta que més s'ha estudiat de tots, a banda de la Terra, és clar. Al pas de la història se l'ha estat observant i examinant. Fins i tot, s'han realitzat diferents exploracions, concretament a l'entorn de 50, tot i que no totes han resultat efectives i moltes han fracassat. No obstant, aquelles que han assolit els seus objectius ens han aportat molta informació, i és per això que avui en dia sabem el que sabem i, fins i tot, ens hi permetem imaginar una possible destinació humana en un futur no gaire llunyà.

D'aquestes exploracions, se'n faran un petit tast.

Abans de res, però, cal dir que des del 1960 que s'han llançat missions al planeta veí, sobretot quatre agències espacials han participat en expedicions amb èxit. Aquestes són la NASA, l'Agència Espacial Europea (ESA), el programa espacial de la Unió Soviètica i L'Organització d'Investigació Espacial de l'Índia (IRSO).

Ara sí, començant des dels inicis, el primer intent es va fer el 1957, quan la Unió Soviètica va llançar l'Sputnik, el primer satèl·lit en direcció al planeta vermell. Durant el 1600 i fins al 1964, tant la Unió Soviètica com la NASA van fer diversos intents fallit. Finalment, però, el Novembre de 1964 la NASA va aconseguir la seva missió amb èxit: Mariner 4 va enviar 21 fotografies a la Terra del planeta Mart. Així doncs, fins al 1970 es van dur a terme diverses expedicions per part de la Unió Soviètica i la NASA, les quals van proporcionar nova informació i fotografies.

Imatge 3. Mariner 4. (Font: NASA/JPL)



Imatge 4. Primera fotografia de Mariner 4 a la superfície marciana. (Font: NASA/JPL)

Durant les dècades dels 70 i 80, la Unió Soviètica i la NASA van aconseguir posar en òrbita algun dels seus satèl·lits artificials. El primer de tots en aconseguir-ho fou Mariner 9, llançat el 1971 per la NASA. A més, es van llançar Mars 2 i Mars 3 (1971), dues sondes espacials que tenien com a objectiu aterrar al planeta vermell. Finalment, al 1980, la USSR va intentar, sense èxit, una missió a Fobos, un dels satèl·lits naturals de Mart.

Més tard, durant els anys 90, es van fer missions més ràpides, barates i exitoses.

Ja acabant, des del 2000 i fins al dia d'avui, s'han continuat fent múltiples expedicions, incloent satèl·lits i ròvers. Un dels més destacats és Mars Odyssey, un satèl·lit orbital llançat per la NASA que encara es troba en funcionament. Addicionalment, el 2004, aquesta mateixa institució va enviar a Mart Spirit (2004-2010) i Opportunity (2004-2018), dos ròvers que ens van aportar molta informació; per exemple, van comprovar la presència d'aigua al planeta vermell. A més, entre moltes altres expedicions, cal destacar-ne Mars Reconneissance Orbiter (2006), un altre satèl·lit orbital enviat per la NASA i MAVEN, un satèl·lit que ha estat obtenint dades sobre l'atmosfera marciana.

Finalment, i ja atansant-nos més als nostres dies, en la última dècada s'han enviat dos ròvers amb destinació a Mart, els quals avui en dia encara es troben realitzant la seva missió, i són Curiosity i Perseverance, amartats el 2012 i el 2021, respectivament.

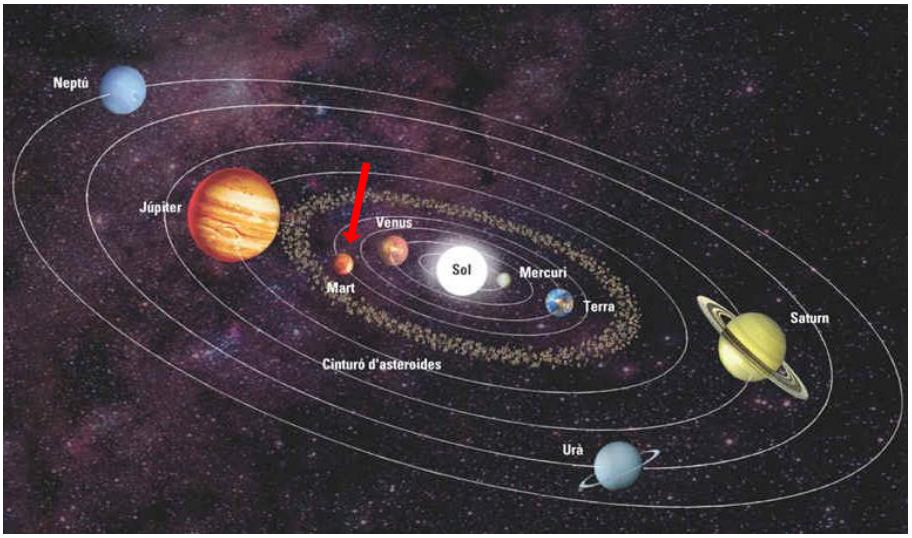
(*A brief history of Mars missions*, 2021)

Així mateix, les missions que avui en dia estan en curs són les següents: (NASA, 2021)

- Mars Odyssey (2001)
- Mars Express (2003)
- Mars Reconnaissance Orbiter (2006)
- Curiosity (2012)
- Mars Atmosphere and Volatile EvolutioN o MAVEN (2014)
- Trace Gas Orbiter (2016)
- In Sight (2018)
- Perseverance (2021)

1.2. MART DINS DEL SISTEMA SOLAR

Mart, com tots els altres planetes i gairebé tots els cossos presents en el Sistema Solar, gira al voltant del Sol, la seva estrella. Com ja s'ha comentat anteriorment, ocupa el quart lloc en l'escala de proximitat respecte ell. La seva òrbita es troba entre la Terra i Júpiter, el darrer del qual està separat pel Cinturó d'Asteroides. A més, forma part del grup dels quatre planetes interiors o rocosos, cosa que el converteix en el més llunyà d'aquests respecte a l'estrella.



Imatge 5. Mart dins del Sistema Solar. (Font: buxaweb.cat)

Mart es troba a una mitjana d'aproximadament 229 milions de km del Sol, la qual varia segons el punt de l'òrbita en què es troba. Paral·lelament, la distància mitjana entre ell i la Terra és d'uns 225 milions de km, i la mínima, de 54,6 milions de km, distància que només s'assoleix cada dos anys en l'instant en què coincideixen els fets que ambdós planetes s'alineen i que Mart es troba en la seva periheli –és a dir, el punt de la seva òrbita més a prop del Sol. Justament aquesta diferència és la que deriva a que la comunicació entre ell i la Terra sigui d'entre 5 i 20 minuts, temps que canvia segons la posició d'ambdós astres. (*What Is the Distance Between Earth and Mars?*, 2012)

Així doncs, Mart du a terme dos moviments bàsics com a planeta dins del Sistema Solar: el moviment de translació i el moviment de rotació.

1.2.1. MOVIMENT DE TRANSLACIÓ

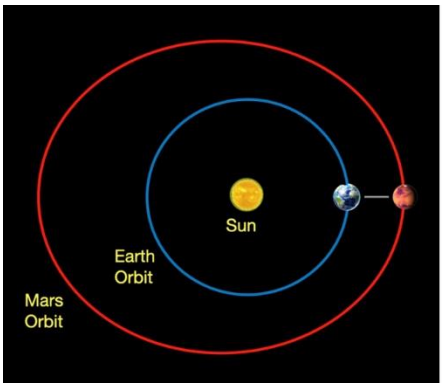
Aquest moviment és el que s'esdevé quan un planeta gira al voltant de la seva estrella; en aquest cas, el Sol. Mart, orbita a una velocitat d'a l'entorn de 24,07 km/s; lleugerament diferent que en el cas Terra, que ho fa a 29,78 km/s. D'aquesta manera, per fer una volta sencera al Sol, triga uns 687 dies terrestres (equivalents a 26 mesos); pràcticament el doble que en el nostre planeta.

Una altra característica que presenta el planeta vermell en consideració a aquest moviment és que la seva òrbita és obliqua, amb pràcticament una inclinació d'1,85°. De fet, es pot afirmar que la seva òrbita és la presenta la segona més el·líptica de tot el Sistema Solar, només precedida per la de Mercuri, la qual és de 7°. Això vol dir que la seva òrbita respecte al Sol no és circular. Com a conseqüència immediata d'això, durant l'any marcià, Mart es troba en alguns moments més a prop del Sol, concretament 206,7 milions de quilòmetres en el seu punt més pròxim; i en d'altres més lluny, uns 249,2 milions de quilòmetres en el seu punt més llunyà.

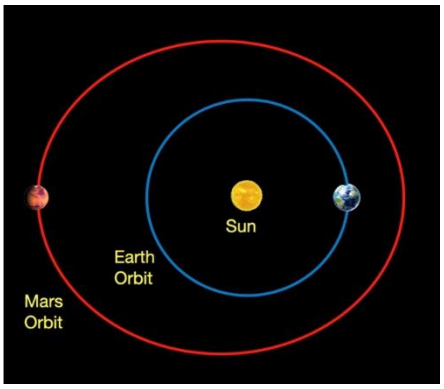
Aquest fet deriva, entre d'altres coses, a presentar dues estacions addicionals a les quatre que ja presenta a causa de la inclinació de l'eix de rotació, cosa que farà que, en afegir-se i combinar-se amb aquestes, n'alterarà el seu el temps de duració i n'extremarà totes aquelles condicions que estan directament relacionades amb la variació de radiació solar.

D'aquesta manera, les dues estacions resultants de l'obliqüitat de l'orbita són afeli, quan Mart roman en els punts més allunyats del Sol, i periheli, quan es troba en els més propers. (Imatge 6, Imatge 7)

Posant-ho en context, el fet que hi hagi una època a l'any on Mart es trobi més a prop de l'estrella i una altra on estigui més lluny, farà que en la primera (la periheli) les temperatures siguin més caloroses i el seu període de temps més curt, i la segona (l'afeli), sigui més llarga però amb climes més freds –condicions que, com ja s'ha comentat, després se sumaran amb les originades per la inclinació de l'eix de rotació.



Imatge 6. Moviment de translació de Mart i la Terra. Posició de periheli en l'òrbita marciana. (Font: NASA)

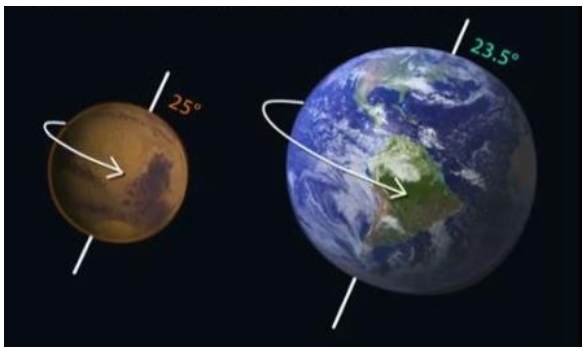


Imatge 7. Moviment de translació de Mart i la Terra. Posició d'afeli en l'òrbita marciana. (Font: NASA)

1.2.2. MOVIMENT DE ROTACIÓ

Mart, a més de girar al voltant del Sol, també gira sobre si mateix, sobre el seu eix. Així doncs, un dia marcià és de 24 hores, 37 minuts, és a dir, Mart triga aquest temps en donar una volta respecte al seu eix. La seva velocitat de rotacional és de 868,22 km/h a l'equador, comparat amb els 1.674 km/h de la Terra.

Tanmateix, l'eix en què Mart gira sobre si mateix, a l'igual que en el cas del nostre planeta, té una lleugera inclinació. En el seu cas és de 25°, tot just una mica més que en la Terra, que és de 23°. Aquesta propietat és la causant que Mart tingui estacions. I per què? Doncs això és degut al fet que a mesura que duu a terme el moviment de translació, Mart no s'exposa al Sol en la mateixa proporció a l'hemisferi nord que al sud, ja que la inclinació en l'eix no li ho permet. Precisament aquest succés és el que fa que les dues meitats del planeta no rebin les condicions quant a radiació que rep del Sol durant les mateixes franges de temps, fet que alterarà altres trets que en depenen, com la temperatura, o altres condicions meteorològiques i ambientals.



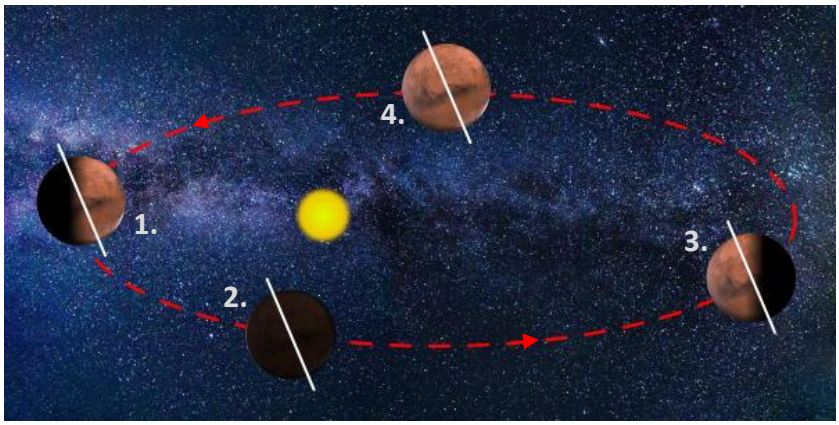
Imatge 8. Eix de rotació de Mart i la Terra. (Font: medium.com)

És per això que les diferents posicions que adoptarà Mart en el transcurs del seu moviment de translació, en derivaran quatre diferenciades estacions, que, atès que, com ja s'ha comentat abans, la seva òrbita no és circular, sinó que el·líptica, se'n sumaran dues més. Per aquest motiu, les estacions funcionaran d'una manera més complicada que en la Terra, on l'òrbita sí que és pràcticament circular, i seran més llargues que en aquesta a causa de la major extensió de la seva òrbita, de fet, seran pràcticament el doble, ja que duraran de cinc a sis mesos de mitjana.

Així doncs, sí que és cert que les estacions funcionaran de manera molt similar al nostre planeta: en el moment en què Mart exposi més al Sol l'hemisferi nord, en aquesta meitat les temperatures seran més elevades a causa de la perpendicularitat dels rajos de sol (serà estiu), i al mateix temps, les temperatures en l'hemisferi sud seran més baixes a causa de l'obliqüitat dels rajos (serà hivern); i al revés passarà quan l'hemisferi sud sigui el més exhibit al Sol; no obstant, en el moment en què s'exposin per igual ambdós hemisferis a la radiació solar, les temperatures d'aquests seran menys extremistes o més moderades (és el cas de la primavera i la tardor).

Tanmateix, afegint-los les dues estacions que presenta el planeta degudes a l'obliqüitat de l'òrbita, farà que els hiverns i estius en els dos hemisferis siguin diferents quant a llargària i quant a climatologia, sobretot temperatures.

D'aquesta manera, la cosa quedarà de la següent manera: durant l'estació d'afeli, on Mart es trobarà en les seves màximes distàncies respecte al Sol, a l'hemisferi nord l'estiu boreal serà llarg però menys calorós, al mateix temps que a l'hemisferi sud hi haurà un hivern també llarg però més moderat. No obstant, durant l'estació de periheli, on el planeta romandrà en els punts més pròxims respecte l'estrella, l'hemisferi nord patirà un hivern una mica més curt respecte l'altre, però més intens; i l'hemisferi sud presentarà un estiu curt però més calorós.



Imatge 9. Òrbita de Mart amb inclinació a l'eix de rotació. (Font: planetario.net)

Taula 1. Duració estacions australs i boreals. (Imatge 9)

	Estació	Durada (dies)
1.	Hivern Boreal	154
	Estiu Austral	
2.	Primavera Boreal	194
	Tardor Austral	
3.	Estiu Boreal	178
	Hivern Austral	
4.	Tardor Boreal	142
	Primavera Austral	

1.3. MART COM A PLANETA

Estudiant Mart des d'un punt de vista més concret, ja fixant-nos en ell com un planeta autèntic, podem veure diferents característiques.

D'entrada, cal dir que Mart és el segon planeta més petit del Sistema Solar, després de Mercuri, amb el seu radi equatorial de 3.396 km, que és pràcticament la meitat que el de la Terra, i l'àrea de la seva superfície total és tan sols un 28% de la de la Terra –tot just una mica menys que les terres emergides del planeta blau. La seva massa és de $6{,}4*10^{23}$ kg, deu vegades menys que el nostre planeta, i una densitat de 3,9 g/cm^3. El fet que la seva massa sigui tant baixa respecte a la Terra fa que també tingui una gravetat inferior, ja que la força d'atracció que és capaç d'adquirir ve directament donada per aquesta. Per això, la gravetat en la seva superfície és de 3,71 m/s^2. (Nasa, 2021)

El seu rang de temperatura és força extrem i varia segons l'època de l'any; es troba en una mitjana de -63°C, i amb una variació d'entre -140 fins a 30°C. Aquest fet és degut a la poca densitat de l'atmosfera, la qual és molt inferior a la de la Terra. A més, la composició i altres característiques de l'atmosfera són les que determinen els fenòmens i condicions meteorològiques –per tant, la climatologia– del planeta, de les quals se'n destaquen les brutals tempestes de pols.

Malgrat tot, visiblement, el que més capta l'atenció quan s'observa Mart és, probablement, el seu color, que és d'un vermell-marronós. Això és així degut a l'abundància d'òxid de ferro que presenta en la seva capa més externa de l'escorça.

El que també es pot apreciar en una vista més general és probablement la presència de dos pols glaçats, situats un a cada extrem del planeta (nord i sud, respectivament). El pol del nord està compost principalment per aigua glaçada, i el pol sud, majoritàriament per diòxid de carboni.

Anant a una vista més precisa a l'hora d'analitzar la superfície del planeta, es pot observar que en la capa més externa de la seva escorça rocosa hi predominen grans serralades i nombrosos cràters, amb pics molt més alts que els que tenim a la Terra. De fet, Mart conté el mont conegut més alt de tot el Sistema Solar amb pràcticament 21.000 km d'altura respecte a la superfície mitjana del planeta, l'Olympus Mons. A més, té el

cràter d'impacte més gran, Hellas Planitia; i també el canyó més gran del Sistema Solar, Valles Marieneris.

Un cop havent descrit per sobre les propietats més característiques del planeta i vist tot allò que el diferencia de la resta d'astres del Sistema Solar, només queda parlar dels seus satèl·lits naturals. Aquests, també defineixen el planeta, ja que a més d'influir en algunes de les seves característiques pròpies, cadascun en té un nombre determinat –o, fins i tot, no en tenen–, i amb unes peculiaritats úniques que el personalitzen.

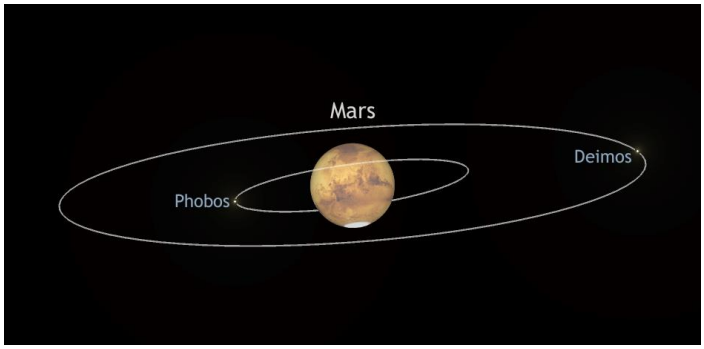
1.3.1. SATÈL·LITS NATURALS

Així com la Terra té un satèl·lit natural: la Lluna; Mart en té 2: Fobos i Deimos.

Van ser descoberts l'agost del 1877 per Asalph Hall qui, quan ja abandonava la recerca per manca de troballes, gràcies als ànims i el coratge que li va oferir la seva dona Angeline Stickney, va descobrir Deimos; i tot just sis nits més tard, Fobos. Hall va posar-los els noms dels fills d'Ares en la mitologia grega, i Mart en la romana, fent així que simbolitzessin els fills del déu de la guerra. De fet, Deimos significa 'por' o 'temor'; i Fobos, significa 'pànic'. (Nasa, 2021)

Tots dos semblen presentar, com a mínim en la seva capa més externa, roca de tipus C, que és un material molt similar al dels asteroides condrites. Aquest fet, fa pensar que els dos satèl·lits foren asteroides capturats per l'atracció de Mart. (Nasa, 2019)

A més, tant un com l'altre, només es deixen veure la mateixa cara des de Mart, igual que la Lluna des de la Terra.



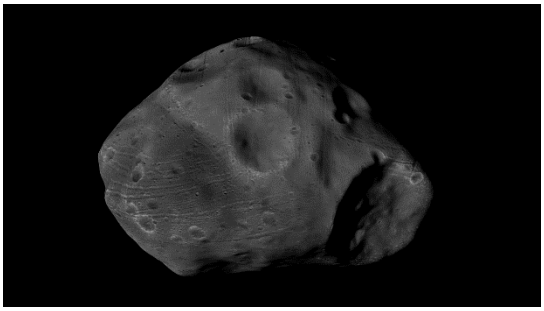
Imatge 10. Òrbita Deimos i Fobos. (Font: Ade Ashford)

Tanmateix, i atès que els dos satèl·lits presenten algunes diferències i característiques pròpies, a continuació se'n farà un petit apunt.

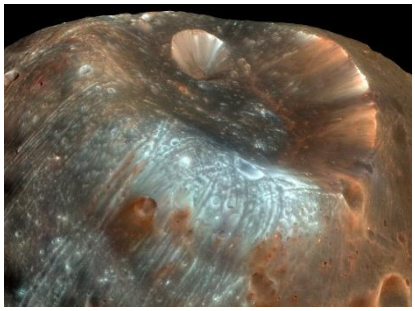
D'una banda, tenim Fobos. Fobos és el més gran dels dos, amb els seus 26 km en l'eix major, i 18 km en l'eix menor. La seva massa és de pràcticament $10,8*10^{15}$ kg, i la seva densitat mitjana, de 1.900 kg/m^3. Cal recalcar que, dels dos satèl·lits, és el que orbita més a prop de la superfície del planeta, només a 9377 km que, comparat amb la distància entre la Terra i la Lluna, aproximadament 385.000 km, no és gairebé res. D'aquesta manera, Fobos fa unes 3 voltes al voltant del planeta cada dia. La seva òrbita, però, té una peculiaritat, i és que és una òrbita que gira en espiral cap a l'interior del planeta, és a dir, cada vegada s'apropa més a Mart. És per això que cada segle, Fobos es troba 1,8 metres més a prop del planeta vermell. Consegüentment, i tenint en compte aquestes dades, podem deduir que en pràcticament 50 milions d'anys, o bé xocarà contra Mart, o bé es desintegrarà tot formant un anell al voltant del planeta. (ESA, 2019)

Una altra característica a destacar és el seu peculiar relleu, que fa semblar que hagi estat víctima d'una gran devastació. Per això, Fobos, destaca per l'abundància de cràters que presenta, causats per impactes de milers de meteorits. El més gran d'ells és Stickney, de pràcticament 10 km de diàmetre, gairebé la seva meitat. Altres de destacables són Gulliver (5,5 km) i Hall (5,4 km).

Per acabar, cal dir que Fobos no té atmosfera, i les seves temperatures varien d'entre -4 °C, a la part sotmesa als rajos de sol, i -112 °C, a la part en penombra. Es creu que aquesta considerable pèrdua de calor es deu a la presència d'una mena de fina pols a la superfície del satèl·lit, que en dificulta la seva retenció. (Nasa, 2019)



Imatge 11. Fobos. (Font: ESA/DLR/FU)



Imatge 12. Cràter Stickney. (Font: HiRISE, MRO, LPL (U. Arizona), NASA)

D'altra banda, però, tenim a Deimos. Deimos, com ja s'ha comentat abans, és més petit que Fobos. El seu eix major és de 16 km i el seu eix menor, de 10. Té una massa d'$1,8*10^{15}$ kg, amb una densitat mitjana d'1,75 kg/m^3. La distància que hi ha entre ell i

Mart és de 23.436 km, fet que ajuda a que la seva volta trigui més temps en completar-se que en el cas de Fobos, ja que dura unes 30 hores, més d'un dia.

Tot i que és igualment un astre força cicatritzat per cràters, aquests són més petits que els de Fobos. I és que el seu cràter més gran –anomenat Voltaire– fa uns 2,3 km de diàmetre –una cinquena part del cràter Stickney, el més gran de Fobos. Això passa perquè, en impactar els meteorits, com que Deimos no té una gravetat prou potent, la pols i deixalles que es creen surten fora de la superfície i suavitzen la superfície. Per això mateix, Deimos té una forma més regular que Fobos. (Nasa, 2021)

Imatge 13. Deimos. (Font: Nasa)

2. CONDICIONS I CARACTERÍSTIQUES DEL PLANETA

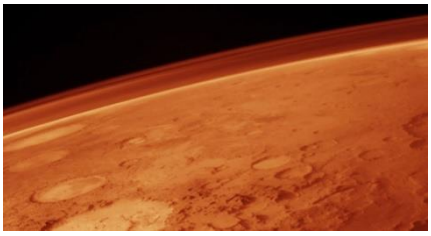
Mart presenta unes condicions geològiques i ambientals úniques i característiques d'ell mateix, que són completament diferents a la resta d'astres del Sistema Solar, i, gairebé segur, també als de tot l'univers. Tot i que sí que és cert que, en ser un planeta rocós, per exemple, hi ha trets que comparteix amb la resta de planetes d'aquesta família, hi ha múltiples particularitats que els diferencien.

Així doncs, cal analitzar bé les característiques que presenten les diferents capes que el composen i que el construeixen.

En primer lloc, s'estudiarà la seva atmosfera, tot tenint en compte les condicions meteorològiques que en deriven de les seves propietats. En segon lloc, s'investigarà la seva geosfera, és a dir, la seva estructura sòlida, tot passant per la conformació interna i pel relleu de la seva capa més exterior. En tercer terme, quedarà la hidrosfera, de la qual s'estudiaran els tres estats que es presenta. A continuació, s'informarà de la situació en què es troba la magnetosfera en l'actualitat, i com el seu estat afecta a altres factors. Finalment, es farà una pinzellada de les darreres notícies que tenim de la seva biosfera, el seu estudi del qual, com ja s'explicarà, és encara una mica verd.

2.1. ATMOSFERA

Com tot just s'ha comentat, una de les condicions a estudiar de Mart és l'atmosfera, la capa gasosa que envolta el planeta. És molt important conèixer les característiques que aquesta presenta per tal de poder arribar a entendre les seves condicions meteorològiques o climatologia (tot i que de vegades en depenen d'altres factors, com dels casquets polars).



Imatge 14. Font: Nasa

El seu estudi, a més de ser imprescindible per a projectes d'habitabilitat al planeta vermell, és també clau per la recerca dels agents que van fer canviar tan dràsticament les característiques del planeta, tot convertint un astre pràcticament habitable en un àrid i enorme desert gelat en forma de planeta mort. A més, investigant aquests agents, potser també es podrà respondre a la pregunta que tant ha turmentat a la humanitat en totes aquestes dècades d'estudi del planeta, i és la possibilitat de presència de vida en un present.

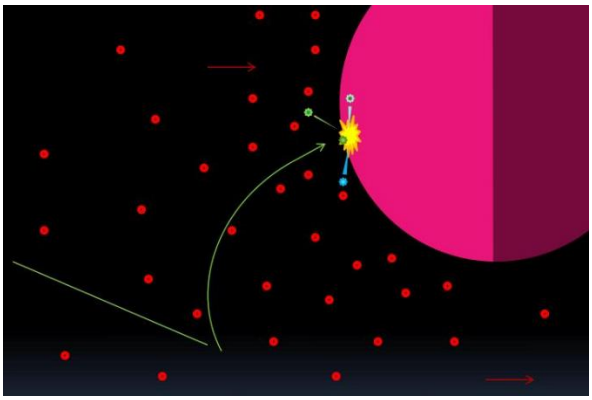
Així doncs, per començar, és important fer-se una idea de la seva consistència. I és que l'atmosfera marciana és pràcticament un 1% de la de la Terra, o sigui, cent vegades més prima o menys densa que el nostre planeta. Tanmateix, i aquí ve la part curiosa, com ja s'ha introduït, hi ha diverses proves i estudis, realitzats sobretot per la missió MAVEN, que afirmen que en un passat molt llunyà, fa uns 3.500 milions d'anys, no fou pas així, sinó que l'atmosfera era molt més densa, càlida i humida; de fet, es diu que fou més o menys igual que la de l'actual Terra.

I doncs, què va fer degradar l'atmosfera? Quin és l'agent culpable que va causar la seva degeneració i, en ella, un canvi dràstic en totes les característiques del planeta?

Doncs bé, totes aquestes preguntes encara es troben en procés de ser investigades, de fet, el recent amartat ròver *Perseverance*, té com a un dels objectius primordials analitzar aquesta capa del planeta per tal de reconstruir la seva història i així trobar els factors que van provocar un canvi tan pronunciat en les propietats del planeta i que van fer d'un lloc semblant a la Terra un enorme desert vermell incapaç de fer viure cap tipus d'organisme, el qual encara en l'actualitat va degenerant a velocitats molt elevades.

Malgrat no conèixer-se encara amb certesa motius pels que s'ha originat un canvi cap a una atmosfera freda, seca i poc densa; part de la comunitat científica recolza la idea que diu que la pèrdua d'aquesta capa va directament relacionada amb la pèrdua del camp magnètic global fa molts milions d'anys –segons es creu, causada per l'aturament dels moviments de convecció del nucli.

D'aquesta manera, en no haver-hi una capa recobrint l'atmosfera que desviï les partícules de radiació i el vent solar, un estudi en curs de realització de MAVEN reconeix aquestes com l'agent causant de la dissipació dels gasos de l'atmosfera marciana. I és que, sobretot a causa del vent solar, a través del procés de polvorització catòdica –anomenat en anglès *sputtering*–, els ions energètics provinents de l'estrella impacten a elevades velocitats contra els àtoms l'atmosfera marciana (principalment d'argó), tot expulsant-los fora cap a l'espai. Al pas dels anys, aquest procés repetit provoca una erosió de la capa gasosa del planeta, tot reduint-ne els seus components. (Nasa, 2021)



Imatge 15. Polverització catòdica dels ions energètics. (Font: Nasa)

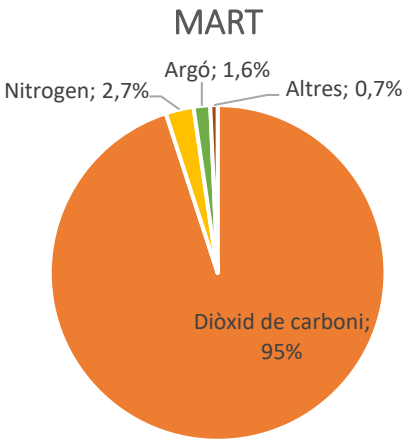
En aquesta línia, encara en relació amb els fluxos de partícules provinents del Sol, es pot parlar de la radiació que arriba a la superfície marciana, que és la que influencia en les característiques del planeta i en la presència de vida –ja que, d'una banda, aporta il·luminació; però de l'altra, també transporta partícules nocives i perilloses per a la salut dels éssers vius.

I és que, tot i que es podria pensar que a Mart li arriba menys radiació que a la Terra a causa de la major llunyania respecte al Sol, en presentar una atmosfera molt més tènue, a la seva sobrefaç li arriba una major quantitat d'aquesta i amb més intensitat. Això no vol dir, de cap manera, que la seva magnetosfera i atmosfera no en retinguin part, sinó

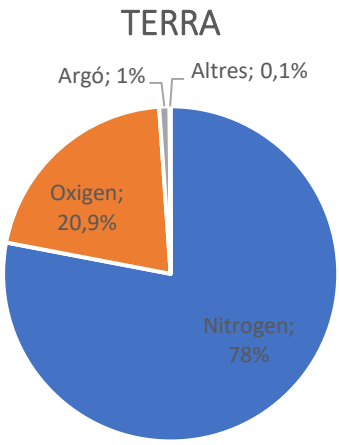
que el seu pas és més lliure i fort. De fet, s'ha estudiat que la superfície marciana està exposada a uns 260 mSv/any de dosi equivalent[1], comparats amb els 2 mSv/any del planeta blau. (*Space Radiation*, 2021; One Mars, 2021)

La tenuïtat de l'atmosfera, no només afecta en la radiació o en fenòmens ambientals, sinó que és la responsable també de la sovint entrada de meteorits en ella i, per tant, l'impacte d'aquests en la superfície –bàsicament, perquè aquesta capa no és el suficient densa com per frenar-los. En efecte, es diu que cada any hi cauen uns 200 meteorits; i, de fet, és per això que el relleu marcià es troba nombrosament accidentat per cràters de totes mides. (*Benvinguts a Mart*, 2021, p. 17)

Passant ja a la seva la composició química, cal dir que varia molt respecte a la de la Terra. Aquesta tènue capa està formada amb un 95,3% de diòxid de carboni, un 2,7% de nitrogen, un 1,6% d'argó, un 0,13% d'oxigen, un 0,08% de monòxid de carboni i petitíssimes quantitats d'altres gasos, com el vapor d'aigua o l'òxid de nitrogen, entre d'altres.



Gràfic 1. Composició de l'atmosfera marciana.



Gràfic 2. Composició de l'atmosfera terrestre.

No obstant, aquestes proporcions varien lleugerament al llarg de l'any segons l'estació. I és que, durant els estius, gràcies al major escalfament dels hemisferis, els casquets polars sublimen, tot passant a gas el seu material sòlid; i durant l'hivern, es duu a terme el procés a l'inrevés: una part important de l'atmosfera es condensa en els casquets

[1] Dosi equivalent: Dosi de radiació en la que els teixits i òrgans humans estan exposats. (ARPANSA, 2021)

polars. Per això, durant els estius boreals, la quantitat de vapor d'aigua en l'atmosfera augmenta, i durant els estius australs, s'incrementa la quantitat de diòxid de carboni. (*Guía Turística de Marte*, 2003, p. 399)

En definitiva, de totes aquestes característiques que presenta l'atmosfera marciana, en deriven unes condicions climatològiques, les quals s'expliquen a continuació.

2.1.1. CONDICIONS CLIMATOLÒGIQUES

Tal i com s'ha esmentat en apartats anteriors, la climatologia de Mart ha anat canviant al pas dels anys. Això sí, gairebé sempre ha anat molt de la mà amb les característiques i composició de l'atmosfera.

Fa molts milions d'anys, el planeta vermell podia gaudir d'un clima força càlid, gràcies a la propietat que els trets de l'atmosfera oferien per tal de retenir radiació en forma de calor que hi entrava, per mitjà del procés d'efecte hivernacle. Actualment, en canvi, a causa de la pèrdua d'una part important de la capa gasosa, aquesta propietat pràcticament ha desaparegut, fet que ha fet disminuir les temperatures i alterar altres fenòmens de l'activitat meteorològica. Tanmateix, però, l'actual atmosfera marciana segueix sent suficientment consistent com per suportar un clima, núvols i vent.

En aquest apartat, doncs, s'explicaran una mica quins són els trets més característics d'aquests fenòmens meteorològics en el planeta marcià, de manera que s'analitzaran cinc punts diferents:

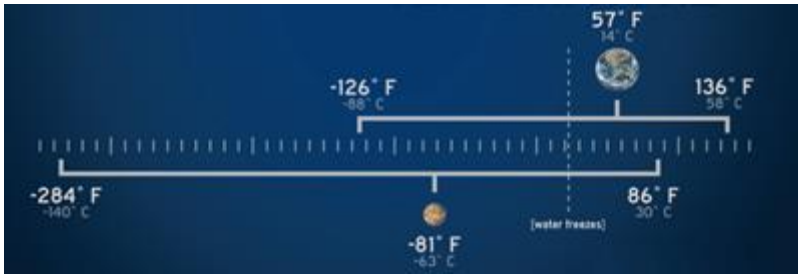
- Temperatura
- Humitat
- Pressió atmosfèrica
- Vent
- Precipitacions

Finalment, cal recalcar que totes aquestes propietats variaran segons la latitud i segons la posició del planeta respecte al Sol, és a dir, les diferents estacions; les quals, com en el cas del nostre planeta, tindran unes característiques úniques que les diferenciaran de les altres. Tot i això, com ja s'ha comentat amb anterioritat, tindran una petita dissemblança amb les de la Terra, a causa de l'obliqüitat de l'òrbita, ja que tant els

hiverns com els estius, no seran els mateixos en un hemisferi que en l'altre, respecte a la llargada, i respecte a les propietats ambientals. Per exemple, els estius australs de l'hemisferi sud seran més calurosos, tot i que més curts; i els estius boreals de l'hemisferi nord, menys càlids, però més llargs; i el mateix passa amb els hiverns.

2.1.1.1. TEMPERATURA

En primer lloc, tenim la temperatura. Com ja s'ha introduït anteriorment, cal dir que els valors de les temperatures a Mart en l'actualitat varien bastant respecte al nostre planeta: són més extrems i més baixos. Veritablement, al llarg de l'any oscil·len d'entre -140 i 30°C en la superfície, tot construint una mitjana de -63°C; gairebé 80°C per sota que la de la Terra.

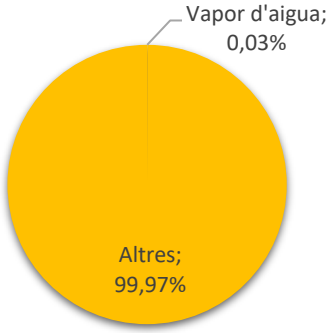


Imatge 16. Comparació del rang de temperatura en Mart i la Terra. (Font: Nasa)

El fet que es doni un clima tan fred i ultrancer en el planeta vermell es deu, d'una banda, a la major llunyania respecte al Sol; i de l'altra, a la dificultat que presenta la tènue atmosfera en dur a terme el procés d'efecte hivernacle, en el que retindria la calor de la radiació solar dins del planeta, tot mantenint una temperatura més elevada i constant.

2.1.1.2. HUMITAT

En segon lloc, tenim la humitat. Com molts altres fenòmens, la humitat ha estat un dels que el planeta vermell ha perdut al pas del temps.



Gràfic 3. Proporció de vapor d'aigua en l'atmosfera marciana actual.

Fa milions d'anys, abans que el planeta es refredés, es pensa que Mart era un planeta humit; de fet, com ja s'explicarà més detalladament després, hi ha diverses proves que apunten que en un passat una part de la superfície del planeta estava recoberta per un gran oceà, és a dir, hi havia aigua líquida. És per això que es creu que en aquella època hi predominava un clima més humit que l'actual.

Avui en dia, en canvi, el planeta vermell es coneix per ser un àrid desert, sec i pelat, el qual, tot i que durant l'estiu boreal augmenta el contingut de vapor d'aigua gràcies a la parcial sublimació del casquet de gel d'H_2O, l'atmosfera encara conté una tan petitíssima quantitat d'aquest vapor que de vegades és gairebé intangible. (Gràfic 3)

2.1.1.3. PRESSIÓ ATMOSFÈRICA

En tercer terme, un altre aspecte important a tenir en compte de la climatologia és la pressió de l'aire.

Se sap que aquesta variable va directament relacionada amb la composició de l'atmosfera. Per això, s'ha pogut deduir que, com que fa milions d'anys la capa gasosa de Mart era molt més densa, la pressió atmosfèrica també era més elevada; de fet, es creu que era pràcticament un terç o dos de la de la Terra actual. Tanmateix, a dia d'avui aquesta tan sols representa només un 0,6% de la de la Terra, sent, de mitjana, d'uns 7 mil·libars en la superfície, comparats amb els 1024 del planeta blau.

2.1.1.4. VENT

En la quarta posició, tenim el vent. En efecte, dues de les peculiaritats per les que Mart destaca respecte als altres planetes del Sistema Solar són les brutals tempestes de pols i l'activitat extraordinària dels terbolins (Imatge 18) –els quals poden arribar a esdevenir forts tornados, anomenats *dust devils*[2] (Imatge 19)–, conceptes que, com ja s'explicarà posteriorment, sovint es relacionen.

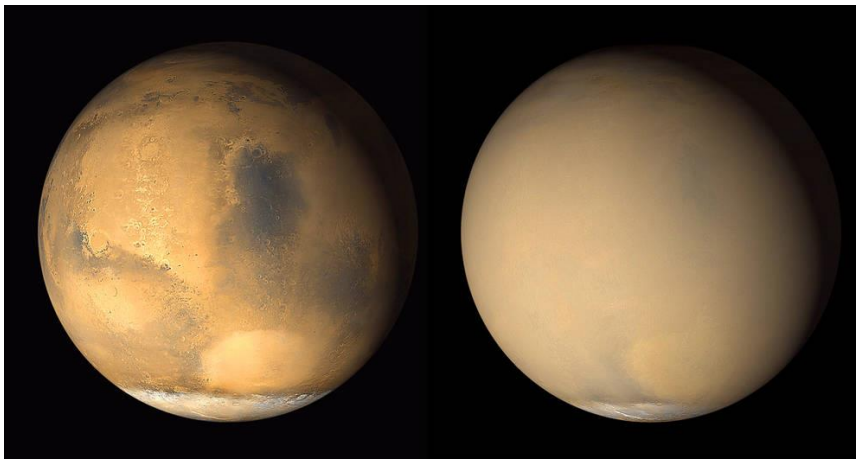
I és que, aquest planeta presenta una atmosfera molt dinàmica. La velocitat del vent ronda dels 7 als 36 km/h a la superfície, depenent de l'estació de l'any; i uns 60 - 110 km/h durant aquestes tempestes –mesurat per Viking Landers–, unes dades força impactants per un planeta amb una atmosfera tan tènue. (Nasa, 2021)

Respecte a la creació i alimentació d'aquests vents, són diversos els factors que hi influeixen. Alguns d'aquests són les variacions estacionals de temperatura, els patrons globals de circulació de l'atmosfera o la topografia, entre d'altres.

Pel que fa al curiós fenomen de les tempestes de pols, com que aquestes són visibles des de la Terra a través de telescopis, ja que, en la seva presència, es veu el planeta com

[2] Dust devils: remolins forts de pols i de vida relativament curta que, en ocasions, poden arribar a representar un gran perill.

una bola de color groguenc (Imatge 17) a causa de la globalització d'aquestes –moltes d'elles s'acaben estenent arreu del planeta, de manera que queda tot recobert per una espècie de polsim vermell–, s'ha observat que s'originen sobretot en els estius més calorosos, o sigui, els estius australs de l'hemisferi sud (època en que el Sol i Mart es troben en el punt més pròxim de l'òrbita i, per tant, època on el planeta rep més radiació d'aquest), i poden arribar a durar tota l'estació, és a dir, els 6 mesos que la corresponen.



Imatge 17. A l'esquerra, Mart en estat atmosfèric calmat. A la dreta, Mart enmig d'una tempesta global de pols. (Font: NASA/JPL-Caltech/MSSS)

Tot i que s'han realitzat diverses hipòtesis respecte al seu origen, la que sembla que més quadra amb els fets observats és la que estableix una relació d'aquestes amb els remolins de pols, originats per terbolins[3], els quals es donen lloc gràcies a l'escalfament de l'atmosfera, i ho fan de la següent manera.

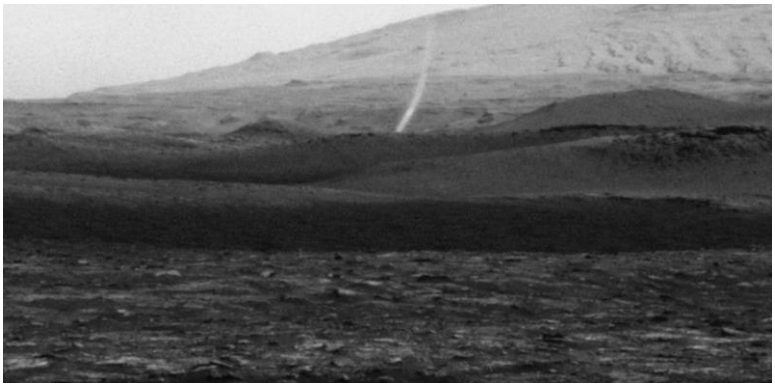
Quan la radiació escalfa la superfície, en fer-ho, també encalenteix l'aire més proper a la superfície. Llavors, es creen unes bombolles d'aire calent que s'expandeixen per tot arreu i, més tard, s'arremolinen. És en aquell moment quan es creen els terbolins, els quals, quan també arrastren pols i detrits del terra, deriven als famosos remolins de pols.

Si aquests, a més, s'estenen arreu del planeta gràcies a un sistema de retroalimentació del seu procés[4], finalment creen les impactants tempestes globals de pols, que són justament les que són visibles des de la Terra (Imatge 17).

[3] Terbolins: remolins de vent que agafen molta velocitat i, segons com, poden arribar a esdevenir força perillosos.

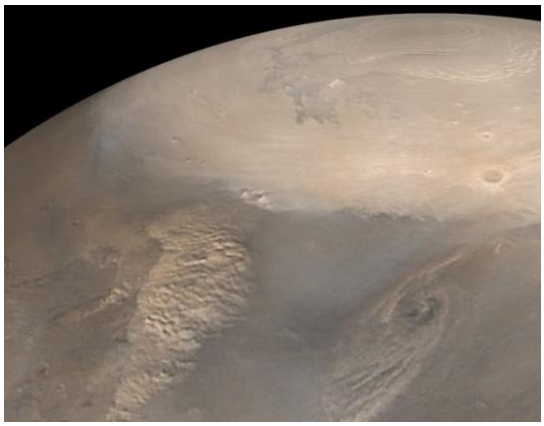
[4] Aquest procés es dona gràcies a que el mateix aire amb pols absorbeix cada cop més calor, tot fent escalfar les capes més altes de l'atmosfera i fent també alterar els patrons de vent, els quals són els que després fan aixecar la pols per tot el planeta.

L'efecte s'atura en l'arribada de la tardor austral –és a dir, en la fi de l'estiu austral–, ja que, com que el Sol deixa d'escalfar tant directament la sobrefaç del planeta, la pols es torna a dipositar altre cop en la superfície marciana. (*Guía Turística de Marte*, 2003, p. 382-387)

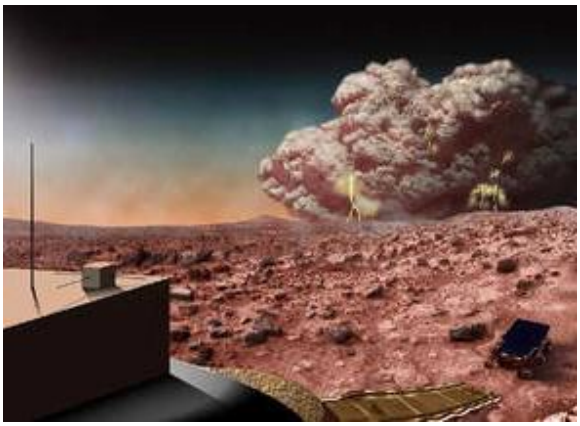


Imatge 18. Terbolí d'uns 5m d'ample i uns 50m d'alt, capturat pel ròver Curiosity. (Font: Nasa)

Imatge 19. "Dust devil" d'uns 300 m de diàmetre i uns 800 m d'alçada, capturat per l'HiRISE. (Font: NASA/JPL)



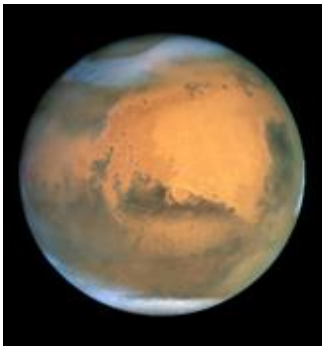
Imatge 20. Tempesta de pols regional vista des de fora. (Font: NASA PIA 10787)



Imatge 21. Il·lustració d'una tempesta de pols vista des de la superfície marciana. (Font: Nasa)

2.1.1.5. PRECIPITACIONS

Per últim, tenim les precipitacions. En el planeta marcià; a causa de la tènue atmosfera, que deriva a una baixa pressió atmosfèrica; presenta uns processos atmosfèrics poc potents, comparats amb la Terra. Malgrat tot, durant la tardor i començaments d'hivern es creen uns núvols de gel de CO_2 i també d'aigua per sobre dels pols i estenent-se a latituds moderades –de 70°, 60° i 50°– (Imatge 22) que, en determinats casos, donen lloc a precipitacions, només de CO_2.



Imatge 22. Núvols de gel en latituds properes als hemisferis. (Font: Nasa)

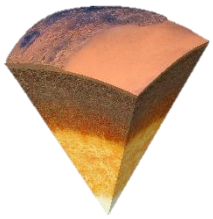
Però no són precisament com les precipitacions que estem acostumats a imaginar; i és que, tot i que mai hi plou, sí que hi neva. I què vol dir això? Doncs això ens diu que existeixen únicament processos físics de pas de gas a sòlid o a l'inrevés, és a dir, sublimacions; però mai condensacions o evaporacions. (*Guía Turística de Marte*, 2003, p. 398-399)

Realment, si es para a pensar, té tota la lògica. Tan pel que fa en el cas de l'aigua, com en el del diòxid de carboni, les extremes característiques atmosfèriques del planeta vermell no permeten la seva presència en estat líquid, a causa dels baixos valors pressió i temperatura. És per això que, en ser impossible l'estat líquid d'aquests dos elements a condicions ambientals marcianes habituals, automàticament si es dona el cas que precipiten, el procés que hi té lloc és obligatòriament la sublimació del vapor en el núvol, de manera que sempre neva.

Aquesta neu que, com ja s'ha esmentat abans, és únicament de CO_2 glaçat i sec, es diu cau en forma de flocs de la mida d'un glòbul vermell, de 4 a 22 µm (varia segons l'hemisferi). A més, s'ha observat que les nevades es donen sobretot per la nit, i es comenta que podrien crear perilloses tempestes de neu gelada durant aquestes hores.

2.2. GEOSFERA

En aquest apartat s'estudiarà una de les parts més importants a tenir en compte per al projecte final de la construcció de l'habitatge: la geosfera, ja que serà bàsicament sobre on residirà i es sustentarà la construcció. La geosfera, doncs, és la capa sòlida en l'interior d'un planeta, que va des del bell mig fins a la superfície. Està constituïda per roques, minerals i sòls, i conformada, químicament, per esferes concèntriques conegudes com les seves capes (nucli, mantell i escorça).



Imatge 23. Font: David Ducros/IPGP

En aquest punt, s'estudiaran totes aquestes parts de les que consta: la seva composició, capes, estat físic... –tot el que conforma la seva estructura interna; i es focalitzarà, a més, en la seva capa més superficial; en el que es veuran les seves característiques generals més importants però també alguns dels seus punts concrets més interessants.

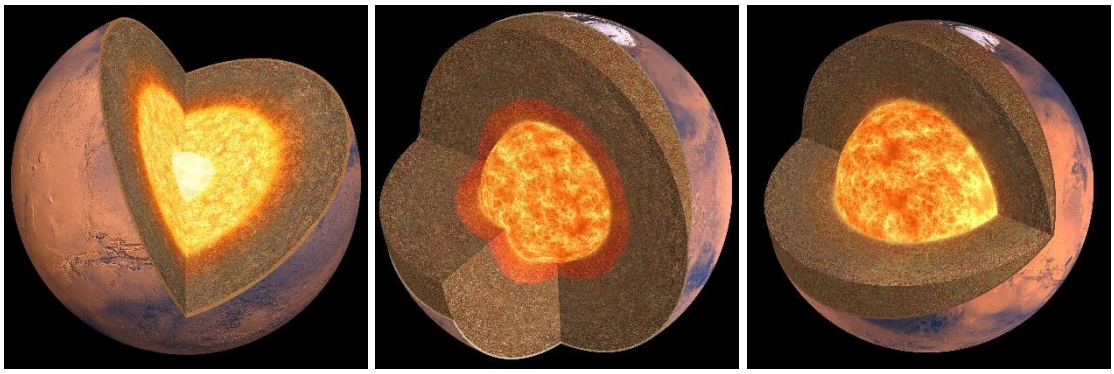
2.2.1. ESTRUCTURA INTERNA

Així doncs, per començar, és important tenir en compte que, atès que Mart és un planeta rocós, presenta una sèrie de característiques en ell que són molt similars o, fins i tot, que comparteix amb tots aquests planetes que tenen aquesta mateixa condició; per exemple, el nostre planeta Terra. No obstant, a causa de les seves pròpies peculiaritats en l'espai –llunyania respecte al Sol, per exemple– també compta amb múltiples diferències.

Per tant, parlant de la geosfera del planeta vermell des d'una perspectiva general, podríem destacar la seva semblança amb la de la Terra, ja que no només en comparteix l'estructura química – nucli, mantell i escorça –, sinó que, a més, les capes d'aquesta tenen una composició molt similar. De fet, fins ara, tots els minerals i roques procedents de Mart que han arribat en mans dels investigadors per tal de ser identificats i estudiats, han resultat formar ja part de la Terra.

Així doncs, si separem les capes, tenim el nucli, el mantell i l'escorça i, tot i que la major part de les seves característiques encara són hipòtesis o, simplement, interrogants, s'estan planejant i duent a terme múltiples projectes per tal de trobar més informació.

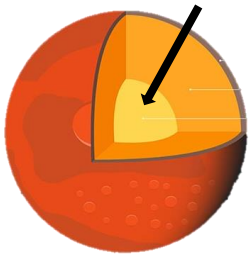
A continuació, doncs, s'explicarà el que se sap o es creu actualment respecte a l'estructura interna del planeta vermell, tot anant des de l'interior de tot fins a la superfície visible.



Imatge 24, 16, 17: Possibles models de l'estructura interna marciana. (Font: David Ducros/IPGP)

2.2.1.1. NUCLI

En primer lloc, tenim el nucli. Gràcies a lectures sísmiques realitzades per la sonda Insight, tenim una estimació aproximada de la seva mida, la qual sembla rondar els 1700 km de radi; en proporció, poc més petit que el de la Terra. Quan es va trobar aquesta dada, els científics van veure que era una mica més gran del que s'havia estimat i, com a conseqüència, també una mica menys dens del que s'havia predit, ronda els 7 g/cm^3 (±1g/cm^3). El fet d'haver errat en el pronòstic de la seva densitat, fa pensar que deu tenir una composició diferent a la plantejada (deu contenir algun element més lleuger). (*The mystery of Mars' interior*, 2021)

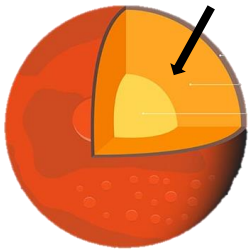


Tot i que la seva composició, estat físic i estructura estan en procés d'estudi, ja es té alguna idea aproximada del que possiblement consten aquests aspectes.

Pel que es creu, està composat per de ferro, níquel i, probablement, sofre, tot i que segurament també hi ha algun material més lleuger, com ara l'oxigen. A més, pel que fa a l'estat físic, malgrat que, com ja s'ha dit anteriorment, encara no se sap del cert, el que sí que es pensa és que en un passat va ser líquid, a causa dels resultats a diferents estudis a roques magnetitzades que afirmen que en anys molt anteriors hi havia hagut un camp magnètic global potent, el qual requereix d'un nucli fos obligatòriament. Per això mateix, es creu que encara podria estar parcialment líquid, per bé que en gran part,

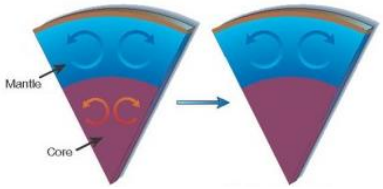
segurament, ja s'hagi solidificat a causa del seu refredament, del qual se'n desconeixen les causes; fet que va provocar la pràcticament desaparició del camp magnètic que tot just s'ha comentat. Finalment, cal dir que, pel moment, no es considera que el nucli marcià es separi per una capa interior i exterior, com en el cas de la Terra, sinó que forma una massa conjunta i única.

2.2.1.2. MANTELL



El nucli està envoltat per una capa més voluminosa però menys densa, que és el mantell, i que és aquella capa que es troba entre aquest i l'escorça. La seva extensió s'ha estimat ser d'uns 1700 km de gruix.

A l'igual que en el cas del nucli, però, també hi ha bastants interrogants respecte a la seva composició i estructura. No obstant, gràcies a restes de meteorits marcians que han arribat a la Terra i han pogut ser estudiats, se sap que té una composició força similar a la del planeta blau. De fet, com en el seu cas, està format principalment per roca silícica, oxigen, ferro i magnesi, i sembla ser que en ell hi abunden peridotites, unes roques també presents en el mantell terrestre. D'altra banda, pel que fa a l'estructura d'aquesta capa, encara no s'ha confirmat que contingui estrats, és a dir, capes separades per discontinuïtats, com passa en la Terra.



Imatge 25. Hipòtesi de l'evolució del nucli i el mantell. (Font: InSight)

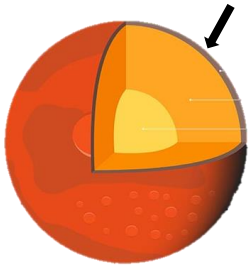
Si parlem dels moviments convectius del mantell marcià, tot i que no és segur que es donin lloc, diverses simulacions teòriques afirmen que sí que hi són presents, ja que el planeta vermell té encara una quantitat suficient de calor que els permet alimentar. (*The mystery of Mars' interior*, 2021)

Finalment, cal esmentar les funcions que duu a terme aquesta capa.

Una és actuar com a intercanviador de calor entre el nucli i l'escorça, o sigui, amb la part externa, fet que juga un paper clau en l'evolució del camp magnètic de l'astre. I l'altra és –tot i que en l'actualitat ja no es doni– que en un passat fou l'encarregada de formar els fluids magmàtics que, més tard, sortirien per l'escorça en forma de fenòmens volcànics –això ocorre quan es fon parcialment el material rocós d'aquesta capa.

2.2.1.3. ESCORÇA

Per últim, tenim la capa més externa del planeta: l'escorça. Aquesta és, a l'igual que en la resta de planetes rocosos, la més petita de totes; té una extensió d'uns 65 km de mitjana –la qual varia entre 30 i 100 km segons l'hemisferi. En ser la més accessible (és la més exterior, per tant, la més abastable), és segurament de la que més informació se'n posseeix. De fet, moltes de les seves característiques es poden observar amb un telescopi des de la Terra.



Abans de res, la seva composició consta, principalment, de basalt i granit (més basalt que granit), tret que s'assimila força amb l'escorça oceànica terrestre. I la seva capa més superficial

Després, tot i que no s'ha observat encara cap estratificació, la sonda InSight ho està estudiant i revelarà en no gaire temps si aquestes hi són presents.

A més a més, pel que fa a l'estructura mecànica, com a mínim en l'actualitat, Mart és un planeta mort, no presenta una tectònica de plaques. De fet, es diu que actualment està format per una sola placa, la qual és una capa rígida i gruixuda, completament immòbil. Malgrat tot, això no treu que en un passat fos diferent. En efecte, el seu origen és completament incert i, malgrat s'estan estudiant i imaginant diferents escenaris possibles, encara queda molt per saber i veure. (The mystery of Mars' interior, 2021)

2.2.2. RELLEU

Sovint, quan ens imaginem el planeta Mart, pensem en un desert vermell infinit, obstaculitzat freqüentment per turons i cràters. Realment, si fa no fa és aquesta la idea, tot i que una mica més complerta. En aquest apartat, es donaran a conèixer les característiques de la seva capa més superficial, així com també es veuran algunes de les peculiaritats més impressionants que presenta la seva conformació, que són les que el fan destacar i el distingeixen de la resta d'astres en el Sistema Solar.

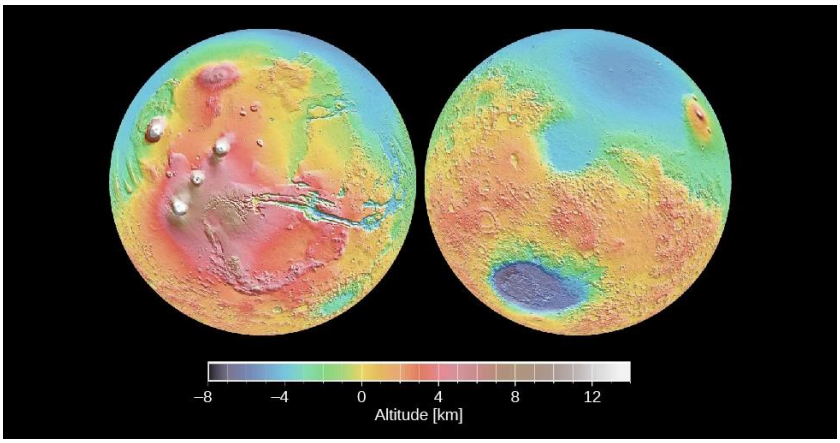
Per començar, si es posa el punt de vista en un telescopi des de l'altura de la Terra (Imatge 26), el que es pot observar, bàsicament, és una esfera vermella amb dos casquets situats als pols nord i sud respectivament, mancada de qualsevol tipus d'indici d'oceà o presència d'aigua líquida. Tanmateix, però, en moltes fotografies el color vermell no s'expandeix uniformement per tota la perifèria, sinó que adopta diferents

tonalitats puntuals en determinats indrets. Aquesta distinció no significa ni més ni menys que la presència de pols marcià cobrint aquestes regions, el qual, per exemple, en aixecar-se en les tempestes de pols, forma aquestes tasques fosques locals que es veuen. Com que aquestes tempestes són temporals i regionals, les taques també ho són. (Nasa, 2021)

Imatge 26. Mart capturat des del satèl·lit HUBBLE (Font: CNET)

Nogensmenys, si s'atansa el punt de mira cap a la vista d'una sonda estudiant el planeta vermell des d'a prop, es poden concretar més totes les estructures presents en la seva sobrefaç, les quals es diu que són de les més espectaculars del Sistema Solar. I és que es comenta que Mart té un relleu més obstaculitzat que la Terra, tot i que amb força similituds. Hi podem trobar camps de dunes, serralades de muntanyes, cràters i volcans, canyons, túnels originats pel pas de la lava, zones glaçades, planures, altiplans, fractures i falles, conques...

Totes elles construeixen un rang d'elevació d'uns 29 km en total; en contrast amb els 20 km del de la Terra; i està marcat per un nivell de referència considerat com el radi mitjà del planeta, el qual ens indica la latitud en els diferents indrets. El rang en qüestió va des de la Conca d'Impacte Hellas, també coneguda com Hellas Planitia –situada a 8 km per sota del nivell de referència–, fins al cim del volcà Olympus Mons –ubicat a 21 km per sobre del nivell de referència.



Imatge 27. Mapa topogràfic de Mart. (Font: NASA/JPL)

El fet que el relleu marcià presenti unes formes tan pronunciades respecte al planeta blau, es deu, sobretot, a que no existeixen els agents d'erosió més significatius que actuen al nostre planeta, com són l'aigua líquida (l'impacte de la pluja, la petjada de l'onatge, l'escorrentia...) i l'empremta dels éssers vius. A més, també hi influeix el fet que Mart presenti una gravetat inferior a la de la Terra, ja que la les estructures no reben una força tan gran que les empeny avall i, per tant, tenen una major estabilitat i poden evitar més fàcilment les brutals caigudes i despreniments de roques. (Santiago, 2021)

Tot i això, malgrat es permetin unes formes de relleu més espectaculars, s'ha trobat que aquestes també s'erosionen i desgasten al pas dels anys, a causa dels assotaments dels forts vents que aixequen i desplacen la pols i arena de la superfície marciana; de manera que el relleu es va movent i regenerant de manera constant. (*La acción de los vientos de Marte*, 2015)

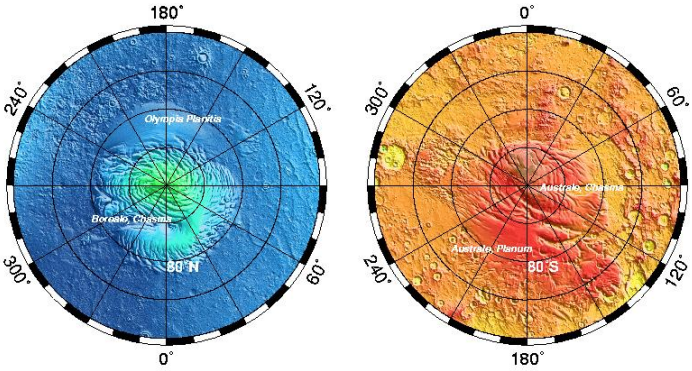
Pel que fa a l'origen de les seves conformacions, és un tema que està en procés d'investigació, tot i que ja s'han realitzat diverses hipòtesis. I és que, encara que en l'actualitat Mart es consideri un planeta completament mort, en un passat es creu que no fou així. De fet, les petjades de lava en alguns dels seus cràters, esplanades i túnels, a més de la presència de volcans, evidencien el fet que fa molt de temps segurament va ser un planeta actiu. Addicionalment, se sap també que, a causa de la tenuïtat de la seva atmosfera, els meteorits tenen una major facilitat en penetrar la capa gasosa, fet que justificaria la presència de l'elevat nombre de cràters en la seva superfície. Respecte a l'origen d'algunes serralades, no es descarta el fet d'haver-se creat gràcies a la influència de la dinàmica interna del planeta, és a dir, a partir del moviment de convecció del

mantell, els quals deriven a la fracturació de l'escorça. Finalment, agafant-nos a la hipòtesi que afirma que fa milions d'anys hi havia aigua líquida en la superfície marciana, es pot deduir que moltes de les estructures presents han estat causades per aquesta, ja sigui pel seu pas, o gràcies al seu refredament, el qual creava fractures i falles.

Una altra particularitat del relleu marcià és la presència de túnels de lava, originats fa milers d'anys per la freqüent activitat volcànica que, en el seu pas, van formar unes galeries subterrànies. Aquestes, en buidar-se la lava de dins, han format xarxes de coves. Encara que guarden força similituds amb els de la Terra i la Lluna, la diferència de gravetat dels tres planetes deriven a característiques úniques per cada un d'ells. Mentre que en la Terra tot just arriben a 30 m de diàmetre, a Mart arriben als 250 m, i a la Lluna, pràcticament al quilòmetre; per tant, com menys gravetat tingui l'astre, més grans són aquestes. (CienciaPlus, 2017)

Imatge 28. Túnels de lava a Pavonis Mons. (Font: ESA/DLR/FU Berlin)

Passant ja a les característiques més específiques del relleu, es podria introduir fent una distinció entre l'hemisferi nord i l'hemisferi sud. D'una banda, en l'hemisferi nord es veu, dit de manera general, un relleu força suau, sense gaires entrebancs, caracteritzat per l'abundància d'esplanades i per una baixa elevació. De fet, una part important d'aquest hemisferi, es troba per sota del nivell de referència. D'altra banda, però, en l'hemisferi sud es poden observar unes terres molt més accidentades; altes, aspres i amb milers de cràters, originats pels múltiples atacs dels meteorits. (Imatge 29)



Imatge 29. Mapa topogràfic de Mart. L'esfera de l'esquerra representa l'hemisferi nord, i la de la dreta, el sud. (Font: MOLA Science Team)

Per aquestes distincions, l'hemisferi nord i el sud tenen tipus força diferents de conformacions i formes del relleu, les quals s'explicaran al següent subapartat.

2.2.2.1. CONFORMACIONS I FORMES DEL RELLEU DESTACADES

Les conformacions i formes del relleu que caracteritzen el planeta vermell són, com s'ha comentat, des d'esplanades i altiplans fins a volcans, cràters o sistemes de muntanyes. A continuació, se'n comentaran els més destacats.

D'entrada, parlant dels pols, es poden distingir dos altiplans respectius a aquests. El de l'hemisferi nord s'anomena Planum Boreum, i el del sud, Planum Australe.

Posant el punt de vista en l'hemisferi nord, es pot destacar la gran planura desèrtica septentrional Vastitas Borealis. Aquesta, avarca gairebé tot l'hemisferi nord, i hi ha diverses hipòtesis realitzades respecte a la seva formació. Alguns científics pensen que es va formar a causa d'un oceà gegant que cobria tota aquella part, i d'altres pensen que es va crear gràcies a l'impacte d'un meteorit enorme. En ser tan gran, s'ha dividit i anomenat en múltiples regions més petites, que són les que es coneixen. Els seus noms són Arcadia Planitia, Amazonis Planitia, Acidalia Planitia, Utopia Planitia, Chryse Planitia i Elysium Planitia –aquestes dues darreres ocupen pràcticament l'equador. A més, gairebé com una extensió de la Utopia Planitia, s'hi troba en la concavitat d'un gran volcà, Isidis Planitia, una planura no tant gran com les esmentades.

Altres formacions interessants en l'hemisferi nord són Arabia Terra, que és una vasta regió muntanyosa plena de cràters i molt erosionada (IRSO, 2021); i Tempe Terra, una formació geològica plena d'estructures volcàniques i cràters que mostra una història geològica profunda. (ESA, 2021)

Tirant ja cap a la zona de l'equador, es troben altres estructures rellevants. Primer de tot, es troba la regió volcànica més important del Sistema Solar, la regió Tharsis; de la qual se'n destaca el volcà més alt del Sistema Solar, Olympus Mons, amb uns 21.200 km d'alt per sobre de la superfície mitjana marciana. En aquesta regió també s'hi troben els anomenats Tharsis Montes, tres volcans alineats molt característics del planeta: Ascraeus Mons (18.200 km), Pavonis Mons (14.000 km), Arsia Mons (17.800 km). Més cap al nord, s'hi troba l'últim volcà que en forma part, Alba Mons (6.800 km), el qual, tot i ser el menys alt, és el més ample i voluminós. (*Guía Turística de Marte*, 2003)

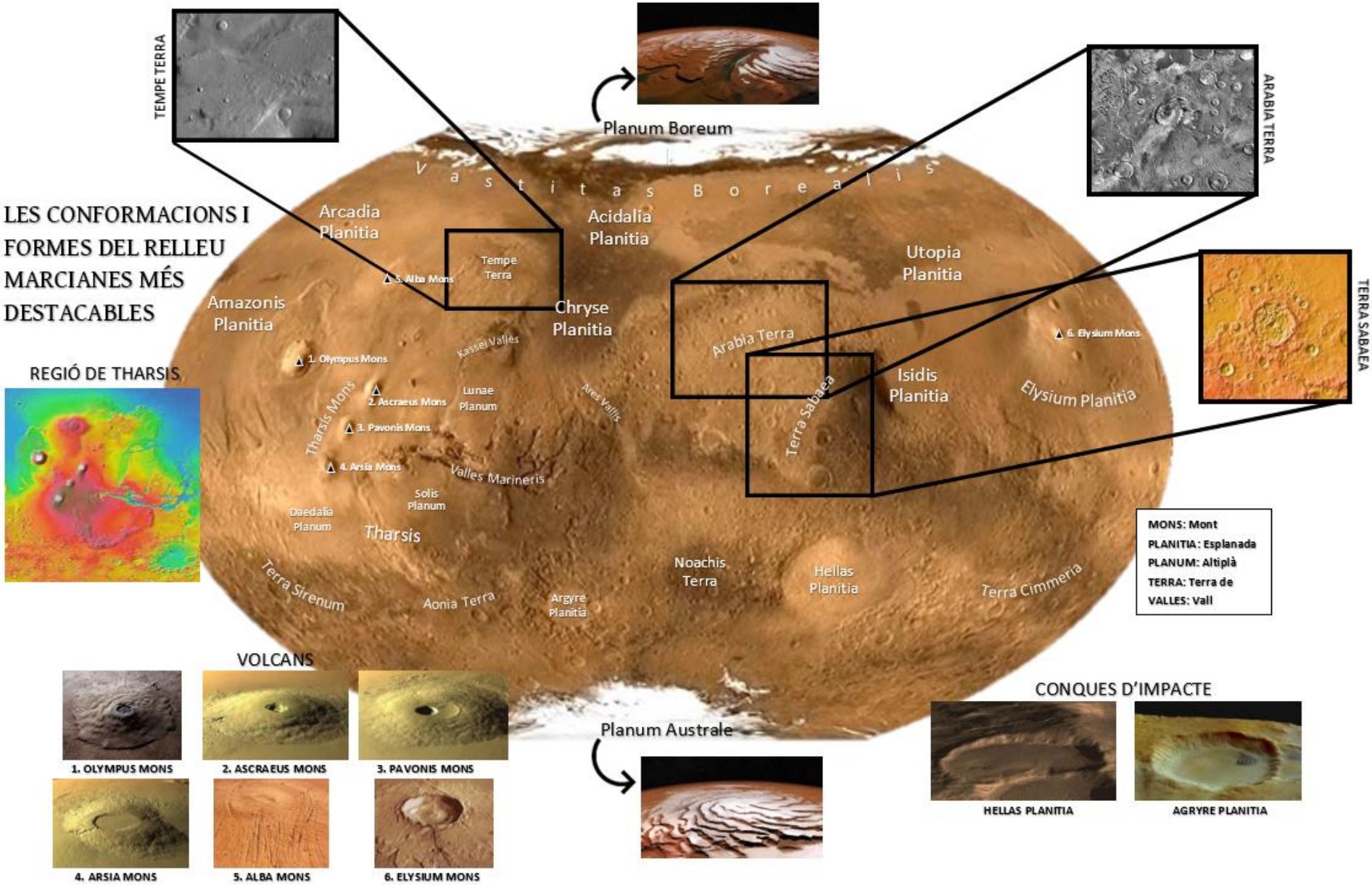
De l'est d'aquesta regió, tot travessant l'equador, s'hi enganxa el sistema de canyons més gran del Sistema Solar, amb els seus 4.000 km d'extensió, 200 d'ample i 10 de profunditat, anomenat Valles Marineris. (ESA, 2021) Al voltant d'aquesta zona, es formen planures en una altitud pronunciada. Dues de les més importants són Solis Planum i Daedalia Planum.

Just per sobre d'aquest sistema de canyons, hi ha una planura anomenada Lunae Planum, la qual està accidentada per diversos cràters i rodejada per dalt per un sistema de canyons molt gran, anomenat Kasei Valles (1.800 km d'extensió). (NASA, 2021) Tirant cap a l'est d'aquesta, també es troba un llarg canal de desbordament anomenat Ares Vallis, el qual consta de curioses formes en la seva superfície que se sospita que són conseqüència de l'erosió feta pel pas de l'aigua fa molt de temps. (ESA, 2021)

Encara resseguint l'equador, es pot observar un enorme altiplà impactat per nombrosos cràters anomenat Terra Sabaea.

Arribant ja a l'hemisferi sud, cal destacar, d'entre àmplies terres cobertes per cràters i canals; com Terra Sirenum, Aonia Terra, Noachis Terra, Terra Cimmeria; dues conques creades per l'impacte de colossals meteorits –segons es creu.

La més gran és Hellas Planitia, amb els seus 2.300 km de diàmetre i més de 7 km de profunditat, i és una de les conques d'impacte més grans del Sistema Solar, a més de ser el punt més profund del planeta. (ESA, 2021) L'altra, és Argyre Planitia, d'uns 7 km d'ample i 2 km de profunditat, la qual conté un camp de dunes en la part nord-est del cràter. (ESA, 2021)


LES CONFORMACIONS I FORMES DEL RELLEU MARCIANES MÉS DESTACABLES
TEMPE TERRA
Planum Boreum
ARABIA TERRA
TERRA SABAEA
Vastitas Borealis
Arcadia Planitia
Acidalia Planitia
Tempe Terra
Utopia Planitia
Amazonis Planitia
Chryse Planitia
Arabia Terra
Isidis Planitia
Elysium Planitia
Terra Sabaea
Kasei Valles
Ares Vallis
Lunae Planum
Tharsis Mons
Valles Marineris
Solis Planum
Daedalia Planum
Tharsis
Terra Sirenum
Aonia Terra
Argyre Planitia
Noachis Terra
Hellas Planitia
Terra Cimmeria
Planum Australe
1. Olympus Mons
2. Ascraeus Mons
3. Pavonis Mons
4. Arsia Mons
5. Alba Mons
6. Elysium Mons
REGIÓ DE THARSIS
VOLCANS
1. OLYMPUS MONS
2. ASCRAEUS MONS
3. PAVONIS MONS
4. ARSIA MONS
5. ALBA MONS
6. ELYSIUM MONS
CONQUES D'IMPACTE
HELLAS PLANITIA
AGRYRE PLANITIA
MONS: Mont
PLANITIA: Esplanada
PLANUM: Altiplà
TERRA: Terra de
VALLES: Vall

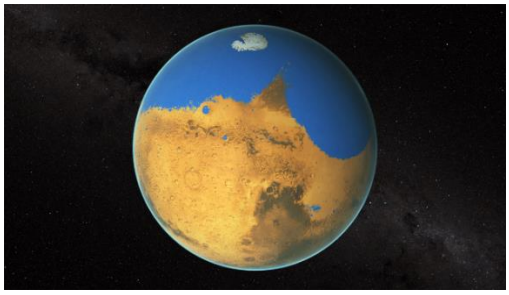
2.3. HIDROSFERA

Per imaginar-nos una possible habitabilitat en un altre planeta, un dels factors imprescindibles a tenir en compte és la presència d'aigua, la qual és un element clau i essencial per a la vida. És per això que, si es vol arribar a idear projectes tripulats destinats a Mart, el primer que s'haurà de fer és assegurar-se que, d'alguna manera o altra, allà n'hi haurà; ja que, per practicitat, aquest element no hauria de ser importat de la Terra. Per tant, per tal de saber els recursos que es disposa, cal estudiar la hidrosfera, i, segons això, actuar i projectar d'una manera o altra.

Així doncs, en aquest punt s'investigaran a fons tots els estats què es presenta l'aigua en el planeta vermell i els punts exactes on es troben, i s'analitzaran, segons això, les opcions que es tenen per localitzar i orientar l'habitatge.

Primer de tot però, cal definir el concepte, ja que de vegades es pot confondre. La hidrosfera, doncs, és la quantitat total d'aigua que presenta un planeta en qualsevol estat, ja sigui sota o sobre la seva superfície, o, fins i tot, en l'aire. (National Geographic, 2021) Llavors, considerant-ho, es pot afirmar que Mart presenta una hidrosfera, tot i que una mica diferent a la que estem acostumats a conèixer de la Terra. De fet, en l'actualitat el planeta vermell no presenta cap rastre d'aigua en estat líquid per sobre de la superfície, en contrast amb el nostre planeta, el qual està cobert per un 70%.

Tot i això, s'han realitzat estudis on afirmen que fa uns 4 mil milions d'anys hi va haver un gran oceà septentrional que cobria part de l'enorme esplanada de l'hemisferi nord, a més d'altres zones, com cràters submergits a causa de la fusió ocasional del gel (Imatge 30). Això, es donava lloc gràcies a una atmosfera més densa que ho devia permetre. Un cop aquesta es va anar degradant, l'aigua superficial també es va perdre, fins arribar a donar lloc a un desert àrid que envolta tot el planeta. (National Geographic, 2021)

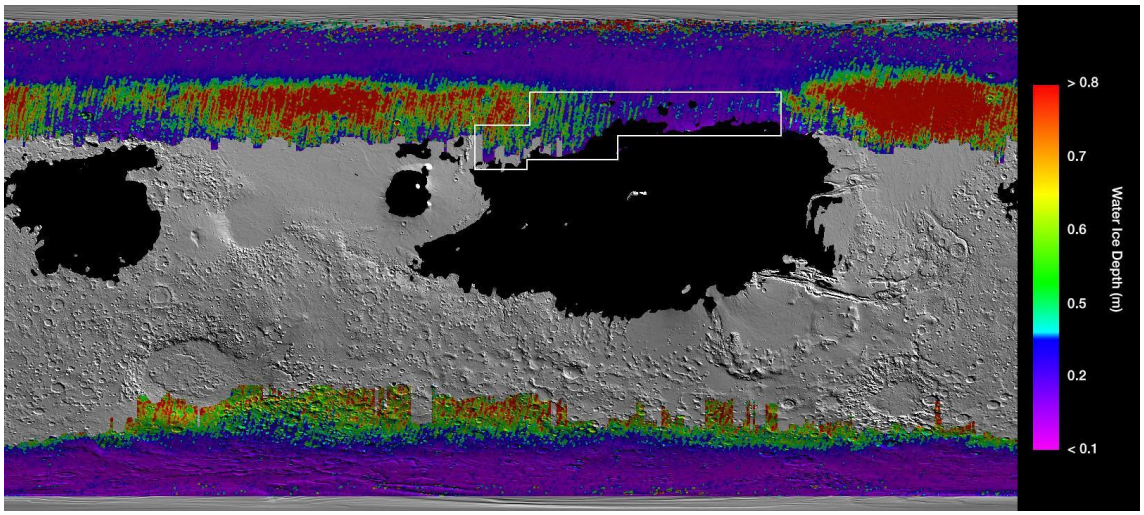


Imatge 30. Mart fa 4 mil milions d'anys, mig recobert per un oceà Septentrional (Font: National Geographic)

Així doncs, què entenem llavors per hidrosfera a Mart? Doncs bé, tot i que aquest planeta no posseeixi ni una sola gota d'aigua líquida en la seva perifèria a dia d'avui, a causa de la impossibilitat de la seva presència que ofereixen les baixes temperatures i baixa pressió del planeta, el 2018, uns investigadors italians de la missió Mars Express van detectar, a través del radar MARSIS, aigua líquida en forma de llac subterrani a uns 1,5 km per sota el gel del pol sud. Un llac de pràcticament 20 km de diàmetre ric en sals minerals, uns elements essencials per mantenir l'aigua en estat líquid, ja que ajuden a disminuir el punt de congelació d'aquesta, en un indret on ronden pels 60 graus sota zero. (National Geographic, 2021)

Pel que fa a la presència d'aigua en la superfície, el que sí que sabem, i és visible mirant el planeta simplement des d'un telescopi o en una fotografia general, és que posseeix dos casquets polars glacials, situats al nord i al sud del planeta respectivament. No obstant, aquesta informació pot confondre una mica, ja que es podria arribar a pensar que ambdós pols estan constituïts per aigua congelada, com passa en el cas de la Terra; i que, de fet, era el que plantejaven les primeres hipòtesis quan es van descobrir i interpretar aquests indrets com a camps de gel el 1790. Els científics van estar debatent sobre la classe de gel que hi podien haver durant 100 anys, des de mitjans del s.XIX fins a mitjans del s.XX. Llavors, van començar a sorgir noves hipòtesis que proposaven la presència de diòxid de carboni congelat. Finalment, es va confirmar que tan una suposició com l'altra tenien part de raó; i és que el pol nord està constituït per aigua en forma de gel, i el sud, per diòxid de carboni també en estat sòlid; tot i que durant els seus respectius hiverns, ambdós es troben envoltats per un dipòsit de gebre de diòxid de carboni.

De tota manera, tota la hidrosfera de Mart no es concentra en aquests dos únics punts: el pol nord, en estat sòlid, i per davall del pol sud, en estat líquid; sinó que també hi ha constància d'aigua congelada en diversos punts a un o dos metres per sota de la superfície, en forma de mars glaçats subterranis de més de 100 metres de profunditat, sobretot en zones properes al casquet en qüestió; tal com es comenta, per exemple, en un estudi publicat a la revista americana Science anomenat Water ice cliffs on Mars. (*Water ice cliffs on Mars*, 2018, p. 199)



Imatge 31. Mapa de presència d'aigua subterrània a Mart. Els colors freds representen més proximitat a la superfície que els càlids. (Font: NASA/JPL-Caltech/ASU)

Addicionalment, com ja s'ha esmentat en l'apartat anterior, cal recordar que l'atmosfera del planeta també conté una lleugera quantitat de vapor d'aigua, la qual de vegades augmenta durant l'estiu boreal quan el casquet nord es calenta suficientment com perquè una petita porció d'aigua passi en estat gasós gràcies a la sublimació del seu gel.

En resum, tot i que la gran majoria d'aigua present en el planeta marcià es troba en estat sòlid, és a dir, gel, mai parlarem de la hidrosfera de Mart únicament com a criosfera[5]; ja que, encara que sigui en petites porcions, existeix també la presència d'aigua tant en estat líquid com en gas. Malgrat tot, com que l'aprofitament d'ella en aquests dos darrers estats físics és força dificultós a causa de la poca quantitat i de la inaccessibilitat, el més segur és que, a l'hora d'extreure aigua per utilitzar-la, sigui a partir de la sòlida.

[5] Criosfera: part congelada de la hidrosfera. Inclou casquets polars, rius o llacs glaçats.

2.4. MAGNETOSFERA

En aquest punt, s'informarà de les característiques de la magnetosfera marciana –bàsicament, gràcies a estudis realitzats pel satèl·lit *Mars Global Surveyor* (MGS), i per les sondes MAVEN i InSight–, la qual, com ja es veurà, destaca de la de molts planetes. A més, com ja s'ha comentat en la introducció de l'apartat, s'explicarà a través de les seves propietats com afecta ella en altres factors i, conseqüentment, en el comportament global del planeta.

La magnetosfera, doncs, és la regió magnetitzada exterior que tenen alguns planetes i que actua com un escut protector contra el Sol; ja que, treballant com un camp magnètic, ajuda a desviar la major part del vent solar i protegeix el planeta de les partícules que hi arriben amb major energia, les quals són molt perilloses per a l'atmosfera. (enciclopèdia.cat, 2021)

Tot i que se sap de l'existència d'ella en la majoria dels planetes del Sistema Solar, en el cas de Mart s'ha trobat que la seva presència és una mica diferent a la dels altres; d'una banda és molt més dèbil –no és un camp magnètic global, com bé passa en el cas de la Terra, Júpiter, Saturn, Urà o Neptú–, i de l'altra, no té l'origen en el nucli.

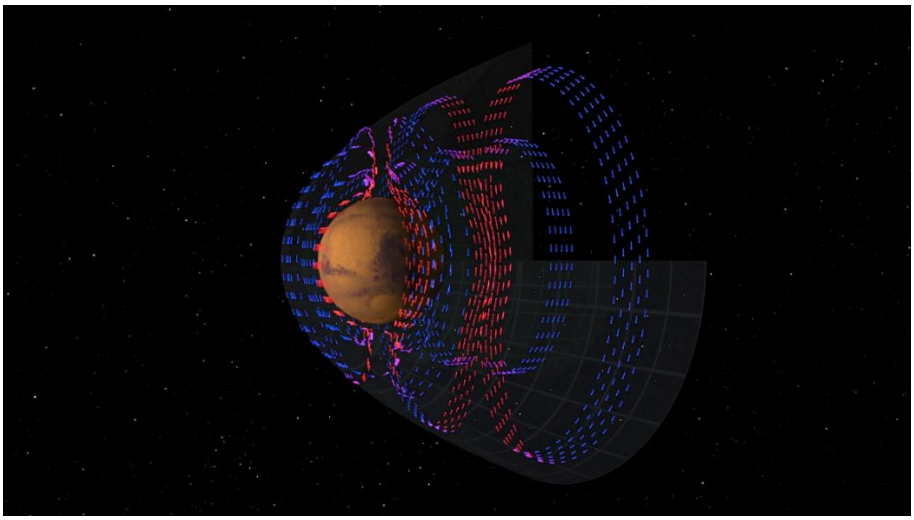
No obstant, es pensa que no sempre ha estat així. Gràcies a l'anàlisi de roques antigues de Mart –les quals van estar sotmeses a l'antiga magnetització–, que contenen residus del camp magnètic primigeni, s'estima que fa uns 4,2 milions d'anys, Mart tenia una magnetització molt més potent –de fet, s'imagina que arribà a ser un camp magnètic global. Aquest, com ja s'ha comentat en altres punts, es creu que aguantava una atmosfera més densa i, conseqüentment, un clima més càlid i humit, a més de permetre la presència d'aigua líquida per sobre de la superfície.

Tanmateix, al pas del temps va anar desapareixent, tot fent, al mateix temps, desaparèixer també l'atmosfera i, per tant, tot el que ella oferia (unes condicions ambientals i climatològiques més habitables). Malgrat no se sap ben bé segur la causa de la seva dissipació, com ja s'ha comentat, alguns estudis diuen que va ser per culpa del refredament del nucli; ja que en aturar-se l'efecte dinamo –és a dir, els moviments de convecció provocats pel contrast de temperatura del nucli amb el mantell–, el camp magnètic va anar perdent-se. (*The mystery of Mars' interior*, 2021)

Parlant del present, el que queda de magnetosfera marciana actual no consta d'un camp dipolar global, com en el cas de la Terra o Júpiter; sinó que presenta un camp magnètic residual feble –com ja s'ha comentat, aquest es troba gravat en les roques més antigues. (EUREKA, 2020) Aquest camp residual, tot i no ser global, sí que consta de la presència de poderosos camps magnètics petits d'escorça situats en alguns punts de la superfície del planeta –percebuts pel satèl·lit MGS–, els quals formen mini magnetosferes locals capaces de protegir certes zones petites del planeta. (*Mars' magnetic field*, 2019)

Enmig de tot això, a l'igual que en el cas de la Terra, Mart està exposat al vent solar. Aquest, que està format per partícules carregades elèctricament, també es magnetitza; i aquest camp magnètic interplanetari que s'origina té dificultats en penetrar les capes més exteriors de l'atmosfera marciana –malgrat el planeta estigui mancat de camp magnètic global. Encara més, els corrents elèctrics que aquest indueix a la ionosfera marciana, generen aglomeracions i enfortiments del camp magnètic en qüestió, tot recobrint el planeta i donant lloc a l'anomenada magnetosfera induïda, que és la que forma els corrents elèctrics al voltant del planeta en rebre els ions i electrons procedents del vent solar. (*MAVEN Maps Electric Currents around Mars that are Fundamental to Atmospheric Loss*, 2020)

El càlcul d'aquests corrents, així com també l'estructura aproximada del camp magnètic que rodeja Mart que en deriven, han estat estimats per la sonda MAVEN.



Imatge 32. Corrents elèctriques al voltant de Mart que formen una estructura de doble circuit que embolcalla al planeta des del cantó diürn fins al nocturn. (Font: NASA/Goddard/MAVEN/CU)

2.5. BIOSFERA

"Hi ha vida a Mart?". Aquesta és probablement una de les preguntes més escoltades i una de les qüestions més debatudes en referència al planeta. I és que, en realitat, és un interrogant que interessa molt investigar a la comunitat científica, si és que realment en un futur es vol arribar a colonitzar el planeta.

Al llarg de la història se n'han fet moltíssimes hipòtesis al respecte, en base als coneixements que es tenien i s'anaven obtenint a mesura que el món científic-tecnològic avançava. De fet, Mart, com ja s'explica en la introducció del planeta, és el planeta extern a la Terra més estudiat de tots, i al que més expedicions s'hi han dedicat. I tot per què? Justament per això mateix, per analitzar la possibilitat d'una biosfera marciana.

Malgrat tot, però, a dia d'avui la resposta encara no és del tot segura. Tot i això, gairebé totes les proves i estudis realitzats en els darrers anys apunten al no; i és que, realment, les característiques del planeta no ho afavoreixen gens. A continuació, s'explicaran una mica aquestes propietats que obstaculitzen la presència de qualsevol tipus d'activitat biològica en ell, fent-lo així –segons es creu–, un astre totalment esterilitzat.

En primer lloc, l'actual manca d'aigua líquida en la superfície marciana dificulta la presència de qualsevol forma de vida en l'astre, a causa de la imprescindibilitat d'aquest recurs. Sí que és cert que existeixen, com ja s'ha dit anteriorment, altres localitzacions i estats físics o hi apareix l'aigua; com en llacs subterranis, glaceres o, simplement en l'aire; però es podria dir que, així com va passar en el cas de la Terra, la vida neix en aigua líquida. Així que, com a molt, si alguna forma de vida s'hi pogués arribar a desenvolupar, ho faria més aviat en els llacs d'aigua líquida subterranis.

En segon terme, un altre paràmetre que hi juga en contra són les característiques de l'atmosfera i les extremes condicions ambientals que se'n deriven d'ella. Per començar, la seva composició, no és gens afavoridora; amb un 95% de diòxid de carboni i tan sols un 0,13% d'oxigen, el qual és essencial en la majoria d'essers vius; de fet, es diu que una persona humana sense màscara moriria als molts pocs minuts. Addicionalment, en ser una capa tan tènue fa que, per un costat no col·labori en la tasca de retenir la radiació en forma de calor –de manera que fa que les temperatures allà siguin molt més baixes i extremes–; i per l'altra banda, aquest fet és també responsable de la baixa pressió

atmosfèrica –la qual deriva a fenòmens com l'assecament de les plantes, ja que les obliga a expulsar l'aigua de dins seu, entre d'altres.

I és que tot això es diu que realment és culpa de la pràcticament desaparició de camp magnètic que pateix el planeta vermell en l'actualitat –segurament provocada, com ja s'ha explicat amb anterioritat, per l'aturament de moviments convectius del nucli. Això passa perquè, aquest, a més de desfavorir la presència de vida en deixar passar a la seva superfície un major flux de radiació solar i còsmica directa, les quals contenen partícules molt perjudicials per a la salut d'un gran nombre d'espècies a causa del gran nombre de malalties que desenvolupa en elles; és també per culpa seva que la capa gasosa hagi esdevingut i encara ara estigui esdevenint cada cop més fina (la dèbil magnetosfera no és capaç de retenir els gasos), cosa que comporta les extremes condicions ambientals prèviament esmentades i, en conseqüència d'aquestes, la impossibilitat d'aigua líquida en cap punt de la perifèria del planeta.

Tanmateix, el fet que en el present sigui gairebé infactible la possibilitat d'existir qualsevol forma biològica a Mart, no treu que en un passat no hi pogués ser. De fet, valorant la idea –que s'ha estudiat i imaginat per una part important de la comunitat científica– que diu que un passat hi va haver un camp magnètic molt més potent que suportava una atmosfera més densa i, per tant, amb unes condicions climatològiques més moderades i afavoridores que molt probablement permetien la presència d'aigua líquida superficial –fet que, com ja s'ha esmentat anteriorment, està recolzat per evidències–, no seria gens esbojarrat plantejar l'activitat d'organismes vius, ni que fos en forma microscòpica. De tota manera, s'estan duent a terme estudis al respecte i, de moment, no es descarta aquest escenari.

Malgrat tot, al cap i a la fi, saber si en un passat hi va haver o no activitat biològica a Mart és pràcticament una informació prescindible en l'elaboració d'aquest projecte. El més important és saber el grau de viabilitat de vida per als astronautes en el planeta veí, per tal de saber en quines mesures s'hauran de preparar per tal que puguin arribar-hi sense problemes. De fet, inclús podria arribar a ser una qüestió a investigar un cop allà.

Per tant, ara, tancant el marc teòric, és hora de pensar de quina manera es pot colonitzar un planeta mort i estèril amb els recursos científics i tecnològics que es posseeixen.

III. PART PRÀCTICA: EL DISSENY DE L'HABITATGE

1. ESTAT DE LA QÜESTIÓ. ALTRES PROJECTES

Després de tota aquesta part de documentació prèvia al projecte de construcció de l'habitatge; ara que ja es coneixen les característiques globals del planeta, i les propietats i condicions geològiques i ambientals de l'indret sobre el qual se l'ha de realitzar, es pot iniciar el seu pla.

Abans de pensar i decidir res, però, és molt important conèixer l'estat de la qüestió, el qual és una eina bàsica per a la recerca o la innovació científica i tecnològica que s'elabora a partir d'una revisió de les principals aportacions existents fins el moment (enciclopèdia.cat, 2021). En aquest cas, aquest consisteix en recopilar un seguit de projectes; tant siguin científics i tecnològics, com literaris i cinematogràfics; per tal de fer-se una idea del que consten i agafar tots aquells conceptes que puguin ser útils per efectuar-ne aquest que es presenta.

Així doncs, en aquest punt es tractarà de reunir alguns projectes ja ideats per a la construcció d'una residència al planeta Mart, i poder veure, d'aquesta manera, tots els paràmetres a tenir en compte, així com també les solucions que han posat als problemes que hi ha; en definitiva, totes les aportacions que s'han fet sobre el tema fins al moment.

1.1. PROJECTES LITERARIS I CINEMATOGRÀFICS

Primerament, es començarà per tots aquells projectes ideats pel món de la cultura literària i cinematogràfica. Sovint, aquests estan infravalorats amb l'argument que no són realistes i no estan organitzats i calculats matemàticament per científics i tecnòlegs. Tanmateix, tal i com diu Carme Torras en l'article *Robots socials* de la revista Mètode, en nombroses ocasions, aquests projectes són els que justament la ciència agafa com a patrons per fer-los esdevenir viables. De fet, segons s'afirma, en ocasions es demana a diferents autors de ciència-ficció que escriguin sobre els temes que la ciència ha d'avançar per tal de proporcionar noves idees i punts de vista.

Per tant, d'una banda, en el món literari podem trobar diversos llibres que parlen del tema. I és que hi ha tant llibres que parlen del planeta –on Mart simplement és estudiat des de la Terra–, com llibres que ja parlen d'una habitabilitat en ell. Com que en aquest treball el que interessa és tan sols l'habitabilitat en el planeta, però, a continuació només es nombraran i comentaran les pel·lícules relacionades en aquest aspecte.

- *The Martian Chronicles* (1950), en la que Ray Bradbury escriu petits episodis d'una conquesta i colonització al planeta vermell;
- La *Trilogia marciana* (1993) de Kim Stanley, un clàssic en el que, començant per *Red Mars* es relata la colonització del planeta vermell per fases, i fins ocupar finalment tot el Sistema Solar;
- *The Martian* (2011), un llibre d'Andy Weir que relata la història de com un astronauta que s'ha quedat sol a Mart a causa d'un accident sobreviu fins que el venen a buscar;
- *How We'll Live on Mars* (2015), un relat de Stephen Petranek, en el que narra el primer viatge de la humanitat al planeta vermell al 2027;
- Dos llibres de National Geographic: *Mars: Our Future on the Red Planet* (2016), un llibre que parla d'un viatge a Mart on els personatges tracten de viure-hi, enlloc d'intentar només sobreviure; i *Welcome to Mars: Making a Home on the Red Planet* (2015), un llibre per a infants que planteja els passos de la primera colonització al planeta;

- *The Fated Sky* (2018), una història de Mary Robinette que ens narra com la humanitat viatja i, posteriorment, ocupa el planeta vermell després d'haver-se establert prèviament a la Lluna.

D'altra banda, el món del cinema també ha col·laborat força en la tasca d'imaginar i idear expedicions i/o colonitzacions al planeta veí. Algunes de les pel·lícules que ho han fet són les següents:

- *Flight to mars* (1951), la qual tracta de cinc astronautes que viatgen a Mart i es troben, per sorpresa, una civilització subterrània condemnada a mort a causa de les condicions del planeta;
- *Red planet (*2000), la història del qual s'ambienta al 2050, quan la terra es troba destrossada ecològicament, cosa que fa plantejar a la humanitat colonitzar Mart, ja que és l'única sortida;
- *Mission to Mars (*2000), de Brian de Palma, que és un film que narra la primera missió tripulada al planeta vermell, la qual es troba en un desastre catastròfic i misteriós que obliga a fer arribar una missió de rescat des de la Terra per tal d'investigar la desgràcia i recuperar els supervivents;
- *Stranded* (2001), l'argument del qual ens explica com la primera missió tripulada a Mart s'estampa contra la seva superfície en l'amartatge i els protagonistes, sense recursos ni temps per esperar un equip de rescat, han de sacrificar-se perquè algú dels presents sobrevisqui;
- *The last Days on Mars* (2013), el qual narra una expedició de finalitats científiques a Mart on els personatges troben evidències de formes microscòpiques de vida en unes roques d'aquell indret;
- *Martian Land (*2015), pel·lícula ambientada en un futur llunyà a les terres marcianes, on hi viu ja una gran part de la humanitat, i on, a causa d'una tempesta de sorra massiva, els habitants estan a punt de morir si no aconsegueixen esbrinar com aturar-la a temps;
- *The Martian* (2015), de Ridley Scott, la qual està inspirada el llibre citat anteriorment *The Martian*, i on, com s'ha dit abans, un astronauta que s'ha quedat sol i penjat al planeta vermell intenta sobreviure mentre els seus companys de missió tornen a rescatar-lo;

- *2036 Origin Unknown* (2018), una pel·lícula que parla de com, després d'una missió fallida a Mart, la protagonista assisteix a un sistema d'intel·ligència artificial que desvela un objecte misteriós en la superfície del planeta veí que podria tenir un gran efecte en la Terra.

1.2. PROJECTES CIENTÍFIC-TECNOLÒGICS

Seguidament, es farà un petit tast d'alguns dels projectes científic-tecnològics realitzats pel moment. Aquests, tot i que, com ja s'ha insistit abans, no són més importants que els altres, sí que és cert que són els més realistes i els que segurament, si en un futur s'arriba a Mart, s'hi acostaran més. Per tant, a continuació, s'hi trobaran tant projectes d'habitacles solts, com projectes de societats completament organitzades, preparades ja per iniciar una civilització marciana i, fins i tot, un projecte exclusiu per la ideació dels viatges d'anada i tornada per al planeta vermell.

En primer lloc, doncs, tenim l'associació *The Mars Society*. Tal i com ells mateixos es presenten, és l'organització en recolzament a l'espai més gran i influent del món dedicada a l'exploració humana i l'assentament del planeta Mart. Va néixer l'any 1998 als Estats Units gràcies al Dr. Robert Zubrin i altres persones, i actualment està impulsada per voluntaris d'arreu del món. Té com a objectiu promoure l'exploració i colonització humana de Mart, tot desenvolupant noves tecnologies, estratègies i protocols operatius; i educant el públic, els mitjans de comunicació i el govern sobre els avantatges de la seva idea.

Per fer-ho, convoca congressos anuals i realitza simulacions d'estada al planeta vermell a l'Àrtic a l'Illa Devon –el projecte internacional *Haughton Mars Project* (HMP)–; en el que, aprofitant les similituds amb Mart en les seves condicions mediambientals, es duen a terme projectes d'exploració on es proven les comunicacions, els equipaments i es realitzen operacions vehiculars i extra-vehiculars; entre altres activitats. Finalment, cal destacar que aquesta entitat no governamental té diverses filials actives a diferents països; per exemple, a Canadà, Austràlia, el Regne Unit, a Alemanya, als Països Baixos i a França, entre d'altres. (The Mars Society, 2021; Nasa, 2019)

Un altre dels projectes dissenyats pels creadors d'aquesta agrupació és *Mars Direct*, el qual tracta d'una exploració al planeta vermell en la que, gràcies a l'aprofitament dels recursos marcians –ja siguin de la seva atmosfera, com de la hidrosfera, com del seu sòl i minerals–, es redueix dràsticament la quantitat de material que s'ha de transportar des de la Terra. D'aquesta manera, tal com diuen ells, es proposa un pla que permet obtenir els màxims resultats amb la mínima inversió. (The Mars Society, 2021)

I ja acabant de parlar de l'entitat *The Mars Society*, es comentarà un projecte català que va estar seleccionat com a una de les 10 propostes finalistes d'un dels seus concursos: Mars City State Desing. *Nüwa*, és una ciutat autogestionada que acabarà constant d'un milió d'habitants situada en un penya-segat a la regió de Tempe Mensa de Mart. La major part d'ella està encaixada dins la roca formant túnels subterranis, de manera que queda protegida dels majors perills del planeta –la radiació solar i els meteorits–, alhora que li arriba de manera indirecta la llum solar. (ABIBOO Studio, 2021)

Segonament, tenim *Mars One*. Aquest, a diferència de l'anterior, és un projecte privat, i consta de dues entitats: la dels Països Baixos sense ànim de lucre, i la Suïssa. *Mars One* va ser fundat el 2011 per Bas Lansdorp i Arno A.Wielders; però el 2019, a causa d'una bancarrota, es va dissoldre. No obstant, va dur a terme molts progressos que apuntaven a un clar objectiu: establir un assentament permanent al planeta veí. Aquest projecte, doncs, planeja des del viatge, passant per la selecció dels astronautes, fins a realitzar propostes dels recursos que es necessitaran i maneres de superar els obstacles que les extremes condicions del planeta ofereixen. En definitiva, aprofita tota la tecnologia desenvolupada pel moment per aplicar-la en un projectar una missió d'exploració a Mart. (Mars One, 2021)

En tercer lloc, es presenta un agència de disseny arquitectònic i tecnològic multi-planetària, *AI Space Factory*. Gràcies al disseny de *Marsha*, un habitacle vertical imprès mitjançant la impressió en 3D, va guanyar el concurs *3D-Printed Habitat Challenge* de la Nasa. Aquest projecte, doncs, consisteix en una agrupació d'hàbitats cilíndrics construïts exclusivament en basalt, un material biodegradable i reciclable que s'obté del sòl marcià, per uns robots programats que s'encarregaran de tot el procés. D'aquesta manera, quan uns anys més tard s'enviï la tripulació, ja estarà tot preparat. (AI Spacefactory's, 2021)

En quart terme, s'exposa un projecte realitzat per un estudiant de la Universitat Politècnica de València, Andrés García Estevan. Aquest projecte, s'anomena *Marte, la próxima utopía*, i fou un treball final de màster que va rebre estar qualificat amb matrícula d'honor. L'Andrés va idear estratègies per crear un control atmosfèric en uns habitacles en forma de mòduls que estan connectats entre ells de manera subterrània. La seva construcció està planejada perquè es realitzi de manera automatitzada a través

de robots i impressió en 3D i s'utilitzin materials autòctons, un funcionament molt semblant al del projecte anterior Marsha. (Cadena SER, 2019)

En cinquè lloc, tenim el projecte d'una base dins d'un túnel de lava, ideat per National Geographic en la sèrie documental de ficció de televisió titulada *Mars*. Aquesta residència estarà constituïda per un hivernacle, un laboratori, àrees comunes, dormitoris i un passadís que ho connectarà tot. A més, estarà ubicada al costat d'una reserva d'aigua glaçada subterrània. D'aquesta manera, l'habitatge es refugia dels perills del planeta vermell a la vegada que té a l'abast tots els recursos necessaris. (Human Mars, 2016)

Com a últim projecte de vivenda, tenim la ideació d'un habitatge subterrani pensat per actuar com a refugi en cas d'esdeveniments catastròfics a la Terra, però que, ben mirat, podria simular un possible habitacle marcià. *DBX* és, al capdavall, una habitança enterrada sota terra que garanteix la supervivència durant llargs períodes de temps sense la necessitat de dependre de mitjans exteriors. Aquesta espècie de búnquer, consta de cultius hidropònics que cobreixen l'alimentació, sistemes d'autogeneració d'energia mitjançant recursos de geotèrmia i biomassa, extracció i filtració de l'aigua del subsol i xarxes de conductes de ventilació i purificació de l'aire. Veritablement, és una residència que funciona com les que s'implementaran a Mart, caracteritzades per l'autosuficiència. (ABIBOO Studio, 2021)

Per acabar, es comentarà un projecte que no té com a objectiu proporcionar una llar per a l'exploració humana al planeta vermell, sinó que pretén aportar els recursos i tecnologia necessaris per al vol d'anada i tornada. Aquest, és un projecte de la potent empresa nord-americana de transport aeroespacial SpaceX –fundada per un dels màxims proveïdors de l'espai, Elon Musk–, i proposa tant el prototip del vehicle que ho durà a terme –un coet anomenat Starship–, com la manera en què aquest s'enlairarà i aterrarà en ambdós viatges, com també la ruta exacta i els diferents trams d'aquesta. (SpaceX, 2021)

2. INTRODUCCIÓ AL PROJECTE

Abans de prendre qualsevulla decisió referent al projecte de la construcció de l'habitatge a Mart, per tal d'enfocar-lo i desenvolupar-lo d'una manera o altra cal decidir i deixar clar quin és el propòsit de la simulada missió. En altres termes, cal decidir si serà una missió d'expedició de duració limitada, o bé un projecte de colonització –dos diferents tipus de projectes que s'han distingit al llarg de l'apartat anterior.

Anant al gra, degut al fet que encara no s'ha realitzat encara un viatge tripulat al planeta en qüestió, trobo convenient –abans de pensar en un projecte de colonització– fer una missió d'expedició de caire purament científic i d'interval curt, pràcticament només amb l'objectiu d'investigar i analitzar les característiques de l'astre vermell que encara se'ns escapen dels satèl·lits i les sondes enviades allà fins al dia d'avui. A més a més, serà l'excusa perfecta per provar si realment és possible l'estada humana i de qualsevol altre organisme viu. D'aquesta manera, si tot funciona, serà una primera missió que permetrà, en un futur més llunyà, planejar una possible colonització.

Aleshores, un cop determinats la idea principal i els objectius de la missió, ja es pot començar a planejar tot el que comporta aquesta: el viatge, és a dir, la ruta i la durada total; la localització exacta en Mart de l'habitatge que es vol construir i la posició de la base en el relleu; les parts que aquesta tindrà –les quals estaran adaptades als seus objectius–, els materials i sistemes constructius que s'utilitzaran per fer-lo; i, finalment, el seu disseny definitiu, que s'explicarà en forma de plànol i maqueta física.

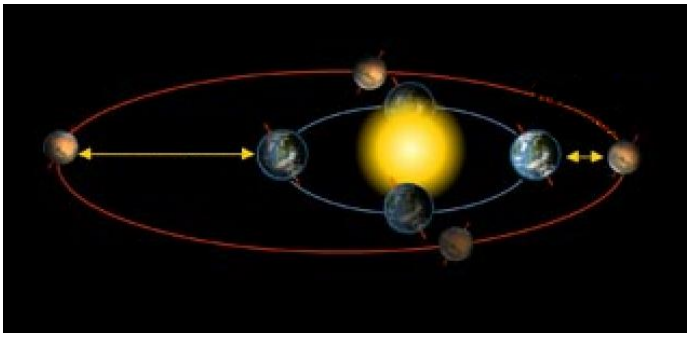
3. EL VIATGE

Per poder arribar a construir un habitatge a Mart, el que no es pot fer és començar a dissenyar la casa sense abans pensar en el viatge per arribar-hi; la seva viabilitat, la ruta que es seguirà, la manera en què es farà, tot els elements que seran necessaris per tal de dur-ho a terme... Així doncs, tot i que no s'esplaiarà massa, en aquest apartat es tindran en consideració tots aquells aspectes que són imprescindibles de saber per poder arribar al nostre destí: el planeta vermell.

3.1. LA RUTA I EL TRANSPORT

El que primer es determinarà és la ruta i el temps que es trigarà en fer-se. I és que és molt important conèixer bé el trajecte més eficient de tots, per tal d'estalviar energia –per tant, també combustible–, a més d'evitar el màxim de problemes que ocasiona el viatge (la radiació solar en la que estaran exposats els/les astronautes, per exemple).

Així doncs, anant al gra, com s'ha explicat ja anteriorment, Mart té una peculiaritat en la seva òrbita, ja que no és circular com la de la Terra, sinó que té un considerable grau d'obliqüitat. És justament com a conseqüència d'aquest fet, que la distància entre la Terra i Mart varia segons el punt del trajecte orbital en què es troben ambdós cossos. Quan Mart es troba en la periheli, es troba en el punt més proper amb el nostre planeta; i quan es troba en l'afeli, en el més lluny.



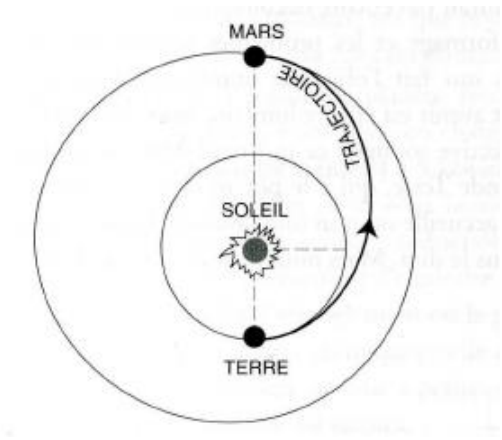
Imatge 33. Òrbita terrestre i marciana. A l'esquerra, oposició en Afeli, i a la dreta, oposició en periheli. (Font: IAC)

Per tant, per arribar a trobar el recorregut més curt per a un vehicle espacial que vagi d'un planeta a l'altre, s'ha de jugar amb aquestes dades. El més lògic, tenint en compte aquests detalls esmentats, és pensar que la ruta més curta és la que aprofitarà els instants en què la Terra i Mart es creuin durant la periheli del planeta vermell; el que aprofitarà, doncs, l'anomenat moment d'oposició[6] perihèlica; que és just quan la distància entre ambdós astres és de 54,6 milions de km.

Aquesta ruta que es beneficia de la mínima distància de trajectòria recorreguda ja té un nom; s'anomena òrbita de transferència de Hohman i, amb la tecnologia actual, en el cas del viatge entre la Terra i Mart, triga tan sols de 7 a 9 mesos en completar-se sense complicacions, segons indiquen importants projectes i associacions aeronàutiques com

[6] Moment d'oposició: es diu que un planeta està en oposició quan la Terra es troba directament entre ell i el Sol. (AstroGirona, 2021)

Mars One, Spacex, l'ESA...; havent de recórrer uns 480 milions de km (NASA, 2021), i anant, per tant, a una velocitat d'uns 95.000 km/h[7] de mitjana (26,5 km/s). (ESA, 2021)



Imatge 34. Trajectòria del viatge. Òrbita de transferència de Hohman. (Font: L'homme sur mars)

Tanmateix, però, com que l'instant en què es dona aquesta aproximació màxima tan sols s'assoleix un cop cada 26 mesos –2 anys i 2 mesos terrestres–, el trajecte de l'òrbita de Hohman també només es pot donar en aquesta freqüència. I és justament aquest fet el que restringeix la decisió de la durada de les missions i la de la data en què es llançarà el vehicle espacial –ja que un cop llançada la nau en el moment adequat, després no podrà tornar fins que els dos planetes no tornin a assolir altre cop el moment d'oposició perihèlica, és a dir, al cap d'aquests dos anys.

Per tant, una missió a Mart del mínim de temps possible i comptat que tots els factors que hi juguen van a favor, quedaria de la següent manera: de 7 a 9 mesos de viatge d'anada, una mica més de 20 mesos d'exploració al planeta vermell, i uns altres 7, 8 o 9 mesos de tornada, els quals, com ja s'ha comentat, poden variar segons les circumstàncies.

Bé doncs, un cop tenim la ruta que es seguirà i la seva durada, es parlarà del/s vehicle/s que farà/n enlairar la missió.

Per decidir el nombre de sistemes que participaran, cal tenir en compte els subministraments a emportar. Com que tots els objectes que es necessitaran per a la missió –ja siguin els recursos que necessitin els astronautes per al vol, però també tots

[7] Falta provar si realment un vol al voltant d'aquesta velocitat tant elevada és suportable per a l'ésser humà.

els materials, mobles i màquines que es necessitin per construir la base i viure-hi–, no cabran pas en una sola nau, es buscarà repartir-ho en diverses.

Per tant, tal i com ja s'ha ideat en altres projectes –per exemple, en el projecte del llibre *L'Homme sur Mars*–, el que es farà serà enviar naus extraordinàries a la càpsula tripulada, per tal d'endur tot l'imprescindible per al projecte sense la necessitat de fabricar una macro nau que costaria molts milions d'euros enlairar-la i fer-la arribar, a més de ser menys pràctica. (*L'Homme sur Mars*, 2007, p. 71-106)

En conclusió, tal i com s'indica en un article de National Geographic, seran necessàries unes cinc aeronaus separades que portaran els astronautes i tota la càrrega per al vol i per a la missió al planeta veí. (*How Will We Get Off Mars?*, 2015)

3.2. ALTRES ASPECTES A TENIR EN COMPTE

Ara sí, entrant més en detall en la descripció del viatge, es determinaran tots aquells detalls i riscs més importants que s'han de tenir en compte per la seva realització –per, d'aquesta manera, fer el trajecte el més segur i còmode.

En primer lloc, cal estudiar amb quina energia es propulsarà i aterrarà la nau en els viatges d'anada i tornada a Mart. Cal pensar quin tipus de substància farà falta per impulsar el coet, calcular-ne a grans trets la quantitat i pensar d'on es traurà en cadascun dels dos trajectes.

Tal i com s'utilitza ja en la propulsió de molts coets, la substància química que propulsarà el/s vehicle/s participants en la missió serà, probablement, un combustible fet a causa d'oxigen (O_2) i metà (CH_4).

Aquest, pel viatge d'anada podrà estar cobert per les importacions de la Terra, però pel vol de tornada haurà de ser fabricat a Mart. I és que hi ha la sort que els tres elements –carboni, hidrogen i oxigen– poden estar extrets de l'atmosfera marciana. Això vol dir que, durant l'estada al planeta vermell per part dels astronautes, s'hauran d'anar extraient els elements necessaris i fabricant aquest propel·lent per deixar-lo preparat per al vol de tornada.

Així doncs, en el viatge d'anada, l'enlairament es resoldrà de la mateixa manera que s'ha estat fent en qualsevulla de les múltiples missions enviades pel moment amb un objectiu mitjanament llunyà. No obstant, en l'amartatge sí que caldrà tenir en consideració la quantitat de propel·lent que es necessitarà per fer passar els cinc sistemes de pràcticament 20.000 km/h que aniran a 0. Segons l'article de National Geographic esmentat anteriorment, aquesta quantitat rondarà de les cinc a les set tones.

En el viatge de tornada, també caldrà considerar les tones de propel·lent necessàries per enlairar els vehicles de la superfície marciana i escapar del seu camp gravitatori. Altre cop l'article esmentat anteriorment de National Geographic ens dona una idea d'aquesta quantitat, la qual sembla aproximar-se les 33 tones –tant servirà per enlairar els astronautes, com la càrrega científica. (*How Will We Get Off Mars?*, 2015)

Finalment, per aterrar els vehicles, es farà servir el sistema que ja s'ha utilitzat en les nombroses missions tripulades –ja sigui a la Lluna, com en l'ISS, com en altres objectius més propers.

En segon lloc, és molt important tenir en compte el perill que suposa la radiació solar en un lloc tan desprotegit com una simple nau enmig del no-res, la qual no té cap tipus de protecció provinent del camp magnètic de cap astre. De fet, el projecte Mars One ha calculat que la radiació total en un viatge de 210 dies, que és més o menys el que serà, la tripulació estarà exposada a un total de 386 mSv (±61 mSv), que anirà sumada amb la radiació que rebrà a Mart –la qual es calcula que serà uns 11 mSv per any, per tant, uns 22 mSv en total de l'expedició, ja que són dos anys–, i després s'hi afegirà també la del viatge de tornada –aproximadament 386 mSv més–. Tot i que aquesta suma no arriba al límit que estableix l'ESA, la Roscosmos, la CSA[8] i la Nasa en la carrera d'un astronauta, que és 1000 mSv, és molt important intentar protegir al màxim les persones a bord de la nau, per tal que tinguin el mínim de probabilitat d'agafar alguna malaltia causada per aquesta perillosa radiació. (One Mars, 2021)

D'aquesta manera, cal prendre mesures en la nau –també més tard en l'habitatge– per garantir la millor de les situacions pels integrants de la missió. Així doncs, una de les idees que es proposa per alleujar el flux de radiació és, a més de revestir bé les parets del coet, col·locar dipòsits d'aigua en les cabines on facin vida els astronautes. L'aigua és un bon aïllant contra aquesta fenomen i podria ser una molt bona candidata.

En tercer terme, cal recordar tot allò essencial que necessitaran els astronautes per viure: l'oxigen, l'aigua i el menjar. A causa de la llargada del viatge, part de l'obtenció d'aquestes substàncies no podrà ser importada des de la Terra, sinó que serà generada i reciclada durant el viatge.

D'un costat, l'oxigen s'obtindrà a partir de de la dissociació del diòxid de carboni [9]que exhalin els mateixos astronautes gràcies a un recipient d'hidròxid de liti que s'encarregarà de l'operació, tal i com es va realitzar durant la missió d'Apollo 11. D'un altre costat, l'aigua; ja sigui per beure, rentar-se i, en ocasions, per hidratar el menjar

[8] ESA: Agència Espacial Europea; Roscosmos: Agència Espacial Federal Russa; CSA: Agència Espacial Canadenca

[9] La dissociació es du a terme gràcies a la reacció: $2CO_2 \rightarrow 2CO + O_2$

que calgui; com que no es pot emportar tota de la Terra ja que pesaria i ocuparia massa, es traurà, en la seva majoria, de cel·les de combustible d'hidrogen –utilitzades també en l'Apollo 11–, les quals, a través de la combinació dels àtoms d'hidrogen i d'oxigen, produeixen aigua i electricitat. Finalment, el menjar sí que haurà de ser importat des de la Terra, a través de bosses envasades al buit. D'aquesta manera, els astronautes només hauran d'afegir aigua o escalfar els aliments per poder-se'ls menjar. (*Apollo to the Moon*, 2021; *Human Needs: Sustaining Life During Exploration*, 2007)

Per últim, activitats i tasques quotidianes essencials com la higiene, dormir i fer esport es realitzaran i solucionaran de la mateixa manera que en anteriors missions tripulades de durada llarga (ja sigui com en el cas dels viatges a la Lluna o, fins i tot, com bé passa en les estances a l'ISS, les quals duren gairebé igual que els vols d'aquest projecte).

Resumint, veient que, amb la tecnologia i recursos actuals es poden resoldre totes les qüestions essencials per a la vida de sis astronautes en un espai limitat com és la nau espacial, es pot sentenciar que el vol tripulat al planeta vermell és viable.

3.3. TRIPULACIÓ

Havent fet una introducció al projecte i havent parlat del viatge, ara ja ens podríem fer la següent pregunta: quins seran els protagonistes de la missió? Òbviament, nom i cognoms no es poden concretar pel moment, però el que sí que s'ha de pensar i decidir és el nombre de persones que hi aniran i les característiques tindran; l'edat, l'altura, el gènere, la personalitat, la cultura i nacionalitat, i la formació i professió. S'haurà d'acordar, doncs, tots aquests darrers paràmetres són importants a l'hora d'escollir els/les candidats/des per al primer viatge tripulat a Mart i, després, en el cas que ho siguin, quina seria la millor opció i combinació per tal d'enviar el millor equip possible.

D'entrada, es determinarà el nombre de persones. Tant Robert Zubrin pel seu projecte Mars Direct, com la Nasa, com Charles Frankel en el llibre *L'Homme sur mars*, han dissenyat ja una proposta d'equip ideal. Mentre que el primer aconsella un mínim de quatre astronautes per a la missió, la Nasa suggereix que en siguin al voltant de sis. Tanmateix, per tal de decidir-ho, es farà de la següent manera. Com que el número de persones en realitat ja ve bastant donat pel tipus de professions que es necessitarà, es tindran en compte les funcions i coneixements que requerirà la mateixa missió per, d'aquesta manera, concloure quina és la millor proposta. Per tant, amb l'ajut i inspiració del llibre *L'Homme sur mars* i la pel·lícula *The Martian*, ara es determinaran tots aquests factors a tenir en compte, començant per la formació i professió dels missioners.

3.3.1. FORMACIÓ I PROFESSIÓ

Per començar, es necessitaran un **pilot** i un **copilot**. Aquests s'encarregaran de dirigir i comandar el viatge d'anada i tornada amb la nau espacial. És molt necessari que siguin dos, ja que, a més de complementar-se millor, si sorgeix qualsevol emergència o, si pel que sigui, un quedés invàlid, hi hauria sempre algú per tirar la missió endavant malgrat tot. En efecte, però, durant el temps que estiguin sobre del planeta vermell, també poden fer de transportistes dels possibles ròvers-cotxes i ajudar en la mà d'obra pel que faci falta.

Una altra figura imprescindible i inqüestionable èticament és el **metge**. Per tal de garantir una seguretat sanitària per a tots els components de la missió és molt important la figura d'algú que sigui capaç de proposar un tractament en cas que es donin malalties

o accidents o, fins i tot, operar, si fes falta. Igualment, aquest metge pot ajudar també a la investigació de recerca biològica.

Addicionalment, a fi de supervisar la construcció de l'habitacle, revisar la infraestructura i maquinària cada cert temps, proporcionar recursos energètics, facilitar els recursos hídrics i subministrar l'oxigen necessari per respirar, es necessita algú amb coneixements d'enginyeria. Un **enginyer civil o industrial**, a més de tenir una bona comprensió de la física, la química i arquitectura pel que fes falta, serà un expert en l'obtenció de recursos, ja siguin per produir electricitat; o, com ja s'ha comentat, per obtenir aigua o oxigen; o també per fabricar carburant per al viatge de tornada. A més, com que tindrà també algunes nocions de geologia, podrà col·laborar en la investigació del territori marcià.

Un cop escollits aquests personatges essencials per a l'arribada i supervivència, la part de l'equip que queda ara és purament el d'investigació, que són els que justament assoliran els propòsits de la missió. Per concretar aquests, doncs, ens hem de preguntar què és el que es vol anar a estudiar en aquell indret.

Un dels punts d'interès del planeta veí és, tal i com s'explica en *L'Homme sur mars*, el seu territori en si; el terreny, els recursos d'aigua i els jaciments de minerals. Per tant, la cinquena figura serà el **geòleg**. Aquest, juntament amb l'enginyer, seran els encarregats d'estudiar la geologia del planeta, tant la composició, com les formes del relleu, com la seva estructura i activitat interior; la seva hidrologia i glaciologia; i l'atmosfera i condicions meteorològiques.

Finalment, l'altre punt que interessa investigar en l'indret on s'envia l'expedició és la seva activitat biològica. Per això, també es necessitarà un **biòleg**. Malgrat tot, serà un biòleg amb coneixements de botànica. D'aquesta manera; a més d'estudiar la possible biosfera marciana, cosa que farà amb l'ajut del metge; també s'encarregarà de garantir que l'hivernacle funcioni correctament, i, inclús podrà fer-se càrrec d'un possible hort.

Per tant, es podria ja concloure, vistes les necessitats que sorgeixen de realitzar una expedició de caràcter científic en un planeta aliè, que la mínima tripulació que hauria de constar són 6 persones, totes elles amb unes funcions específiques i essencials per assolir el bon funcionament de tota la missió. I, com que en aquest primer viatge es

tracta d'optimitzar al màxim els recursos que qualsevol tipus, s'agafarà i es fixarà ja el nombre sis com a quantitat de tripulants d'aquest projecte.

En la mateixa línia, parlant encara de la formació dels astronautes, cal dir que no només requeriran del títol que se'ls demana, sinó que serà obligatòria una experiència d'alt nivell en el camp que pertanyen, ja sigui en el cas dels pilots, els quals necessitaran un mínim de 1000 hores de vol amb un vehicle de reacció; com en la resta de científics, els quals, segons la Nasa**,** necessiten un mínim de 3 anys d'experiència en el camp que es dediquen. (*L'Homme sur Mars*, 2007) Altrament, serà també necessari que tots els components que en formin part tinguin, almenys, uns coneixements bàsics de primers auxilis, ja que hauran d'estar preparats per enfrontar-se contra qualsevol escenari i urgència; així com també hauran d'estar assabentats del funcionament del coet, per poder plantar cara contra tot tipus d'emergència.

3.3.2. EDAT

Passant a un altre dels elements a tenir en compte pels astronautes marcians, es debatrà l'edat d'aquests. I és que els constituents d'aquesta missió han d'estar dins d'un equilibri. D'una banda, els han de tenir certa experiència acadèmica i professional en el seu camp de coneixement, cosa que s'adquireix només amb el temps; i de l'altra banda, no poden ser tampoc d'edat molt avançada, ja que, en augmentar aquesta, també augmenta el risc d'agafar qualsevol malaltia o perjudicar la salut física amb més facilitat, a més de perdre també, al pas dels anys, força muscular. Per aquests motius, l'edat recomanada per aquest viatge seria dels 35 als 55 anys, tot i que, evidentment, hi podria haver excepcions.

3.3.3. ALTURA

L'altura és també una de les característiques que es miren a l'hora d'escollir els astronautes. Tot i això, simplement es demana que sigui una altura més o menys mitjana; ni molt elevada, ni molt baixa. De fet, la Nasa posa de límits 157 i 190 cm com a mínim i màxim, respectivament.

3.3.4. GÈNERE

Parant atenció al gènere dels/de les integrants, és també un dels elements a tenir en compte. Tot i que és requisit menys condicionant en la tria que d'altres –ja que es prioritzen altres qualitats i atributs que puguin tenir–, també cal considerar-lo. Per tant, tenint en compte tot el conjunt i també les diferències entre els gèneres, es pot arribar a la conclusió que una missió de tal magnitud requereix una representació de tots ells. I és que, per bé que; d'un costat, és pràcticament èticament impossible plantejar una altra situació; de l'altre, està estudiat que un equip mixt ben equilibrat és més beneficiós i productiu a l'hora de fer les labors i superar els entrebancs, a causa de la compensació de personalitats que ofereix la combinació. Conseqüentment, doncs, i també per tal d'evitar qualsevol tipus d'actitud dominant d'un gènere cap a un altre –que, tot i que no hauria de passar, encara es donen casos–, es pot sentenciar que la millor opció serà una mescla de tots els gèneres en proporcions més o menys equitatives.

3.3.5. PERSONALITAT

Quant a la personalitat dels integrants, el més important de tot serà que tots encaixin en l'equip. És indispensable que tots els membres trobin el seu lloc en ell i s'hi sentin bé, i per això, serà essencial que els seus caràcters no xoquin ni es trepitgin entre sí, sinó que siguin compatibles i complementàries. En conseqüència d'això, doncs, s'hauran de tenir en compte les aptituds dels sis astronautes, i mirar de fer una balança amb elles, tot comprovant, tant que puguin connectar, com també que formin un equip eficaç a l'hora de realitzar totes les tasques diàries i solucionar de la millor manera els problemes que se'ls puguin presentar, cosa que s'aconseguirà escollint tant persones amb personalitats més treballadores, perseverants i empàtiques, com empàtiques.

3.3.6. CULTURA I NACIONALITAT

Finalment, pel que fa a la cultura i nacionalitat, no és tan important quina sigui la de cadascú, sinó que hi hagi varietat. Si una cosa ha de ser aquesta important expedició és internacional, a fi que tothom es pugui sentir identificat dels assoliments i progressos que hi haurà. Per tant, és molt important que hi hagi gent de diferents països i cultures. En el que sí que cal parar compte, però, és que el xoc de civilitzacions no esdevingui un obstacle per al vincle entre els integrants; així com també s'haurà de controlar que tots

comparteixin un mateix idioma –el més fàcil, probablement, és que s'estableixi l'anglès, ja que és el més internacional–, atès que la comunicació serà un element clau i primordial en la convivència i a l'hora de realitzar les tasques proposades.

4. LOCALITZACIÓ

Havent organitzat ja el viatge de la Terra a Mart –tot considerant i puntualitzant tots els aspectes i matisos que hi juguen–, i havent configurat la tripulació ideal que protagonitzarà l'expedició, es pot començar, per fi, a prendre decisions sobre tot el que comporta la projecció de l'habitacle.

Per començar, abans de parlar de l'edificació, el primer que s'haurà d'acordar és el lloc concret del planeta on s'assentarà, o sigui, la seva localització. Per fer-ho, es miraran, sobretot, tres assumptes.

- Es procurarà que sigui una zona on les condicions i característiques que presenti siguin el més favorables per a la vida humana, és a dir, que els astronautes estiguin exposats al mínim de perills possibles –sobretot meteorològics–.
- Es tindrà en compte la facilitat en obtenir els recursos necessaris per al consum de la missió –obtenció d'oxigen, aigua, menjar i energia, sobretot.
- Es valorarà el contingut que ofereixi el territori per a la investigació científica, que realment és el principal objectiu de la missió, ja que és molt important escollir correctament el lloc adequat per treure el tipus informació que volem.

4.1. TRIA DE LES COORDENADES

Per tal de fer una bona tria de la ubicació de la base, cal fer un estudi i anàlisi de les característiques que es presenten en les diferents regions del planeta, per veure quines són les que compleixen més bé els tres punts tot just acabats de comentar.

D'aquesta manera, a continuació es valorarà quines són les coordenades de Mart amb les condicions més favorables per a la missió. Per fer-ho, d'una banda, i degut a les diferències que presenten els dos hemisferis de l'astre vermell –les quals han estat detallades al llarg de l'estudi del planeta–, es decidirà quina serà la millor opció per al conjunt de l'expedició. Per altra banda, especificant més les millors regions dins dels hemisferis, es consideraran els diferents nivells de latituds dins d'aquests.

4.1.1. HEMISFERI

Considerant les característiques que consten cadascuna de les dues grans regions, a continuació es debatran els seus punts forts i dèbils –debat en el qual finalment es donarà un veredicte.

D'entrada, es pot parlar de la climatologia. I és que, com ja s'ha explicat en el primer apartat, a causa de la obliqüitat de l'òrbita, les estacions en els dos hemisferis no són les mateixes. Mentre que l'hemisferi nord presenta estius més llargs i menys calorosos, i hiverns més curts però intensos; en el cas de l'hemisferi sud és just el contrari: estius curts però intensos, i hiverns més llargs però també més suaus.

Segurament, vist d'aquesta manera, sembla que on hi ha les temperatures més elevades, i per tant, millors, és a l'hemisferi sud. Tanmateix, és també el que presenta les estacions més extremes –la temperatura varia més al llarg de l'any en tenir les màximes temperatures del planeta, les quals poden arribar a 30°, en contrast a les baixíssimes temperatures de les nits dels seus hiverns.

A més, a causa de la calidesa que ofereixen els estius en aquest hemisferi, s'originen les temudes tempestes de pols. Allà és justament on es creen, i, en conseqüència, és també allà on es donen la major part dels terbolins i tornados, els quals són molt perillosos tant per a l'ésser humà, com per a les possibles infraestructures.

Quant a la pressió atmosfèrica, cal dir que, quanta més altura, més disminueix aquesta. Així doncs, tal i com s'explica en l'apartat de la geologia del planeta, a causa de la presència d'un oceà septentrional situat en pràcticament tota la zona de l'hemisferi nord, la regió nord del planeta i la sud, actualment encara mostren una diferència d'altures. Mentre que la zona nord es caracteritza per una baixa elevació, la sud destaca per ser una zona més vasta i accidentada, sovint amb monts i serralades de considerables altures. Per aquest motiu, la pressió en les terres del nord és més elevada.

Tot i això, en estar suportada per una atmosfera tan tènue, és una dada tan baixa que l'interval de diferència de la pressió en el nord respecte a la del sud és força inapreciable, mirant el conjunt. D'aquesta manera, aquest no cal que sigui un dels paràmetres decisius a l'hora d'escollir l'hemisferi, malgrat sí ho ha de ser en triar el lloc en concret – bàsicament, no situar la base al cim d'una muntanya.

Pel que fa a la radiació solar, varia segons l'altitud i la latitud en les diferents èpoques de l'any. D'un costat, quanta més altura, a més radiació s'està exposat. Per tant, en l'hemisferi sud, que està majoritàriament més elevat, hi arriba una major radiació. De l'altra banda, segons la latitud i l'estació de l'any també varia, ja que la perpendicularitat en què arriben els rajos solars en una zona determinada és la que determina que aquesta rebi una major o menor quantitat de radiació.

Finalment, un últim punt a tenir en compte en relació a la variació de fenòmens meteorològics són les precipitacions, les quals, encara que aquí a la Terra no les veiem com un perill gaire gran, en el cas del planeta vermell ho poden arribar a ser molt –de fet, si una tempesta de neu gelada atrapa els astronautes durant la nit marciana, l'operació per sortir-ne pot arribar a ser realment complicada. I és que aquestes no es donen de manera equitativa en tots els punts del planeta, sinó que varien segons la latitud –en aquest cas no estan condicionades per l'hemisferi, sinó la latitud. De fet, ara per ara, només s'ha observat aquest fenomen en les latituds més altes, tot i que la gebre i la neu s'han arribat a estendre per latituds més moderades de fins a 60° o 65°. (*Guía Turística de Marte*, 2003, p. 398)

Addicionalment, però, les condicions meteorològiques no són l'únic paràmetre influent a l'hora d'escollir la localització. Com bé s'ha introduït, la facilitat en recórrer als recursos

bàsics necessaris durant el temps d'expedició és un determinant força rellevant per a fer la tria de la ubicació de l'habitatge.

En efecte, és obligatori que, en qualsevol dels casos, es cobreixin l'oxigen, l'aigua, el menjar i l'extracció d'energia –per dur a terme les tasques diàries.

En el cas de l'oxigen, com que en cap dels punts del planeta veí hi ha una quantitat suficient d'aquest gas com per no dependre d'una màquina que el proporcioni, no serà un aspecte detonant en la decisió.

A l'igual passa en el cas del menjar, ja que no és possible plantejar qualsevol altre escenari que no sigui que aquest sigui importat des de la Terra –a causa de l'absència de biosfera de Mart, la qual el fa incapaç de proporcionar cap tipus d'aliment–, cosa que fa que, per tant, també sigui un assumpte irrellevant per al veredicte.

L'aigua, però, sí que ho condicionarà. Com que aquest element no pot estar importat des de la Terra, a causa de, com s'ha explicat en l'apartat anterior, la poca practicitat que suposa dur-la; el fet que l'habitacle tingui accés a recursos hídrics serà un fenomen obligatori. Per fer-se una idea, aquests recursos es troben en el casquet polar nord en forma de gel, per sota del pol sud en forma de llac líquid subterrani, i en diversos punts aleatoris del planeta com a llacs glaçats també subterranis. Per tant, l'habitacle haurà d'estar situat prop d'un d'aquests llocs, tan és en quin hemisferi, per tal de poder accedir-hi i així aprofitar el recurs en qüestió.

Per últim, l'extracció d'energia també tindrà una mica d'afectació en la ubicació de la residència. Tot i que ja s'explicarà més endavant, els principals recursos d'energia que s'utilitzaran per poder transformar-la en elèctrica seran, segurament recursos solars i eòlics. Per aquest motiu, la localització de la casa haurà d'estar posicionada de manera que sigui possible l'extracció d'aquests recursos durant tot el temps que s'estigui allà, que és la duració d'un any marcià. Aquí, l'únic que s'haurà d'evitar, doncs, és situar la casa en latituds molt elevades, ja que, a causa de la inclinació de l'eix del planeta, hi haurà una època de l'any –la qual coincidirà amb l'hivern–, on pràcticament no hi arribarà cap tipus de radiació, de manera que durant aquest període no s'obtindria part de l'energia necessària.

Per acabar, cal contemplar quina de les zones interessa més d'explorar. D'una banda, l'hemisferi nord ofereix la investigació del que va ser en un passat un oceà, cosa que pot arribar a ser interessant pel fet que, si fa milions d'anys hi va haver vida en les terres marcianes, es va desenvolupar allà –és la zona amb més possibilitats de trobar matèria orgànica. D'altra banda, l'hemisferi sud ens proporciona la possibilitat d'estudiar la part més antiga del planeta, ja que el terreny no ha estat mai desgastat per l'aigua, fet que podria arribar a ser interessant si el que es vol és conèixer els orígens del planeta.

Veient els darrers objectius que han tingut les sondes i ròvers enviats recentment a Mart, es pot afirmar que la major part dels interessos de la comunitat científica dels darrers anys se centra en analitzar el que en un passat fou un oceà que va ocupar pràcticament la meitat de l'àrea total de l'astre, és a dir, l'hemisferi nord. Probablement, entre d'altres motius, per confirmar la presència de vida, ja sigui actual o passada en el planeta vermell.

Per tant, es pot concloure que, justament a causa de les condicions i característiques esmentades que presenten ambdues zones, l'hemisferi més avantatjós és el nord, ja que és del que els seus aspectes positius pesen més que els negatius.

4.1.2. LATITUD

En el darrer lloc, cal decidir la latitud aproximada que sortirà més a compte de construir-hi la base. D'una banda, les latituds més elevades –és a dir, tirant cap als pols– tenen el gran avantatge d'estar molt a prop de grans recursos d'aigua, sobretot en el cas de l'hemisferi nord. No obstant, d'altra banda tenen les següents pegues:

En primer terme, són unes zones amb climes més freds, com també passa en el cas de la Terra. Després, són més propenses a patir les perilloses nevades de gel de diòxid de carboni tan característiques de Mart. En addició, tenen també l'inconvenient que hi ha un període de de temps durant l'hivern, on en cap moment del dia arriba ni un raig de llum. Això, a més de ser un terror pels astronautes, dificulten l'accés a un dels recursos energètics més importants (la radiació solar), ja que la seva extracció seria impossible durant aquella etapa, cosa que suposaria haver de tenir unes instal·lacions més sofisticades capaces d'emmagatzemar l'energia suficient. Finalment, cal dir que, tal i com es té en compte en el projecte Mars One per tal d'enlairar el coet en el viatge de

tornada, aquella zona que requereix de menys energia i, per tant, menys combustible, és l'equador (ja que és l'indret on els planetes giren més ràpid i, per tant, on reben més impuls de velocitat). (Mars One, 2021)

En resum, la part del planeta on més sortiria a compte ubicar la primera base marciana és en l'hemisferi nord. Es descarten, però, les elevades latituds d'aquest, ja que, malgrat tenir accés a grans quantitats de l'imprescindible recurs de l'aigua, els desavantatges que presenten son força destructius per a la vida dels tripulants de la missió, a més que requerirà de més combustible per al viatge de tornada a la Terra. Per tant, i ja concloent, les millors ubicacions serien en la part nord del planeta, però proper a l'equador, i en un lloc, si pot ser, amb accés fàcil a l'aigua –que serà, segurament, congelada i sota terra.

4.2. DISPOSICIÓ EN EL TERRENY

Per acabar de decidir la ubicació exacte sobre la qual s'assentarà l'habitatge, cal considerar la seva disposició en el terreny; és a dir, si aquest estarà situat per sobre o per sota de la superfície. Per fer-ho, s'han de mirar els avantatges i els inconvenients d'ambdues possibilitats.

Per una part, construint l'habitatge per sobre de la superfície, hi el gran avantatge que es pot aprofitar la llum natural per tot el que es necessiti, cosa que fa que, a més d'estalviar l'energia que suposaria haver-ne de posar d'artificial, psicològicament parlant, serà un ambient més similar al que els tripulants hauran estats acostumats de la Terra. Tanmateix, existeixen també alguns desavantatges en posicionar la base en contacte amb l'exterior. Per exemple, d'aquesta manera, els astronautes estaran exposats a la radiació solar i còsmica –la qual és molt perjudicial per a la salut–, cosa que exigirà a l'estructura presentar sistemes d'aïllament contra aquest. A més, tot i que no tindria perquè passar, la infraestructura i la tripulació tindran el perill de ser arrossegats per una tempesta de pols o de ser impactats per un meteorit –s'ha de tenir en compte que n'hi cauen uns 200 cada any, que no són pocs.

Per contra, si es construeix l'habitatge per sota la superfície, tot això canvia. D'una banda, l'estructura i els seus habitants estaran resguardats de les tempestes de pols i terbolins, i dels meteorits; a més d'estar protegits dels perills de la radiació i presenciar una més elevada temperatura ambiental –en estar sota terra, la temperatura de la casa és la del sòl, que és més alta. Tanmateix, no hi haurà la possibilitat d'utilitzar la llum natural com a il·luminació de l'espai, la qual cosa voldrà dir, com s'ha comentat, que hi haurà més despesa energètica i, a més, el xoc que experimentin els astronautes en estar vivint en un altre indret serà més brusc. Finalment, construir una estructura sota terra implicarà haver de tenir la maquinària necessària per excavar. (ABIBOO Studio, 2021)

Vist això, tot i que ambdues opcions tenen aspectes bons i dolents, aquella que suposa menys perill i, al final, surt més a compte per a la tripulació és, clarament disposant la residència sota terra.

No obstant, de veritat ens haurem de posar a excavar sota terra per construir l'habitatge? Tal i com s'ha vist en algun dels projectes comentats anteriorment, hi ha una proposta que, amb la idea dels habitacles subterranis, evita aquesta part feixuga d'excavació, i és l'aprofitament dels túnels de lava per construir-hi allà la base. D'aquesta manera, a més de gaudir dels privilegis de protecció que tindrien les llars subterrànies, les parets del túnel proporcionaran més calor encara que en qualsevol altre lloc; i, el que és més important, s'aprofitarà l'estructura natural de la cova per construir la casa.

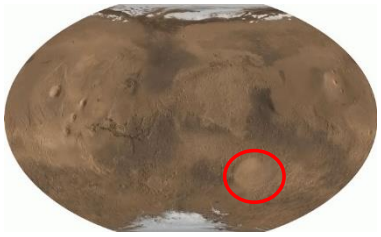
Per tant, a causa dels nombrosos beneficis esmentats, els túnels de lava es consideren adjudicats com a la millor opció per localitzar l'habitatge.

Arribats en aquest punt, doncs, ara ja només cal buscar en el mapa de Mart el que s'ha decidit: xarxes de túnels de lava amb accés a aigua en indrets vora de l'equador, a poder ser, tirant cap a la part nord del planeta.

4.3. POSSIBLES EMPLAÇAMENTS

A continuació, doncs, s'exposaran algunes de les possibilitats més viables que actuaran com a candidates fins que, finalment, s'esculli la proposta guanyadora.

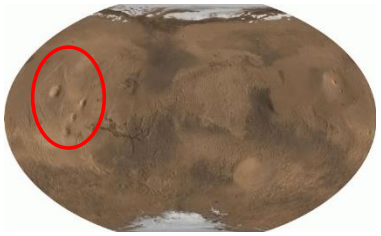
Una de les opcions, és la xarxa de túnels en la Conca d'Impacte d'Hellas –coneguda comunament com Hellas Planitia–. Aquesta Conca és la zona més baixa de tot el planeta vermell, i mesura uns 2.300 km de diàmetre. Un habitatge construït en una de les seves coves es beneficiaria, a més dels avantatges que proporcionen aquestes, d'una pressió més elevada (uns 12 mil·libars), provocada per la depressió geogràfica, cosa que afavoreix la presència d'aigua. De fet, tal com s'explica en un article de l'ESA, algunes imatges preses per la sonda Mars Reconnaissance Orbiter de la Nasa suggereixen que alguns dels cràters de Hellas podrien albergar grans reserves de glaceres d'aigua. A més a més, quant a la investigació, també seria un bon objectiu, ja que és un lloc molt interessant d'analitzar a causa de la seva història. Va ser creada per l'impacte d'un gran asteroide i, al llarg del temps ha estat patint els efectes de l'erosió del vent, el gel, l'aigua i l'activitat volcànica.



Imatge 35. Hellas Planitia. (Font: astronomia.com)

Malgrat tot, té un petit inconvenient, i és que, tot i que s'ubica força a prop de l'equador, se situa en l'hemisferi sud. Això vol dir que, tot i que en la conca no ho estigui gaire influïda per les condicions d'aquell indret, els seus voltants, sí. En addició a això, un darrer contra que presenta és que, en ser una depressió tan pronunciada –de pràcticament 7 km de profunditat–, la part més fonda està sepultada sota una espessa capa de pols, que, segurament obstaculitza una part important del flux de radiació lumínica que hi pogués arribar. (*Las profundidades de Marte*, 2014)

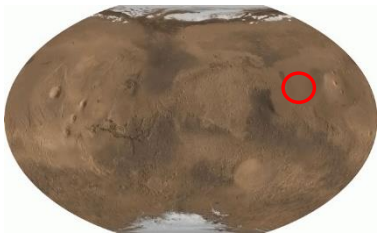
Una altra possibilitat és ubicar la base en les cavitats de lava que abunden en la regió de Tharsis. I és que en aquesta zona, la qual conté quatre volcans enormes –Arsia Mons, Pavonis Mons, Ascraeus Mons, i el famós Mont Olimp o Olympus Mons, el darrer del qual es troba una mica desplaçat–, s'han identificat un total de 1.029



Imatge 36. Regió de Tharsis. (FONT: astronomia.com)

coves que podrien servir com a candidates per a situar els primers habitatges, que inclouen 349 claraboies en 27 dels túnels, les quals podrien aportar llum natural als habitacles. A l'igual que en l'anterior cas, en tractar-se de les mateixes formacions, els tubs de lava, tindran també la protecció i els avantatges que aquests presenten. Tanmateix, com que estaran situats en una zona completament central del planeta i a una altura més elevada, mostraran unes condicions ambientals diferents. D'una banda, tindran un clima força més moderat que en l'hemisferi sud, ja que es situen en l'equador del planeta; però, d'altra banda, com que estaran a altures molt més elevades, la pressió atmosfèrica serà força més baixa. Finalment, un darrer contra que ofereix la zona és que no s'han identificat encara senyals que hi pugui haver aigua en qualsevol estat ni profunditat. (*The 1,000 Caves of Mars*, 2020)

Una darrera opció d'un lloc on hi ha de xarxes de coves fetes pel pas de la lava és a pels voltants de l'Elysium Mons. I és que, tot i que és veritat que és una zona on moltes d'aquestes xarxes de túnels subterranis ja s'han ensorrat (Imatge 37), hi ha una sistema de canals on encara es mantenen colgats sota terra, i és l'Hebrus Valles. Aquest complex, que va ser format pel pas de la lava i de l'aigua, està situat al sud de l'Utopia Planitia, a l'altura de l'Elysium Mons; o sigui, a la part sud l'hemisferi nord, prop de l'equador (Imatge 37); justament la localització ideal que es comentava abans, la qual és així perquè consta de les millors condicions i característiques. A més a més, com que està situada en una de les esplanades que en un passat formaven part del sòl d'un gran oceà, l'altura en la que es troba aquesta regió és força baixa, concretament uns 4 o 5 km sota terra, cosa que farà que hi hagi una pressió atmosfèrica més elevada que l'indret anterior, tot i que no tant com en la primera opció. Addicionalment, per bé que no està constatat, es creu que en certes zones hi podria haver accés relativament fàcil a l'aigua.



Imatge 37. Hebrus Valles. (Font: astronomia.com)

Per últim, cal admetre que és un bon objectiu d'investigació. Com es comentava abans, en formar part d'un oceà antic, és un indret que interessa molt analitzar a la comunitat científica, per tal d'esbrinar si en un passat Mart va albergar alguna forma de vida. A més, en estar a prop de l'hemisferi sud i del volcà Elysium Mons, també es podran fer excursions d'investigació per tal d'estudiar altres zones d'interès.

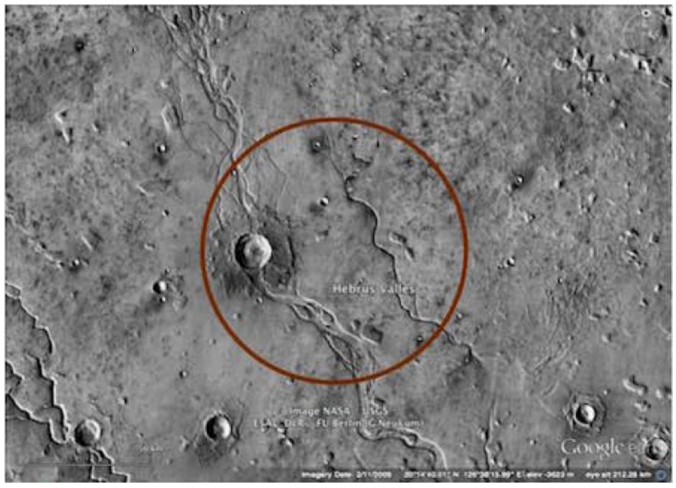
Havent comentat les tres xarxes de túnels de lava més segures del planeta vermell que serviran per localitzar la residència on viuran sis astronautes durant dos anys, toca decidir quina de totes és la millor. Tenint en compte les condicions ambientals més afavoridores i propietats geològiques més interessants a explorar un cop allà, es pot sentenciar que l'indret que presenta les característiques més idònies és l'Hebrus Valles.

Per tant, en una de les seves cavitats serà on s'ubicarà l'habitatge que es vol construir en aquest projecte.

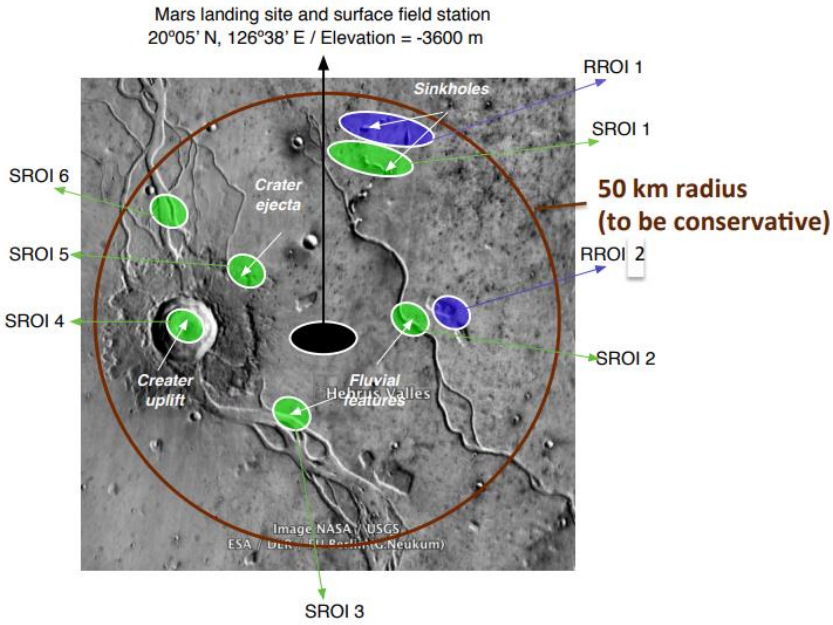
4.4. HEBRUS VALLES

Un cop escollida la regió on se situarà la base en el mapa de Mart, cal determinar la ubicació exacta dins d'aquesta –o sigui, dins de la xarxa de túnels en qüestió– i concretar la col·locació que adoptarà l'edificació en el relleu –és a dir, formalitzar més o menys la seva disposició en el túnel de lava.

Degut a que no totes les zones de la regió escollida presenten les mateixes característiques, es duran a terme comparacions entre elles per tal de seleccionar aquella que sigui més afavoridora. Per fer-ho, es revisarà un estudi de la zona realitzat per investigadors i investigadores de diferents institucions, entre elles la Nasa.



Imatge 38. Hebrus Valles. (Font: Nasa)



Imatge 39. Mapa de la xarxa d'Hebrus Valles. (Font: Nasa)

Taula 2. Criteris d'astrobiologia, ciència atmosfèrica i geologia en diferents zones d'Hebrus Valles. (Font: Nasa)

Site Factors					SRO11	SRO12	SRO13	SRO14	SRO15	SRO16	RRO11	RRO12	EZ SUM
Science Site Criteria	Astrobio	Threshold	AND/OR	Potential for past habitability	●	●	●	●		●			5
				Potential for present habitability/refugia	●						●		1
		Qualifying		Potential for organic matter, w/ surface exposure	●	●	●			●			4
	Atmospheric Science	Threshold		Noachian/Hesperian rocks w/ trapped atmospheric gases	●	●	●	●	●	●			6
		Qualifying		Meteorological diversity in space and time	○	○	○	○	○	○			6
				High likelihood of surface-atmosphere exchange	?	?	?	?	?	?			
				Amazonian subsurface or high-latitude ice or sediment	○								1
				High likelihood of active trace gas sources	?	?	?	?	?	?			
	Geoscience	Threshold		Range of martian geologic time; datable surfaces	●	●	●	●	●	●			6
				Evidence of aqueous processes	●	●	●	●	●	●			6
				Potential for interpreting relative ages	●	●	●	●	●	●			6
		Qualifying		Igneous Rocks tied to 1+ provinces or different times									
				Near-surface ice, glacial or permafrost		○		○		○	○		4
				Noachian or pre-Noachian bedrock units									
				Outcrops with remnant magnetization									
				Primary, secondary, and basin-forming impact deposits				●	●				2
				Structural features with regional or global context									
				Diversity of aeolian sediments and/or landforms	?	?	?	?	?	?			

Key	
●	Yes
○	Partial Support or Debated
	No
?	Indeterminate

Taula 3. Criteris d'enginyeria civil en diferents zones d'Hebrus Valles. (Font: Nasa)

Site Factors					SRO11	SRO12	SRO13	SRO14	SRO15	SRO16	RRO11	RRO12	EZ SUM
ISRU and Civil Engineering Criteria	Engineering			Meets First Order Criteria (Latitude, Elevation, Thermal Inertia)	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Water Resource	Threshold	AND/OR	Potential for ice or ice/regolith mix	●	●	●			●	●		
				Potential for hydrated minerals		●	●	●		●			
				Quantity for substantial production		○	○			○	○		
				Potential to be minable by highly automated systems		●	●			●	●		
				Located less than 3 km from processing equipment site									
				Located no more than 3 meters below the surface									
				Accessible by automated systems									
		Qualifying		Potential for multiple sources of ice, ice/regolith mix **and** hydrated minerals		●	●			●	●		
				Distance to resource location can be >5 km		●	●			●	●		
				Route to resource location must be (plausibly) traversable		●	●			●	●		
	Civil Engineering	Threshold		~50 sq km region of flat and stable terrain with sparse rock distribution		Multiple sites							
				1–10 km length scale: <10°		Multiple sites							
				Located within 5 km of landing site location		Multiple sites							
		Qualifying		Located in the northern hemisphere	●	●	●	●	●	●	●	●	
				Evidence of abundant cobble sized or smaller rocks and bulk, loose regolith	●	●	●	●	●	●	●	●	
				Utilitarian terrain features	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Food Production	Qualifying		Low latitude	●	●	●	●	●	●	●	●	
				No local terrain feature(s) that could shadow light collection facilities	●	●	●	●	●	●	●	●	
				Access to water	○	○	○	○	○	○	○	○	
				Access to dark, minimally altered basaltic sands	○	○	○	○	○	○	○	○	
	Metal/Silicon Resource	Threshold		Potential for metal/silicon	●	●	●	●	●	●	●	●	
				Potential to be minable by highly automated systems	●	●	●	●	●	●	●	●	
				Located less than 3 km from processing equipment site	●	●	●	●	●	●	●	●	
				Located no more than 3 meters below the surface	●	●	●	●	●	●	●	●	
				Accessible by automated systems	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Qualifying		Potential for multiple sources of metals/silicon	○	○	○	○	○	○	○	○	
				Distance to resource location can be >5 km	○	○	○	○	○	○	○	○	
				Route to resource location must be (plausibly) traversable	○	○	○	○	○	○	○	○	

Key	
●	Yes
○	Partial Support or Debated
	No
?	Indeterminate

De les dades a tenir en compte, aquelles que pesen més per decidir un indret o altre són la possibilitat d'habitabilitat i la presència d'aigua.

Tenint aquesta informació, doncs, es pot sentenciar que aquell indret on se sap segur que presenten més avantatges pel que fa a l'habitabilitat i accés a glacials és la zona ROI1, la qual està situada al nord-oest de la regió en qüestió.

I és que, és l'única que presenta possibilitat d'habitabilitat en el present. Tal i com s'indica, també és una cavitat amb possibilitats de trobar vida passada; i, a més, més contretament en la zona RROI1, hi ha elevades possibilitats de trobar aigua prop de la superfície marciana i minerals hidratats, dada que no totes les zones presenten i és imprescindible.

Per tant, en ser l'únic lloc amb possibilitat d'habitabilitat passada i present, i amb possibilitats d'accés a glacials relativament a prop de la superfície, queda adjudicada com la zona on s'assentarà la base marciana d'aquest projecte.

Imatge 40. Hebrus Valles. (Font: Nasa)

Així doncs, un cop triada la zona exacta dins la regió escollida d'Hebrus Valles, toca especificar la col·locació de l'edificació dins la cavitat.

Arribats en aquest punt, es farà un entremig. D'una banda, la casa es col·locarà força endins de la cova per tal d'esquivar tots els obstacles que les condicions ambientals marcianes ofereixen (ja siguin les baixes temperatures, com tempestes de pols...). De l'altra, s'intentarà fer només el just i necessari, per tal d'estalviar els materials de

distribució que aportaran l'electricitat i l'oxigen (tant els panells fotovoltaics com la màquina d'obtenció d'oxigen romandran fora del túnel per qüestions pràctiques), a més de fer el trajecte més curt entre la base i l'exterior per a les possibles exploracions que duran a terme els astronautes.

Finalment, es pot sentenciar que la ubicació exacta de la base marciana d'aquest projecte serà en una de les cavitats de la zona RROI1 de la xarxa de túnels de lava d'Hebrus Valles, en un punt el suficient lluny per evitar les condicions ambientals extremes de Mart, però suficientment a prop com per estalviar el màxim de materials de distribució i trajecte dels astronautes en fer les exploracions.

5. L'HABITATGE

Un cop ubicat i decidit el lloc concret on s'enviarà per assentar la primera vivenda en l'astre extraterrestre, ara ja només cal aplicar tot el que s'ha investigat i estudiat per tal de dissenyar l'habitacle més adaptat i ajustat a la finalitat de la missió.

Tal i com s'ha comentat anteriorment, doncs, a causa dels objectius purament científics i de recerca que té l'expedició, l'edificació estarà totalment adaptada a aquests, per tal de garantir la satisfacció de la tasca.

D'aquesta manera, recapitulant tot el que s'ha decidit fins ara, es dissenyarà una base d'exploració per a sis persones i per a una durada d'aproximadament dos anys. És important recordar que serà una casa que s'haurà d'autogestionar tots els recursos –ja sigui l'oxigen per respirar, com l'aigua, com el menjar o com l'electricitat– i haurà de ser el més sostenible possible, per tal de deixar la mínima petjada al planeta vermell.

Així doncs, a continuació es presentarà el projecte tècnic de la construcció de l'habitatge. Abans de res, cal recalcar que, degut a, per una part, la manca d'alguns recursos per dur-lo a terme (programes professionals), i per una altra part, a causa de l'absència de normativa i legislació sobre el seu contingut i parts que ha de constar, hi haurà alguns aspectes que variaran una mica dels projectes arquitectònics que s'està acostumat a veure a la Terra, tot i que el producte final serà exactament el mateix.

Per tant, una de les coses que cal tenir en compte quan es vol construir, reformar o rehabilitar edificis a la Terra, és la sol·licitud del permís d'obres a l'Ajuntament o l'entitat corresponent, la qual s'obté quan es presenta el projecte arquitectònic que hauria de complir tota la legislació relacionada amb el sector. No obstant, com a conseqüència del que tot just s'ha comentat de la manca de normativa i lleis relacionades amb la construcció i l'arquitectura per al planeta Mart –ja que les que tenim actualment només serveixen per a la Terra–, aquesta part del procés s'haurà de negligir. D'aquesta manera, havent-se estalviat una bona paperassa, es començarà directament amb el programa de necessitats, que és allò que dirà què és el que es vol i farà de guia en tot moment.

5.1. PROGRAMA DE NECESSITATS

Tot tipus de projecte té l'objectiu de satisfer unes necessitats concretes, les quals s'han de tenir en compte en tot moment si es vol assolir el propòsit. Aquest projecte, també té unes determinades finalitats, les quals ja s'han comentat anteriorment. Per tant, la pregunta que s'ha de fer arribats aquí és: què és el que s'espera que la casa compleixi?

En aquest apartat, el que s'haurà de resoldre és, doncs, quines seran les parts de la casa necessàries per tal de, a més de viure-hi, dur-hi a terme totes les activitats proposades que s'hauran d'assolir durant la missió; així com també s'haurà de definir a grans trets les dimensions d'aquestes estances.

D'entrada, els primers elements amb que comptarà la casa són els **dormitoris**. Aquests, per tal d'oferir una mínima intimitat als astronautes, seran individuals. Per tant, com que són sis persones, hi haurà sis habitacions. Quant a les seves dimensions, degut a la seva funció; la qual serà pràcticament només proporcionar un lloc per descansar, guardar la roba i estris personals i, com a molt, oferir un espai per dur a terme tasques individuals i/o personals –com per exemple, comunicar-se amb la família o realitzar alguna tasca de lleure–; la seva àrea serà la justa i necessària per a complir amb aquesta i no resultar angoixant per als habitants, la qual cosa voldrà dir que rondarà els 9-10 m^2.

En segon terme, disposarà de **zones de sanejament o lavabos**. Com que són sis les persones que conviuran en aquesta residència, és convenient disposar de dos banys complets. D'aquesta manera, es poden utilitzar simultàniament al mateix temps. A més, si hi ha qualsevol urgència o, fins i tot, hi ha algun problema amb un, n'hi haurà un altre de disponible. Com que ambdós estances tindran tots els serveis complets, és a dir, dutxa, pica i vàter –el qual, per tal de contaminar el mínim, serà un wc sec[10], el funcionament del qual s'explicarà més tard–; i, a més a més, comptaran d'una rentadora i assecadora per a rentar la roba i un espai on deixar tots els estris de neteja de la casa; les seves mides seran força grans, d'uns 10 m^2.

[10] WC sec: vàter que no utilitza aigua, sinó que, gràcies a la fermentació aeròbica, converteix les restes fecals en compost i les degrada.

Tercerament, per tal de tenir un lloc on preparar o, si cal, cuinar els aliments, i per menjar, hi haurà una cambra **cuina-menjador** comuna. Aquesta, disposarà de tots els estris necessaris per preparar els àpats i una taula de sis persones per realitzar les menjades conjuntament. Respecte a la grandària, en ser un espai comú, serà una cambra força ample (més que les habitacions i els lavabos), d'uns 20 m^2.

En quarta posició, es necessitarà un petit **gimnàs** o espai per a fer esport. Pel fet que les condicions ambientals marcianes gairebé impediran sortir a l'exterior per motius que no siguin d'investigació, pràcticament l'única activitat física que es durà a terme serà el desplaçament d'un lloc a l'altre de la casa. A més, tal i com els passa als astronautes de l'ISS, la gravetat que els suportarà allà serà molt més baixa –gairebé un terç de la de la Terra–; per això, si realment es vol fer un viatge d'anada i tornada a la Terra, per tal d'evitar una atròfia muscular i dels ossos irreversible que deixi als tripulants invàlids, dins l'habitatge hi haurà zona amb l'espai i aparells necessaris per fer exercici físic.

En cinquè lloc, degut a l'extensió de la missió, caldrà que dins del domicili temporal dels primers habitants marcians hi hagi una **cambra per al lleure**. No tot el temps que els astronautes romanguin a Mart estaran, ni molt menys, treballant. Seria inhumà pensar que no tindran estones d'oci per desconnectar i descansar. Per això mateix, existirà un espai dins la base que tindrà l'únic objectiu de complaure els tripulants de la missió en el seu temps lliure. Aquesta sala, la qual requerirà d'un espai que es vegi ample i espaiós, tindrà una petita biblioteca, tauletes, pufs, un simulador d'espais de la Terra...

Addicionalment, amb el motiu que tots els subministraments necessaris per a la supervivència i per al funcionament de la casa seran autogestionats, tant l'oxigen, com l'aigua, com el menjar, com l'electricitat s'haurà de mirar de quina manera són extrets.

D'una banda, en el cas de l'oxigen, l'aigua i l'electricitat, requeriran d'una **estança d'instal·lacions** on hi haurà la maquinària necessària per, o bé es fabricar-los directament –com en el cas de l'oxigen i potser l'aigua–, o bé rebre'ls des de fora i distribuir-los arreu de tot l'habitatge –com passarà en el cas de l'electricitat i, si tot va bé, part de l'aigua. Aquesta peça és l'única que no es pot predir encara les seves dimensions, ja que requeriria de saber exactament les màquines que hauria d'incloure i

les seves pròpies mides. És per això que, tot i que en tot el projecte es té en compte la sala, no es dibuixa enlloc.

De l'altra banda, el menjar, com que tampoc pot ser importat de la Terra a causa del cost que suposaria tot plegat, s'ha de fabricar allà mateix. Per això, abans de res, s'ha de pensar en els nutrients i substàncies que s'han d'ingerir per tal de seguir una dieta equilibrada. Per aconseguir aquesta, les fonts que es pot plantejar d'aprofitar són; o bé animals, portant insectes o un animal com el porc del qual se'l pugui aprofitar al 100%; o bé vegetals.

Degut a la dificultat que representa mantenir i habilitar un lloc per als animals, es descartaria per complet portar un animal gros; en el cas dels insectes, però, no s'eliminaria encara la seva opció, ja que, a més de servir als astronautes com a font de proteïna, servirien també per dur a terme processos de fermentació, si fes falta. Tanmateix, el subministrament d'aliment a través de les plantes és inqüestionable. I és que, en una tria d'aquestes, a partir de les seves llavors, fruits, fulles... es poden obtenir tots els tipus de nutrients que necessita el cos.

Per tant, un indret que segur que haurà de tenir la casa serà un **hort o hivernacle**, el qual haurà de ser de considerables dimensions si és que es volen alimentar sis persones durant dos anys. Haurà de tenir, doncs, uns 60-75 m^2 d'àrea en total; ja que són 40-50 m^2 de cultius per persona; és a dir, uns 240-300 m^2 totals (per les sis persones que hi viuran), que es poden disposar en 4 pisos, de manera que queda aquesta superfície total.

Ara, un cop cobertes totes les parts de la casa necessàries per a la supervivència, falten aquelles instal·lacions que faran falta per assolir els objectius científics de l'expedició.

Per una part, per tal d'analitzar totes les mostres –que s'extrauran del territori que s'explorarà– i experimentar amb elles, es requerirà d'un **laboratori** ben equipat, capaç de realitzar experiments de biologia, geologia i química, sobretot. Aquest, haurà de constar d'uns 20 m^2 com a mínim.

Per l'altra banda, a fi de passar a l'ordinador totes les dades, cercar informació..., caldrà una **oficina** comuna per a tots els astronautes marcians on es realitzaran totes les tasques de despatx, la qual constarà de totes les facilitats que necessitin els membres de l'equip. Aquesta, tindrà també un mínim de 20 m^2.

Per últim ja, tan sols queda pensar en la part que farà de rebedor, és a dir, aquell indret de la casa que farà d'intermediari entre l'exterior i l'interior de l'habitatge, i el qual estarà inspirat amb la base que habitaven els protagonistes de la pel·lícula *The Martian*. I és que, com a conseqüència de les extremes condicions ambientals de Mart, s'han de mantenir certes precaucions en entrar a la base.

Primer de tot, a causa de la facilitat en què la pols marciana s'adhereix a qualsevol cos, farà falta una cambra on, just abans d'entrar a la base, gràcies a un flux d'aire a pressió, es retiri tot el polsim que s'hagi enganxat al vestit d'astronauta que duguin posat aquests durant l'exploració i/o altres estris utilitzats en l'excursió. Abans d'acabar d'entrar, però, a més d'espolsar-se bé, els expedicionaris s'hauran de treure tot l'equipament especial que duguin i canviar-se de roba per entrar dins de l'apartament.

Per tant, en l'entrada, hi haurà una **cambra per a espolsar el pols marcià** no gaire gran d'uns 6-7 m^2 i, seguidament, una **sala per guardar l'equipatge i instruments** utilitzats pels astronautes durant les excursions –els quals quan en tornin d'una, ho deixaran allà preparat per a la següent sortida–, d'uns 10-15 m^2.

5.2. CONCEPTE DE CASA

Un cop es té al cap tot allò que es vol i s'ha de tenir en compte per a la construcció de la casa, s'ha d'esbossar una mena de mapa mental del concepte d'aquesta edificació; és a dir, s'ha de pensar el sistema en què la construcció s'ajusti de la millor manera possible al medi que els envoltarà i a les seves condicions. Per tant, en aquest punt es reflexionarà i s'acordarà el següent:

- Disposició de la casa dins de l'entorn escollit, de la manera més optimitzant;
- Disseny exterior;
- Organització interna (croquis);
- Proposta de la distribució de les estances que en constarà, considerant en tot moment les seves dimensions prèviament comentades.

Així doncs, en primer lloc, cal recordar quin és l'indret sobre el qual s'ha d'assentar l'estructura arquitectònica que es vol construir. Com bé s'ha comentat en l'apartat de localització de l'habitatge, aquest se situarà dins d'una de les coves creades per l'erosió del pas de la lava i de l'aigua fa molts i molts anys, en la regió d'Hebrus Valles. Això vol dir, que, atès que les condicions ambientals del planeta veí en la seva superfície són força extremes i perilloses per a qualsevol ésser viu, s'aprofitarà aquesta formació natural a fi d'ubicar la millor residència per als primers astronautes marcians.

No obstant, el fet que la construcció se situï dins d'un espai tancat i restringit, la seva disposició i disseny quedaran completament limitats pel dibuix que adopti la formació geològica en qüestió. Per tant, com que no es coneix encara la forma interior del túnel –tot i que sí que se sap el seu recorregut–, la forma global de la casa haurà de ser el màxim versàtil i adaptable possible[11].

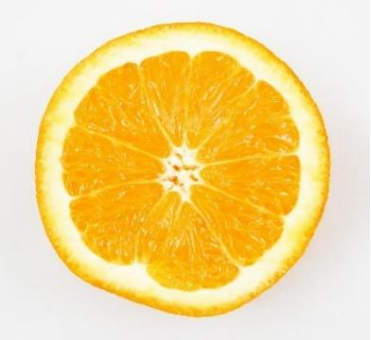
És per això mateix que l'aspecte de la casa serà d'un prisma de base octogonal modular. I per què això? Doncs, d'una banda, un octògon regular és una figura que és molt fàcil d'ajustar-la a un indret limitat, a causa del fet que la superfície de les seves parets està encarada en més perspectives; per exemple, un quadrat, com que només té quatre

[11] Malgrat això, en aquest projecte on només es construeix un habitatge, en principi no hi hauria d'haver cap problema, ja que se sap que les cavitats de lava de Mart són de fins a 250 m de diàmetre, els quals són suficientment grans com per a construir una base d'exploració per a sis persones.

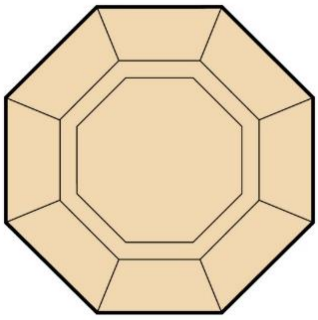
cares, ha de coincidir que totes aquestes encaixin a l'entorn, sense tenir gairebé possibilitat de moure-ho per adaptar-ho. D'altra banda, el fet que sigui modular, a més de facilitar el transport d'algunes parts de l'estructura prefabricades des de la Terra (en el cas que fes falta) i la seva construcció, ajuda també al fet que l'habitatge sigui una estructura fàcil d'encaixar en el medi geològic, ja que els diferents mòduls es podran acabar de col·locar de la manera que convingui.

Addicionalment, un altre avantatge que presenta el fet que la base sigui un polígon regular és que, en el cas que en un futur es vulgui ampliar la construcció –ja sigui per poder enviar un equip científic més gran o per aprofitar l'estructura de l'edificació per expandir territoris i iniciar una colonització del planeta–, serà molt fàcil que quedin unes estructures unides i encaixades, ja que els prismes octogonals es podran disposar un al costat de l'altre. I el fet que siguin vuit costats els disponibles per acoblar-se –en realitat seran set, ja que hi haurà l'extensió de l'entrada–, farà que la tasca d'ajustar el conjunt d'habitatges dins la cova sigui més senzilla i eficient, ja que es podran anar disposant de la manera que convingui, tot controlant les possibles corbes o altres obstacles que pugui presentar la forma geològica (Imatge 43, Imatge 44).

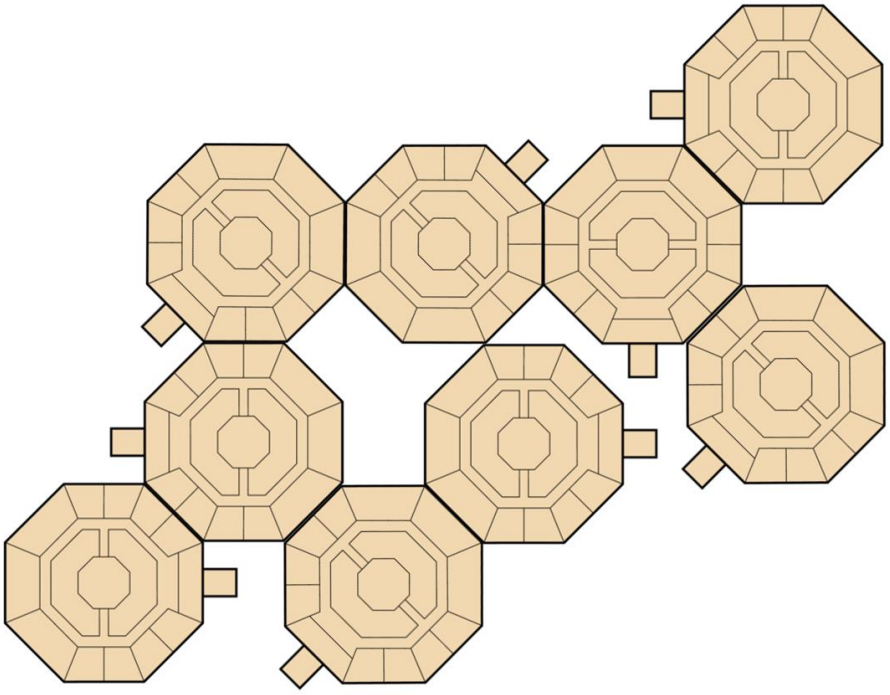
Un cop tenim ja la fisonomia de l'edificació, cal rumiar en l'estructura interna que adoptaran les diferents parts modulars que constarà. Per tal d'aprofitar tot l'espai que es disposa de la construcció, la configuració del seu interior podria ser com el dibuix que fa l'interior d'una taronja (Imatge 41). Per tant, ara, tenint la imatge de la fruita en ment, es pot descriure un disseny senzill de la següent manera: Hi hauria un mòdul de base octogonal situat al bell mig de l'octògon exterior; és a dir, un octògon petit dins del gran; el qual serviria com a zona comuna. Llavors, per tal de completar la resta d'espais que consti la casa, es faran, vist en planta, uns trapezis isòsceles que aniran des dels costats de l'octògon petit al del gran; o sigui, les divisòries dels mòduls aniran des dels vèrtex de l'octògon petit fins als del gran (Imatge 42).



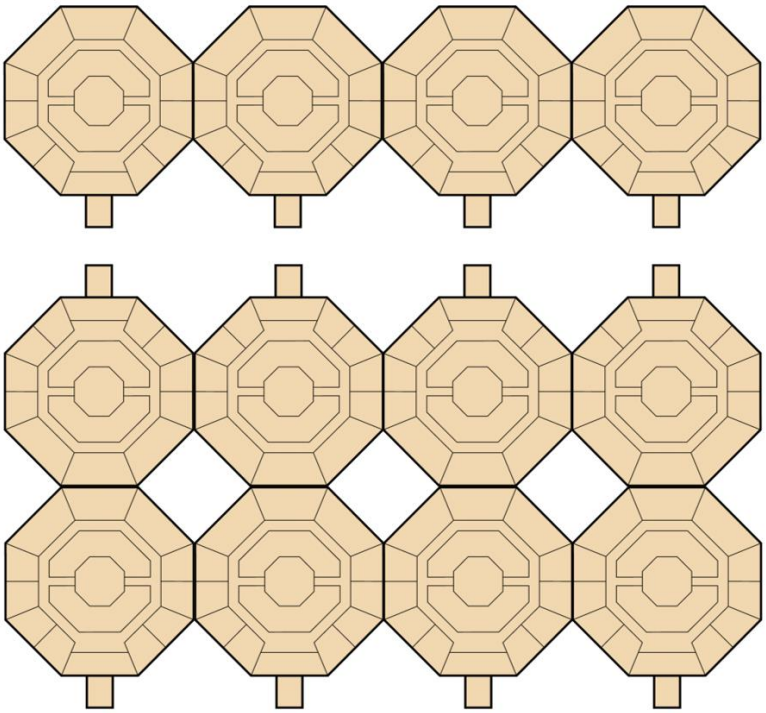
Imatge 41. Taronja tallada per la meitat. (Font: espores.org)



Imatge 42. Disseny prisma de base octogonal, amb un octògon al mig i els trapezis definits. (Font: pròpia)



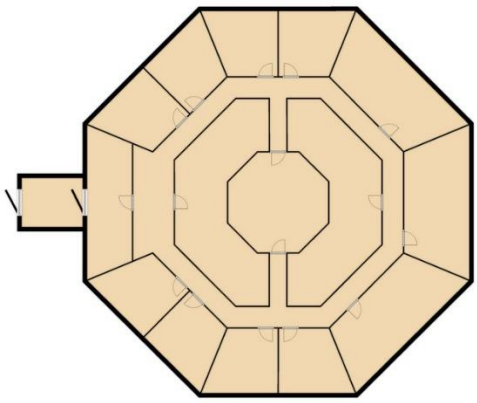
Imatge 43. Acoblament irregular de diverses cases. (Font: pròpia)



Imatge 44. Acoblament regular de cases. (Font: pròpia)

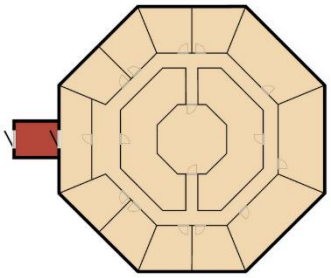
5.2.1. DISTRIBUCIÓ

Ara que ja se sap quina serà l'estructura externa i interna de la construcció, cal organitzar les estances de manera que s'ordenin totes cambres i parts que es necessitin de la casa de la forma més òptima i còmoda per als seus habitants.



Imatge 45. Planta de l'estructura externa, interna i distribució estances. (Font: pròpia)

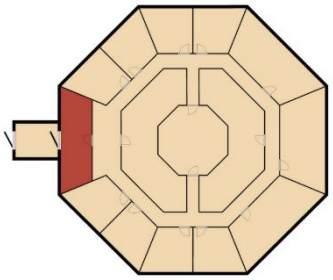
En primer terme, s'ha de pensar en les dues cambres del rebedor, les quals fan d'entrada a la base.



Imatge 46. Cambra d'espolsar la vestimenta especial i altres estris. (Font: pròpia)

D'un costat, pel que respecta a la cambra de treure la pols, degut a que serà una habitació únicament de pas on els astronautes la utilitzin només per entrar a la base, anirà situada per fora de l'estructura que s'ha pensat; és a dir, serà com un afegit que s'enganxarà amb el prisma en algun punt. I això serà així també perquè, en ser la cambra que separarà l'espai exterior amb l'interior, es podrà utilitzar una mica com a aïllant per a la resta de l'habitacle, de manera que quan algú entri o surti, la climatització de la base no en quedarà afectada.

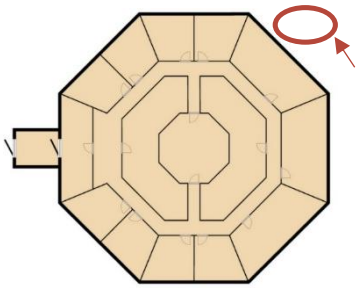
De l'altre costat, però, la sala de desar l'equipatge sí que es trobarà ja dins de la vivenda. En ser una zona on els astronautes es canviaran de roba, aquest ha de ser un espai ja totalment climatitzat i en plenes condicions. Per tant, aquesta habitació ocuparà una part d'un dels mòduls que doni a l'exterior –o sigui, un dels trapezis–, que serà la part més externa. L'altra part, doncs, es destinarà en ser un passadís cap a la resta de la casa que servirà de comunicador d'espais. D'aquesta manera, per entrar a l'habitatge després d'una expedició –o, evidentment, també per sortir-ne–, es seguirà el següent recorregut:



Imatge 47. Cambra de treure la vestimenta especial i desar-la. (Font: pròpia)

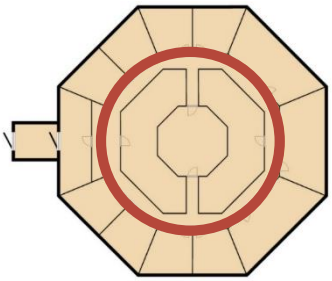
1. Es passarà per una cambra on, gràcies a aire a pressió, s'espolsaran les vestimentes i altres estris que hagin estat en contacte en l'exterior.
2. S'entrarà en una altra sala, ja dins de la casa, on es traurà tot l'equipatge especial i es desarà per la propera sortida.
3. Finalment, es travessarà el passadís d'accés a totes les altres estances.

En segon terme, cal determinar on anirà situada la sala d'instal·lacions. I és que aquesta; en ser la sala que rebrà tots els recursos elèctrics i d'aigua de fora, en contenir també moltes màquines que poden molestar acústicament, i sumat en que és una sala on, en principi, ningú hagi d'accedir-hi sovint; el més fàcil serà que vagi ubicada en un mòdul a part del prisma octogonal, i connectada amb ell a través dels tubs i cables per on haurà de distribuir tots els recursos (oxigen, aigua, electricitat, climatització...). Així doncs, el lloc per on, probablement, sigui més optimitzant de col·locar-la és al costat de la cuina-menjador, ja que és l'indret on té més a prop aquelles zones que s'han de distribuir l'aigua (la cuina i els lavabos), cosa que redueix materials ja que no fan falta tants metres de tubs.



Imatge 48.Sala d'instal·lacions. (Font: pròpia)

En tercer lloc, cal pensar en la cambra que anirà situada al mòdul central de base octogonal. Tal i com s'ha comentat abans, aquesta serà una cambra comuna. I aquí es poden pensar en diverses opcions: tant pot ser la cuina-menjador, com la zona de lleure, com l'oficina... No obstant, la millor opció potser és col·locar l'hivernacle. D'entrada, perquè és un espai que necessitarà, probablement una àrea més gran que les altres, ja que haurà de permetre plantar la quantitat adequada de vegetació per alimentar sis persones durant dos anys.



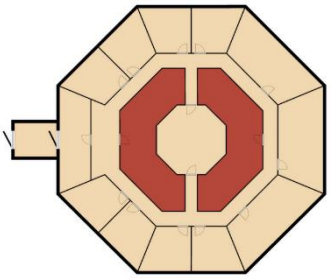
Imatge 49. Mòdul central de la base. (Font: pròpia)

D'aquesta manera, doncs, es podrà fer el gran que es necessiti sense influir en les dimensions dels altres mòduls, els qual seran trapezis iguals. A més a més, en ser una estància que requerirà d'unes condicions determinades d'il·luminació, temperatura i humitat, podran ser aprofitades per la resta d'habitatge per mitjà de parets transparents de vidre o plàstic, o finestres; de manera que serà un sistema d'optimitzar energia. Finalment, gràcies a la funció que tindran les plantes en proporcionar part de l'oxigen que respiraran els astronautes, anirà molt bé que es situïn al mig per tal de garantir un bon repartiment i distribució d'aquest arreu de la casa.

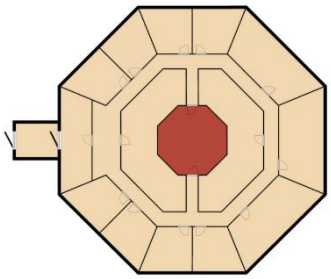
No obstant, pensant més enllà; tenint en compte que l'hivernacle haurà de ser una zona amb una neteja i atenció impecables, a més d'exigir unes condicions ambientals

rigoroses tot just esmentades, i el laboratori també requereix d'aquestes consideracions; es podria proposar que compartissin l'espai.

Per tant, el mòdul central de base octogonal anirà destinat a l'hivernacle i el laboratori.



Imatge 50. Hivernacle. (Font: pròpia)

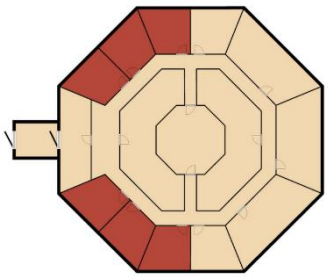


Imatge 51. Laboratori. (Font: pròpia)

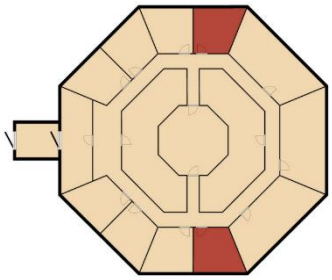
En quart lloc, es comencen ja a distribuir les estances que aniran als mòduls en base de trapezi. D'aquestes estances n'hi ha vuit –corresponents als costats del prisma de base octogonal–, i tenen una àrea d'uns 20 m^2, ja que és el que requereixen les habitacions prèviament esmentades; tanmateix, una anirà destinada a la cambra de guardar la vestimenta i al rebedor, com ja s'ha comunicat abans. Per tant, ara queda distribuir les estances que queden als set trapezis sobrants.

Iniciant la distribució pels dormitoris, cal recordar, abans de res, que seran sis dormitoris iguals, d'uns 9-10 m^2 cadascun, com bé s'ha comentat anteriorment. Per tant, com que cada prisma amb base trapeziforme tindrà una àrea d'uns 20 m^2, el que es podria fer seria dividir els mòduls per la meitat, per tal de comptar amb dues cambres completament iguals i amb la mida ideal d'una habitació corrent.

El següent pas a decidir és en quin lloc de l'apartament se situaran. I és que, per temes de soroll i intimitat, estaria bé que les sis habitacions estiguessin juntes. D'aquesta manera, a més de crear un espai més personal en l'habitatge, si algú volgués descansar o simplement estar tranquil, ho podria fer anant a la seva cambra, ja que estaria lluny de les estances comunes on, segur, hi hauria més xerinola. Addicionalment, cal considerar que estaria bé que entre totes elles hi hagués un espai o passadís entremig, per tal de proporcionar amplitud. Per això, disposar-les al costat de l'entrada fent que el passadís que hi ha sigui la zona lliure és, probablement, la millor idea.



Imatge 52. Dormitoris. (Font: pròpia)

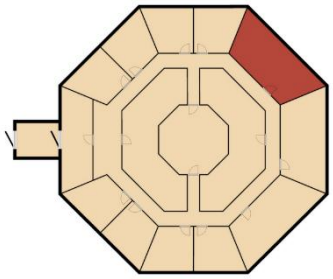


Imatge 54. Lavabos. (Font: pròpia)

Seguint pel que fa als lavabos, puix que també requeriran d'un espai d'al voltant de 10 m^2, es seguirà la mateixa estratègia que en els dormitoris, de manera que es disposaran en la meitat d'un dels trapezis.

Addicionalment –recordant que són dos banys–, respecte al lloc que ocuparan dins de la construcció, se situaran un a cada punta. Això serà així a causa del fàcil accés que demanen aquestes cambres, ja que, en fer-ho d'aquesta manera, en tots els punts de la casa hi haurà un bany a prop per a qualsevol necessitat o, fins i tot, emergència.

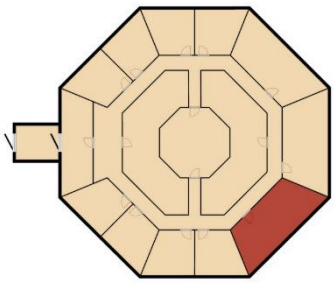
A continuació, passant per l'habitació que farà de cuina-menjador, com que haurà de ser una sala gran, ja que serà zona comuna, ocuparà tot un mòdul, el qual constarà d'una part de cuina i rebost, equipats per a preparar el menjar, i una altra part on hi haurà la taula, que és on es duran a terme els àpats.



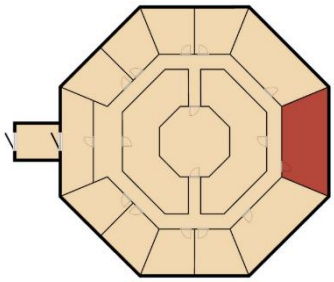
Imatge 56. Cuina-menjador. (Font: pròpia)

Tot seguit, cal parlar del gimnàs. La sala que vagi destinada a aquesta funció, realment, no ha de ser molt gran, sinó que simplement ha de tenir la mida suficient com per proporcionar una zona mínima per poder realitzar activitat física, amb alguna màquina per córrer i altres aparells que s'escolliran en funció de l'equip definitiu.

Abans d'establir el lloc que ocuparà aquesta, es pot plantejar una proposta. Atès que l'espai que requereix no és gaire gran i, a més, la zona de lleure i el gimnàs es poden complementar bé per ocupar una mateixa habitació, ja que pot convertir-se en la sala de desconnexió, es podria plantejar l'opció de compartir un mateix mòdul. D'aquesta manera, es construiria un cambra completa exclusiva per a l'oci i, al mateix temps, s'optimitzarà l'espai que suposaria fer-ne dos de diferents, tot donant, també, una sensació d'amplitud.



Imatge 58. Cambra per al lleure i gimnàs. (Font: pròpia)



Imatge 60. Oficina. (Font: pròpia)

Finalment, l'última estança que queda per acabar de definir és l'oficina. Degut a que necessita l'espai suficient com perquè hi puguin treballar sis persones al mateix, l'estança tindrà un mínim de 20 m^2, com ja s'ha explicat anteriorment, i, per tant, això voldrà dir que ocuparà un mòdul sencer.

Aleshores, recapitulant tot el que s'ha decidit, ara es posarà en ordre. En primer lloc, el mòdul central de base octogonal anirà destinat per l'hivernacle i el laboratori –els quals segurament estaran dividits amb una paret que els separi–. Llavors, pel que fa als vuit mòduls de base trapeziforme, un estarà ocupat per la sala de guardar la vestimenta especial dels astronautes per quan realitzin les excursions a l'exterior de la base i pel passadís d'accés a la casa; tres mòduls més estaran ocupats per dormitoris –sis habitacions que ocupen la meitat d'un mòdul cadascuna–; un altre, anirà destinat a l'espai total que ocuparan els lavabos –que, en realitat, com ja s'ha comentat, en seran que dos de la mida de les habitacions–. Els tres darrers mòduls aniran assignats als tres espais comuns que resten: la cuina-menjador, la zona de lleure i fer esport, i l'oficina. Finalment, hi haurà dos afegits a la casa; un serà la cambra de treure pols, la qual s'acoblarà directament al costat de la sala de desar l'equipatge; i l'altre, serà la sala de maquinària i distribució de recursos, que serà un mòdul a part situat al costat de la cuina-menjador i que es connectarà amb l'habitatge a través dels tubs i cables.

En quant al càlcul de les superfícies que han de tenir cadascuna de les peces de l'habitatge, es parteix de la superfície necessària de l'espai octogonal central on hi ha l'hivernacle, per després poder calcular les dimensions de la resta d'espais.

En base al càlcul del terreny necessari per cultivar plantes durant dos anys, es considera que l'hivernacle ha de tenir 60 m^2. Si a aquesta superfície se li suma l'espai del laboratori de 20 m^2, s'obté la superfície i dimensions de l'octògon central.

A partir d'aquí, es completa la planta octogonal de la totalitat de l'edifici, amb les superfícies que s'han definit anteriorment en el programa de necessitats, i s'obté la superfície construïda total de 320 m^2.

5.3. MATERIALS, SISTEMES CONSTRUCTIUS I MOBILIARI

Un cop enllestit l'esbós del disseny de la casa, cal pensar en els materials que s'utilitzaran i els sistemes constructius que faran servei en la construcció d'aquest habitacle. Caldrà pensar també d'on es trauran aquests –de Mart mateix o de la Terra– i, en el cas que sigui d'allà, de quina manera. El que sí que s'haurà de procurar és que l'operació sigui el més optimitzant i sostenible possible.

I és que, gràcies al fet que la superfície marciana té una composició molt semblant a la de la Terra, tal i com s'ha explicat en l'apartat de la geosfera, una part important dels materials que formin l'estructura de la construcció, així com potser també part dels acabats, podrien extreure's d'allà mateix, cosa que estalviaria tota l'energia i costos de més que suposa importar-ho de la Terra, a més de ser molt més ecològic.

L'inconvenient que té això, però, és que, si els materials s'obtenen d'allà, s'han de portar igualment màquines des la Terra per tal de donar la forma que es necessiti. Per tant, en ser una missió de tan curta durada i poca tripulació, la majoria dels materials potser no valdran la pena de ser fabricats allà, a causa de les laborioses tasques que implicarien els processos de la seva elaboració.

I és que, la seva construcció la duran a terme els mateixos integrants de la missió, els quals durant uns pocs dies s'encarregaran d'aixecar la seva casa dels següents dos anys, mentre, en aquest període de temps de muntatge, dormiran i viuran a la mateixa nau on han vingut o en un mòdul petit portat directament muntat des de la Terra. A causa d'aquest fet, necessiten que la tasca sigui el més fàcil i ràpida possible, de manera que s'eliminaran totes les opcions que requereixin de gaire temps, esforç i recursos que hagin de ser importants –és a dir, màquines i aparells.

A més, per aquests motius, s'evitarà per complet la construcció en humit –aquesta engloba, per exemple, el formigó–, i l'edificació es durà a terme totalment per mitjà de construcció en sec. D'aquesta manera, els astronautes simplement hauran de collar uns quants cargols i col·locar les peces que ja els vinguin preparades des de la Terra –tot esquivant les tasques de la fabricació d'aquestes.

En definitiva, tot i que està molt bé planejar per a un futur on es conegui més Mart una construcció on tots els materials o gran part d'ells siguin de km 0, en aquesta primera

missió resulta poc pràctic de fer-ho, a causa de la poca magnitud que té l'expedició i la complicació que suposa en haver-hi tanta desconeixença. I és que, a més a més, en tot cas, s'haurien de realitzar diverses proves de construcció amb l'aprofitament del material del territori extraterrestre abans de no proposar-ho en una missió tripulada – al final, malgrat que es planegés molt bé la tasca, no se sabria ben bé si funcionaria fins que no es dugués a la pràctica. Per tant, gairebé tots els materials i sistemes necessaris seran importats des de la Terra, per bé que ja s'explicarà més especificat en cada punt.

Així doncs, en aquest apartat es parlarà de la configuració de l'habitatge: la seva estructura; els tancaments i divisòries, és a dir, les parets externes i internes i les portes; els acabats, que són el paviment i fals sostre, i, si calgués, algun revestiment o pintura; les instal·lacions, en les que s'haurà de parlar del subministrament i distribució de l'aigua, l'oxigen i sistemes de renovació de l'aire, la gestió dels residus produïts, l'electricitat i les telecomunicacions; i el mobiliari.

5.3.1. ESTRUCTURA

En realitzar qualsevol construcció sobre una superfície, s'ha de pensar en la manera en què aquesta s'aguanti i no caigui. Així doncs, quan es vol sustentar un edifici corrent, s'ha de mirar com repartir-ne les seves càrregues, i això es fa construint una estructura.

L'estructura d'un edifici, doncs, és la que recull totes les càrregues que li pertanyen i les transmet cap al terra. Està formada per elements horitzontals i verticals. Els elements horitzontals són les bigues, i són les encarregades de sostenir directament qualsevol càrrega i transmetre-la als elements vertical, que són els pilars o parets, i són els que finalment transmeten aquestes càrregues al terreny a través dels fonaments. (enciclopèdia.cat, 2021)

Tanmateix, l'habitacle del qual s'està ideant aquest projecte, en realitat no té estructura. El seu esquelet no consta ni de pilars ni de fonaments que s'encarreguin d'aguantar tots els pesos de la construcció. I és que, en ser una edificació d'una sola planta i tan petita,

i, a més, en estar situada en una cavitat[12], les càrregues que s'han d'aguantar no n'exigeixen un sistema d'estructura convencional.

No obstant, tot i que no consta d'estructura, sí que requereix d'una subestructura, la qual consisteix en un entramat metàl·lic d'acer inoxidable sobre el que es col·locaran els panells d'acabats, ja sigui en els tancaments i divisòries, com en el fals sostre, com en el terra tècnic (paviment).

Pel que fa a aquest darrer element, el terra tècnic[13], cal dir que estarà aixecat gràcies a uns pilarets col·locats a les juntes de l'entramat i que aguantaran tota la subestructura. Les seves mides i separacions s'explicaran a mesura que es va desglossant l'apartat.

5.3.2. TANCAMENTS I DIVISÒRIES

Un cop conegut que no cal estructura, toca pensar en la caixa que recobrirà la subestructura i que farà separar l'exterior de l'interior de l'habitatge[14], així com també les diferents cambres de l'interior. D'aquesta manera, a més de dividir espais, aquests s'aïllaran tèrmicament i acústicament gràcies als aïllaments que contindran les separacions.

Per això, cal idear les parets exteriors i interiors, i les portes per tal que duguin a terme correctament les seves funcions. Prèviament a res, però, cal dir que tant les separacions exteriors com interiors tindran la mateixa estructura, tot i que en variaran el seu gruix a causa de la diferència d'aïllament que necessitaran.

Per tant, pel que fa a la composició de les parets, estaran formades per tres capes.

Anant d'una banda a l'altra de la paret, la primera capa serà un tauler contraxapat produït a base de resines i reforçades amb fibres, el qual s'importarà prefabricat des de la Terra en plaques, a causa de la complexa fabricació i els recursos necessaris per dur-la a terme. Aquest servirà, a més de per dividir els espais, com a acabat, ja que en millorarà l'aspecte i li atorgarà propietats essencials. Aquestes propietats que es

[12] La coberta és la part més pesada en una casa de planta baixa com la d'aquest projecte. Per tant, com que aquest habitatge està construït dins d'una cova, no és necessària una teulada (no hi influeixen precipitacions...).
[13] Terra tècnic: Terra elevat d'una edificació que permet crear un espai per passar-hi instal·lacions, entre d'altres coses.
[14] Quan es parla de l'exterior de l'habitatge, es refereix a l'interior de la cova.

procurarà que compleixi són l'oposició a la higroscopicitat[15] i la resistència a la propagació del foc; és a dir, que la paret sigui el màxim ignífuga possible, a més de proporcionar duresa resistència al trencament. Les plaques tindran una mida de 255×186 cm (ja que els panells estàndards tenen aquesta mida) i un gruix de 8 mm. (Trespa, 2021)

La segona capa, ubicada enmig de les dues externes, serà l'aïllament tèrmic i acústic. Aquest, estarà situat entre els muntants metàl·lics de la subestructura, i serà de llana de roca. A diferència de l'anterior, aquest material podrà ser fabricat allà mateix. I és que la llana de roca és un aïllant tèrmic i acústic molt eficient i ecològic que prové de roques basàltiques, les quals es poden trobar en túnels de lava –que és on justament s'assentarà l'habitatge. Com que el seu procés de fabricació no és molt complex, ja que tan sols consta en triturar, fondre i compactar la roca en qüestió amb l'ajut de petites quantitats d'aglutinants i olis d'impregnació (que seran importats de la Terra), sortiria a compte emportar-se una màquina no gaire gran que, en donar-li trossos de roca, dugués a terme aquestes operacions, de manera que s'obtinguessin làmines de 135×60 cm (mida estàndard). El seu gruix, variaria segons les parets exteriors i interiors. (Rockwool, 2021)

D'una banda, en el cas de les parets exteriors[16], l'aïllament tindria un gruix de 20 cm. Es posarà un gruix tan ample a causa de la poca informació que hi ha en les condicions climatològiques de dins de la cova –tot i que es pensa que són més suaus que en l'exterior, encara no se sap fins a quin punt–; de manera que val més preparar-se pel pitjor escenari i col·locar un bon gruix que ja s'ha calculat a la Terra i que aguanta bé les baixes temperatures.

De l'altra banda, en les parets interiors[17] també en caldrà una placa, tot i que més prima ja que tan sols haurà d'aïllar el soroll. Serà, doncs, de 45 mm de gruix.

L'última capa serà la mateixa que la primera. I és que, tant en el cas de les parets externes com en el de les internes, es necessitarà que per ambdós costats hi hagi una capa que en refini l'aparença, així com –com ja s'ha comentat abans–, li atorgui propietats de resistència a la humitat i al foc. És per això que estarà constituïda pel

[15] Higroscopicitat: Qualitat d'un material en ser sensible a la humitat.
[16] Parets exteriors: Aquelles que separen l'interior d'un habitatge amb el medi exterior.
[17] Parets interiors: Aquelles que separen les cambres dins d'un habitatge.

mateix taulell contraxapat, el qual, com bé s'ha explicat, s'importarà des de la Terra. La seva mida i gruix seran els mateixos.

Pel que fa a la composició les parets interiors, però, hi haurà una excepció en les que respecten a l'hivernacle i al laboratori. I és que, des de l'altura d'una mica més amunt de la cintura i fins al fals sostre, les parets separatòries de les cambres en qüestió no seran les convencionals, sinó que seran plàstics metacrilats transparents que, tal i com s'ha comentat anteriorment, permetran el pas de la llum i donaran amplitud a l'habitacle. S'ha triat aquest material per tal que sigui el màxim resistent per al transport –serà importat de la Terra– i, alhora, sigui aïllant tèrmic i higroscòpic (sobretot pel que respecta a les parets de l'hivernacle, ja que així s'alleujaran les extremes condicions d'humitat i temperatura).

Posant un parèntesis abans de continuar, cal comunicar que, en haver-hi una paret exterior que només tindrà funcions pràctiques –tal i com s'explicarà a continuació, hi passaran instal·lacions i demés–, i també pel fet que l'habitacle se situarà dins del túnel de lava, la seva part externa no es considerarà façana. Per tant, no fa falta pensar en aquesta durant la construcció de la base.

Tornant a l'explicació, en darrer terme queda decidir com seran les portes. Les portes seran l'element que comunicarà tots els espais; ja siguin interiors com exteriors. Per això mateix, hi haurà dos tipus de porta: les d'entrada a l'habitatge i les d'accés a les habitacions de dins.

D'un costat, les portes d'accés a l'habitatge, que seran la de l'entrada principal a la cambra d'espolsar l'equipatge i la del pas d'aquesta a la sala de desar la vestimenta –o sigui, ja dins de la base–, seran totalment hermètiques, tindran un gruix major, a causa de l'aïllament que contindran, i la seva composició serà metàl·lica. Seran unes portes d'amplitud major i tindran unes mides de 130×210 cm.

De l'altre costat, les portes de pas als diversos espais de dins la base seran diferents a les darreres. Totes menys les d'accés a l'hivernacle i al laboratori estaran constituïdes pel mateix panell contraxapat; aquestes darreres estaran formades de l'idèntic material

que les parets que les enganxen: plàstic metacrilat. Les portes de panell contraxapat tindran unes mides de 80×210 cm, i les altres, de 80×255 cm[18].

Tant unes com les altres, seran importades des de la Terra, a causa de la difícil fabricació.

Recapitulant, les mides total de les parets i portes quedarien de la següent manera:

- Parets exteriors: 255 cm d'alt i 21,6 cm de gruix; amb dues portes de 130×210.
- Parets interiors: 255 cm d'alt i 6,1 cm de gruix; amb 10 portes de 80×210 cm i 4 portes de 80×255 cm.

5.3.3. ACABATS

A continuació dels tancaments i divisòries, venen els acabats. Aquests, són imprescindibles per a poder considerar acabat el que seria la part sòlida de la casa. En el cas d'aquest projecte, inclourà el paviment –que, com ja s'explicarà més tard, s'assentarà sobre un terra tècnic–, el fals sostre i la capa exterior dels tancaments i divisòries ja esmentada anteriorment, el tauler contraxapat. No caldrà, doncs, pensar ni en arrebossats, ni en revestiments, com moltes edificacions en consten, perquè aquesta darrera capa de la paret ja actuarà com a acabament, a causa de les propietats que li atorgarà, ja siguin pràctiques com estètiques.

Començant pel paviment, com bé s'ha introduït, es col·locarà sobre un terra tècnic.

Això s'ha decidit així perquè, a més de poder estalviar la tasca d'aplanar tots els possibles accidents que pugui presentar el terreny on s'assentarà l'edificació –en constar d'un terra tècnic, les peces prefabricades importades podran ser col·locades sense entrebancs per sobre de la subestructura, sense la necessitat de requerir de construcció en humit per acabar d'encaixar el conjunt amb els obstacles del terreny–; d'aquesta manera, el subsol que es crearà entre el sòl marcià i la superfície de la base podrà servir com a espai per passar les instal·lacions que calguin –ja siguin tubs, cables, conductes...

En primer lloc, parant atenció al terra tècnic, constarà d'una sèrie de pilons metàl·lics d'alçada variable segons l'orografia i separats entre sí 60 cm que suportaran una subestructura quadrangular d'entramats metàl·lics de 60×60 cm.

[18] Això es fa així perquè, d'aquesta manera, es col·locarà una placa llarga de plàstic com a porta i no caldrà fer filigranes per encaixar-ho.

Aquests entramats, però, no són suficients per al terra de l'habitatge; és necessari un paviment per a poder construir el terra sobre el qual fer vida. El paviment, doncs, s'ha escollit que sigui el mateix que en l'acabat de les parets, el tauler contraxapat –com els altres, haurà de ser importat des de la Terra–, ja que ofereix unes propietats molt bones de resistència a la flexió i compressió i també oposició a ser rallat, a l'aigua i al foc. Serà d'uns 8 mm de gruix i, tot i ser el mateix que en les parets, no haurà de tenir necessàriament la mateixa xapa[19], de manera que no caldrà que les parets i el terra es vegin de la mateixa manera. El que sí que sens falta haurà d'haver-hi sota d'aquest paviment, però, és un bon gruix d'aïllament –pot ser el mateix gruix que hi ha en les parets exteriors, 20 cm, o inclús una mica més.

En segon lloc, tenim el fals sostre. L'edificació d'aquest projecte, tot i no tenir coberta –és a dir, sostre–, sí que té un fals sostre. Aquest, estarà format per dues capes.

- D'una banda, s'aguantarà gràcies a un sistema de muntants d'acer –que actuaran com a bigues– de 5×20 cm de secció i, entre ells, hi haurà una capa d'aïllament de llana de roca elaborada també allà d'uns 20 cm de gruix.
- D'altra banda, sota la capa que formen els muntants i l'aïllament, hi haurà altra vegada un acabat de taulell contraxapat –importat de la Terra– d'uns 8 mm de gruix.

No caldrà una capa d'acabats a la part superior de l'aïllament perquè, ni hi passarà ningú com perquè hagi de quedar amb una estètica mínima, ni hi haurà perill d'humitat ni foc.

En tercer i darrer lloc, queden els acabats de les parets. Aquests, com ja s'han explicat en l'apartat anterior, estaran formats per un tauler contraxapat i tindran un gruix de 45 mm. No cal dir res més perquè ja s'ha comentat.

5.3.4. INSTAL·LACIONS

Per acabar d'explicar com funciona l'habitatge, una part que no s'ha d'oblidar són les instal·lacions; és a dir, tots aquells elements encarregats de subministrar i distribuir l'aigua, l'aire, l'energia i les comunicacions necessaris per posar-lo en marxa, que

[19] Xapa: Part visible del tauler.

faciliten la vida de l'interior dels habitatges i aporten comoditat, confort i unes condicions de vida adequades. (XTEC, 2021)

Primerament, es parlarà de la instal·lació d'electricitat; d'on s'obtindrà aquest recurs i com es distribuirà. A continuació, s'explicarà la instal·lació d'aportació i fabricació d'oxigen, element del qual tant es necessita per a la respiració de tots els integrants de la missió, com per a ser emmagatzemada i reservada per al viatge de tornada. En acabat, es comentarà la instal·lació de climatització; la qual, en aquest cas, seria molt similar a la que ja es coneix de la Terra. Posteriorment, està la instal·lació d'aigua. En aquesta, es veurà la seva obtenció i distribució. Tot seguit, s'il·lustrarà la instal·lació de sanejament, en la que es veurà on aniran a parar totes aquelles aigües i altres residus després de ser expulsats de la casa. Per últim, es farà una pinzellada de la instal·lació de telecomunicacions.

Vist això, abans de començar, cal dir que el sistema de distribució de totes les instal·lacions (cablejat, tubs, conductes...) anirà vist des de la sala d'instal·lacions –com ja s'ha dit, ubicada al costat de la cuina-menjador–, o bé per sobre del fals sostre, o bé per sota del terra tècnic; i totes i màquines, conductes... estaran importats de la Terra.

5.3.4.1. Instal·lació elèctrica

La instal·lació elèctrica és, probablement, la més important de totes. I és que no només s'encarrega d'aportar l'energia als aparells elèctrics de dins la casa, sinó que també és la que fa funcionar tots els altres aparells de les altres instal·lacions; de manera que, sense ella, no podrien fer la seva feina.

Abans de considerar-la, però, cal tenir clara quina serà la font d'energia que proporcionarà l'electricitat. Aquesta, s'escollirà de manera que el procés sigui el més sostenible i optimitzant possible. Per aquest motiu, i també pel fet que Mart no presenta jaciments de les fonts d'energia no renovables que més s'utilitzen a la Terra –el carbó i el petroli–, s'utilitzaran al 100% energies de tipus renovable.

No obstant, de totes les que es coneixen de la Terra, a Mart només la solar i la eòlica en serveixen. Tant una com l'altra, podrien anar bé per a subministrar l'energia que es necessita. No obstant, degut a la dificultat que representa el transport dels aparells que permeten la seva obtenció, en el cas de la eòlica suposaria grans despeses adquirir-la.

Per tant, la font d'energia que s'utilitzarà per cobrir tota l'electricitat, serà exclusivament la solar fotovoltaica, que és aquella que capta radiació solar a través de panells per convertir-la en energia elèctrica.

Per tant, aplicant això en el projecte, es col·locarà un camp de panells solars a l'exterior de la cova –però no molt lluny d'aquesta per tal d'estalviar material de distribució– en un lloc estudiat a tal efecte. Llavors, tota l'energia solar que s'extregui d'allí, es transformarà en elèctrica en els mateixos panells i es transportarà, a través de cables, fins a la sala d'instal·lacions. Des d'allà serà on es distribuirà arreu de l'habitatge, ja sigui per proporcionar il·luminació, com per tenir endolls per a accionar els aparells d'ús domèstic, com per fer funcionar les diferents màquines de totes les altres instal·lacions.

5.3.4.2. Instal·lació d'aportació d'oxigen

Com bé s'ha introduït, és molt necessari tenir una instal·lació que proporcioni oxigen, ja que, per una banda, permetrà que la casa estigui en unes condicions atmosfèriques similars a les de la Terra, de manera que permeti als astronautes viure amb normalitat –sense aportacions físiques extres d'oxigen–; i, per altra banda, permetrà estalviar i emmagatzemar tot l'oxigen necessari per al vol de tornada.

Així doncs, degut al fet que aquest component tan sols representa un 0,13% de l'atmosfera marciana, en caldrà un subministrament extra que cobreixi les necessitats esmentades.

La seva obtenció vindrà de dos llocs diferents.

- D'un costat, gràcies a la respiració de les plantes, les quals agafen CO_2 del medi per expulsar O_2, s'obtindrà una quantitat determinada d'aquest element.
- Per l'altre costat, com que aquesta mesura no serà suficient, caldrà abastir-ne d'extra. Això es farà gràcies una màquina que durà a terme una reacció on, a altes temperatures, a través del CO_2 adquirit de l'atmosfera marciana (n'hi ha de sobres ja que representa un 95% d'aquesta), en dissociarà els seus components per obtenir l'oxigen sol (per al consum) i monòxid de carboni (que s'alliberarà com a residu).

$$2CO_2 \rightarrow 2CO + O_2$$

Una màquina com aquesta, ja ha estat creada per la Nasa. S'anomena MOXIE i ha estat provada amb èxit pel recent amartat Perseverance. De fet, se sap que produeix uns 10 g cada hora. D'aquesta manera, si es construeix una màquina una mica més potent que aquesta, podrà cobrir l'oxigen necessari per a la missió. (Nasa, 2021; Frankel, 2007)

Aleshores, la màquina s'ubicarà a l'entrada de la cova i, a través d'uns conductes, farà arribar l'oxigen dissociat; d'una banda, a un gran dipòsit –que és el que reservarà l'element per al vol de tornada–; i de l'altra, a unes bombones situades en la sala d'instal·lacions propera a la casa, per tal de ser distribuït a l'interior del l'habitatge.

5.3.4.3. Instal·lació de climatització

D'altra banda, separadament del subministrament d'oxigen, la instal·lació de climatització és l'encarregada de donar confort i salubritat a l'aire de l'interior de la base. És, doncs, aquella instal·lació que aportarà en l'aire les condicions convenients de temperatura –en el cas de l'hivernacle també d'humitat–, per tal de crear un ambient adequat.

Aquesta instal·lació funcionarà de manera convencional –és a dir, com en la Terra–, amb un sistema d'aportacions i renovacions d'aire que distribuirà per conductes situats fora de l'envolvent de la casa, i ho farà de la següent manera:

- Primer de tot, l'aire passarà per la màquina condensadora, situada per fora de la paret de la sala d'instal·lacions –ja que deixa anar aire calent.
- Seguidament, el líquid resultant passarà a les màquines evaporadores, les quals estaran ja situades dins de la sala en qüestió.
- Per últim, l'aire amb les condicions de temperatura i humitat adequades es transportarà, a través de tubs, fins a les reixes de distribució, les quals estaran situades a totes les estances de l'habitacle, i subministraran l'aire en les proporcions que cadascuna en requereixi.

5.3.4.4. Instal·lació d'aigua

La xarxa d'aigua sanitària és la instal·lació que permet el subministrament d'aigua freda i calenta a tots els punts de la casa on sigui necessària. (McGraw-Hill, 2021) Aquesta,

tant serveix pel consum humà –anomenada aigua de boca–, com pel de les plantes de l'hivernacle, com per l'aigua dels serveis higiènics, del laboratori...

En qualsevol dels casos, requerirà de processos de potabilització, els quals seran duts a terme per una màquina potabilitzadora ubicada a la sala d'instal·lacions, per on passarà tota l'aigua que acabi entrant a la casa, vingui d'on vingui.

La seva obtenció pot ser més fàcil o una mica més difícil depenent de si es comprova que la localització de la base finalment consta o no de mars glaçats subterranis amb dipòsits d'aigua sota aquella superfície. En el cas que no sigui així, com que sí que s'ha trobat que a una mica més de latitud n'hi ha, caldrà ubicar allà la màquina que en dugui a terme l'extracció.

Aquesta màquina constarà exclusivament d'un extractor que funcionarà escalfant la superfície en qüestió per evaporar-ne l'aigua glaçada, i, més tard, tornant-la a condensar per distribuir-la. (Mars One, 2021)

L'aigua, doncs, seguirà el següent recorregut:

1. L'aigua gelada serà evaporada i captada per una màquina extractora.
2. Serà condensada i transportada fins a uns dipòsits ubicats en la sala d'instal·lacions.
3. Allà, es realitzaran un seguit de processos per tal de potabilitzar-la (fets per la màquina potabilitzadora).
4. Serà distribuïda per totes aquelles estances que en requereixi (lavabo, cuina, laboratori i hivernacle).

En cas que les reserves d'aigua marcianes no fossin suficients, es podria extreure aquest element a través d'una reacció química en la que, a pressions i temperatures altes, es poden obtenir CH_4 –el qual pot servir per a fer funcionar els motors de reacció i dels altres possibles vehicles que hi puguin haver per a la missió– i H_2O per al consum, gràcies a la reacció del CO_2 (provinent de de l'atmosfera) amb H_2 (aquest darrer s'ha d'importar des de la Terra). (Frankel, 2007)

$$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_2 + 2H_2O$$

En aquest cas, la màquina encarregada de dur a terme aquesta reacció s'ubicaria, com totes les altres, a la sala d'instal·lacions; i l'aigua obtinguda es passaria per la màquina potabilitzada i es repartiria per la casa pels mateixos conductes que l'aigua provinent de les reserves subterrànies.

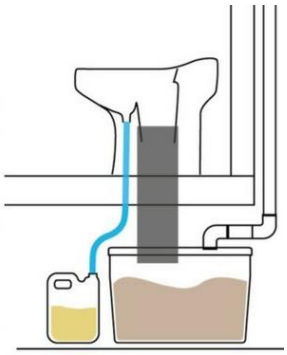
5.3.4.5. Instal·lació de sanejament

Totes aquelles aigües utilitzades a la base, no es deixaran anar directament al planeta, sinó que s'intentaran reutilitzar gràcies a sistemes de depuració importats de la Terra i reactors catalitzadors a altes temperatures.

D'aquesta manera, un 80-90% de l'aigua bruta que s'hagi emprat, un cop filtrada, podrà ser reaprofitada per al consum de les plantes. (Frankel, 2007)

Això es durà a terme gràcies a un sistema de tubs de desaigües que recolliran l'aigua que en sobri del consum per fer-la arribar a la màquina depuradora en qüestió (o altres sistemes) situada en la sala d'instal·lacions, la qual tornarà a enviar l'aigua cap a l'hivernacle.

Pel que fa a les aigües fecals, es separarà l'orina de la femta gràcies a un vàter especial separat per dos compartiments.



Imatge 61. Sistema de separació de residus fecals i urinaris en un wc sec. (Font: www.ecojardinmagico.com)

- D'una banda, l'orina serà enviada directament a la depuradora perquè dugui a terme el mateix procés que les altres aigües residuals.
- Per altra banda, la femta seguirà un altre procés en el qual, a través de la fermentació aeròbica, es deixarà preparada per a poder ser llançada sense contaminar. Això serà possible gràcies a una cambra de fermentació situada justament a sota del propi vàter –serà com una mena de dipòsit–, en la que s'aniran emmagatzemant els residus. Gràcies també a un sistema de ventilació que faciliti l'assecat i la fermentació de la matèria orgànica, al cap d'un temps –normalment uns sis mesos–, les femtes acumulades i desintegrades podran ser llançades on sigui sense causar cap perill. (Leroy Merlin, 2021)

5.3.4.6. Instal·lació de telecomunicacions

Agafant d'exemple el projecte Mars One; per tal de resoldre les comunicacions entre la Terra i Mart i, en el cas que es duguin a terme expedicions en la missió, entre els astronautes i la base, s'utilitzarà un sistema de satèl·lits artificials per dur-ho a terme. En el cas de les comunicacions entre la Terra i Mart, però, aniran amb alguns minuts de retard, a causa del delay provocat per la distància –oscil·len entre 3 i 22 minuts al llarg de l'any. (Mars One, 2021)

Si aquest sistema fallés o fos insuficient, però, es podria utilitzar el sistema de telecomunicacions de la nau.

5.3.5. MOBILIARI

El mobiliari i objectes més importants a tenir en compte en el projecte de cadascuna de les cambres es determinaran a continuació.

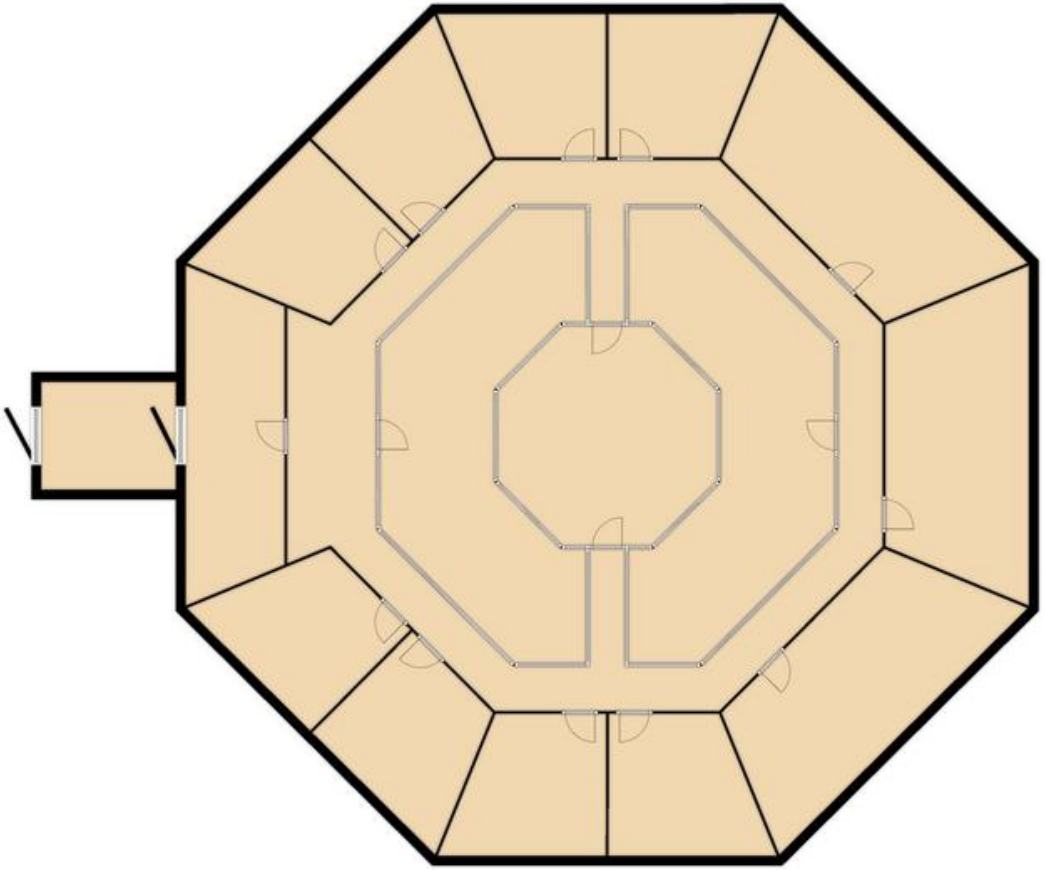
Estances de la casa	Mobles i objectes necessaris
Dormitori (6)	▪ Llit ▪ Armari ▪ Escriptori + Cadira
Lavabos (2)	▪ Vàter ▪ Moble pica ▪ Dutxa ▪ Prestatges ▪ Rentadora ▪ Assecadora ▪ Estenedor ▪ Estris de neteja
Cuina-menjador (1)	▪ Moble amb sortidor d'aigua, microones i quelcom per cuinar ▪ Taula amb 6 cadires ▪ Armaris ▪ Prestatges ▪ Estris de cuina
Gimnàs (1)	▪ Màquines i estris gimnàs: cinta de córrer, peses... ▪ Pantalla televisió
Cambra per al lleure (1)	▪ Pufs seients ▪ Puf tauleta ▪ Estanteria

	▪ Llibres ▪ Tauleta tàctil
Hivernacle (1)	▪ Sistemes i tubs de cultius hidropònics
Cambra per a espolsar l'equipatge especial (1)	▪ Màquina amb sortidor d'aire a pressió
Cambra per a desar l'equipatge especial (1)	▪ 2 Armaris grans ▪ Armari baix (per asseure's) ▪ Penja-robes
Laboratori (1)	▪ Illa de taules-armaris amb un sortidor d'aigua ▪ 3 Taules-armaris ▪ 3 Estanteries ▪ Instruments de laboratori
Oficina (1)	▪ 6 Escriptoris + 6 Cadires ▪ 6 Ordinadors portàtils
Sala d'instal·lacions (1)	▪ Màquina per a la fabricació/extracció i distribució d'oxigen ▪ Màquina per a la fabricació/extracció, potabilització i distribució de l'aigua ▪ Màquina depuradora ▪ Màquina climatitzadora ▪ Màquina per a la distribució d'electricitat ▪ ...

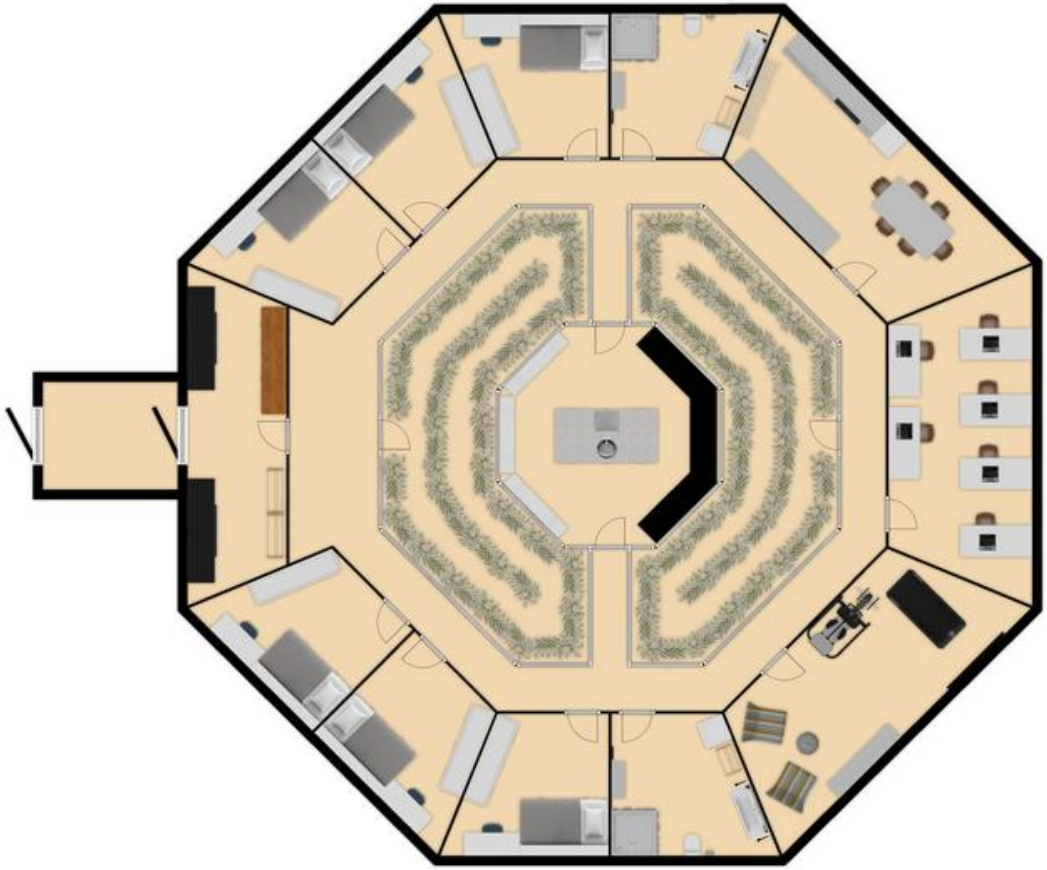
5.4. PLÀNOLS

En aquest darrer punt, s'adjunten els plànols realitzats com a resultat de totes les decisions respecte al disseny de la base que s'han anat prenent al llarg del projecte.

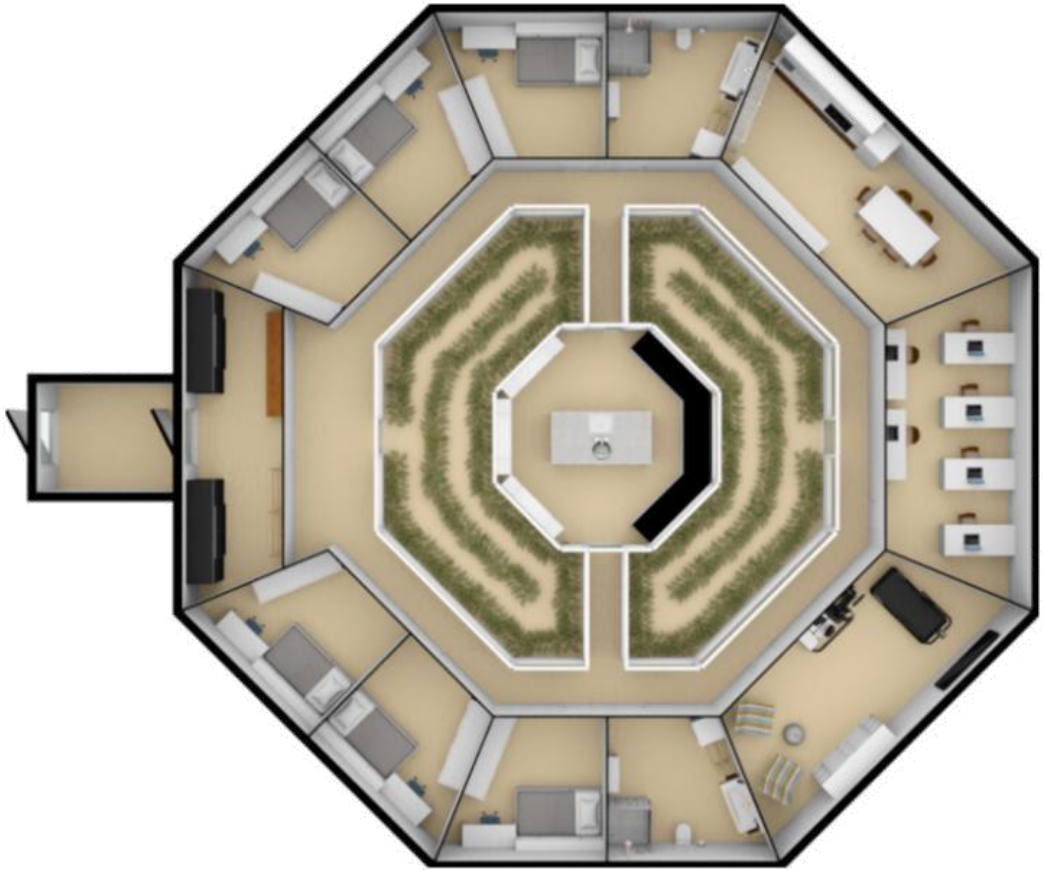
Els plànols s'han realitzat mitjançant el programa de dibuix Floorplanner, i tenen bàsicament, dues vistes diferents: en dos dimensions en planta i en tres dimensions.



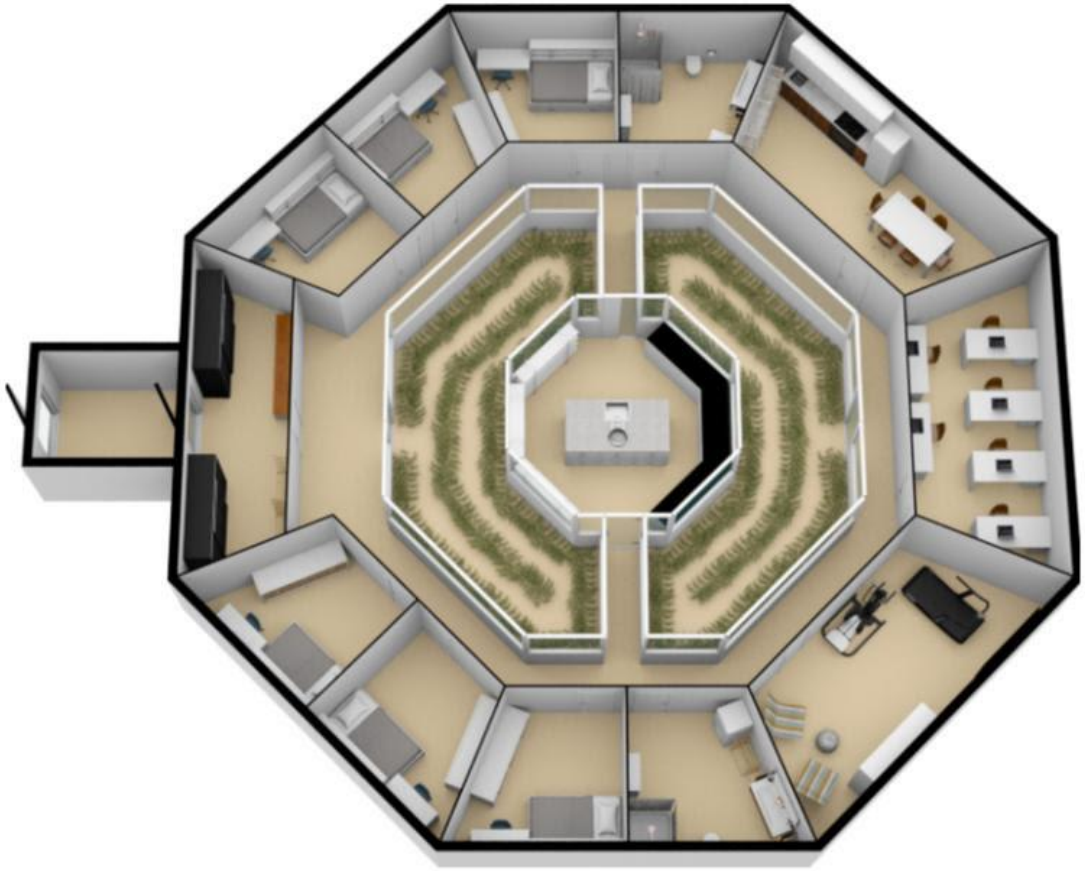
TÍTOL TDR: UNA CASA A MART			
EMPLAÇAMENT: Hebrus Valles / RROI1 / Mart			**DATA**: Setembre de 2021
01	**PLÀNOL**: Planta distribució	**TUTORA**: ---	
	ESCALA: Escala gràfica	**AUTORA**: ---	



TÍTOL TDR: UNA CASA A MART		
EMPLAÇAMENT: Hebrus Valles / RROI1 / Mart		**DATA**: Setembre de 2021
02	**PLÀNOL**: Planta distribució amb mobiliari	**TUTORA**: ---
	ESCALA: Escala gràfica	**AUTORA**: ---

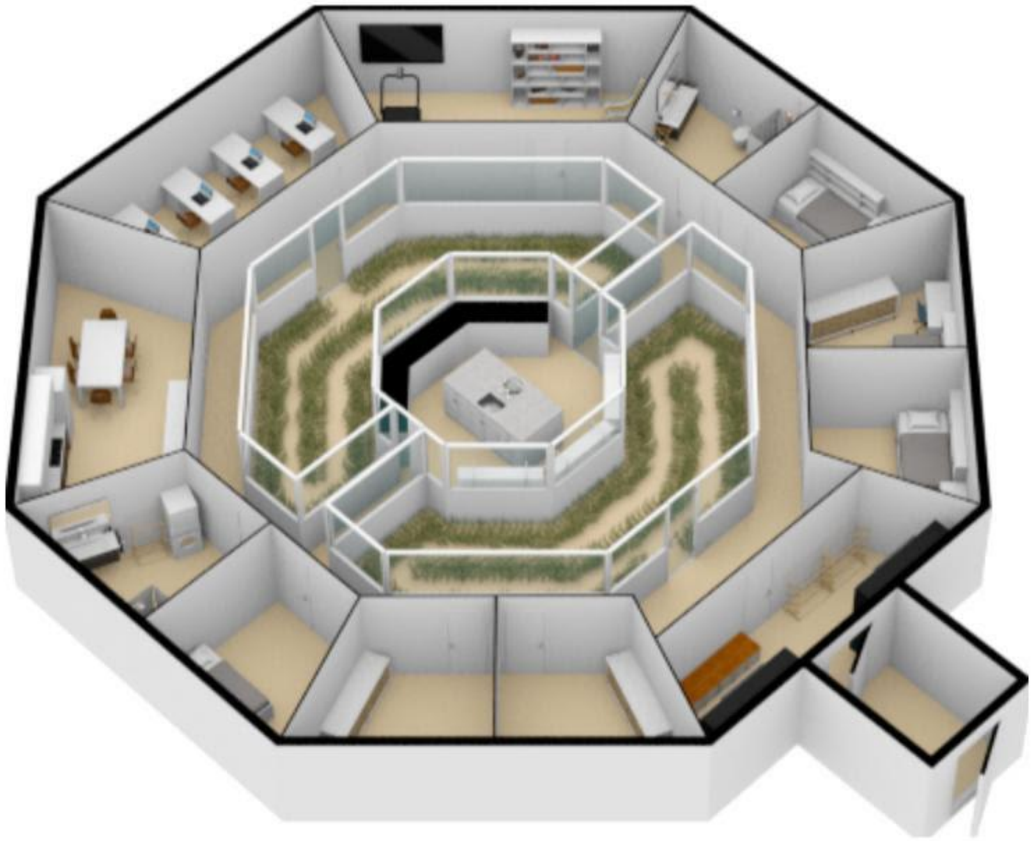


TÍTOL TDR: UNA CASA A MART			
EMPLAÇAMENT: Hebrus Valles / RROI1 / Mart			**DATA**: Setembre de 2021
03	**PLÀNOL**: Vista 3D en planta	**TUTORA**: ---	
	ESCALA: ---	**AUTORA**: ---	

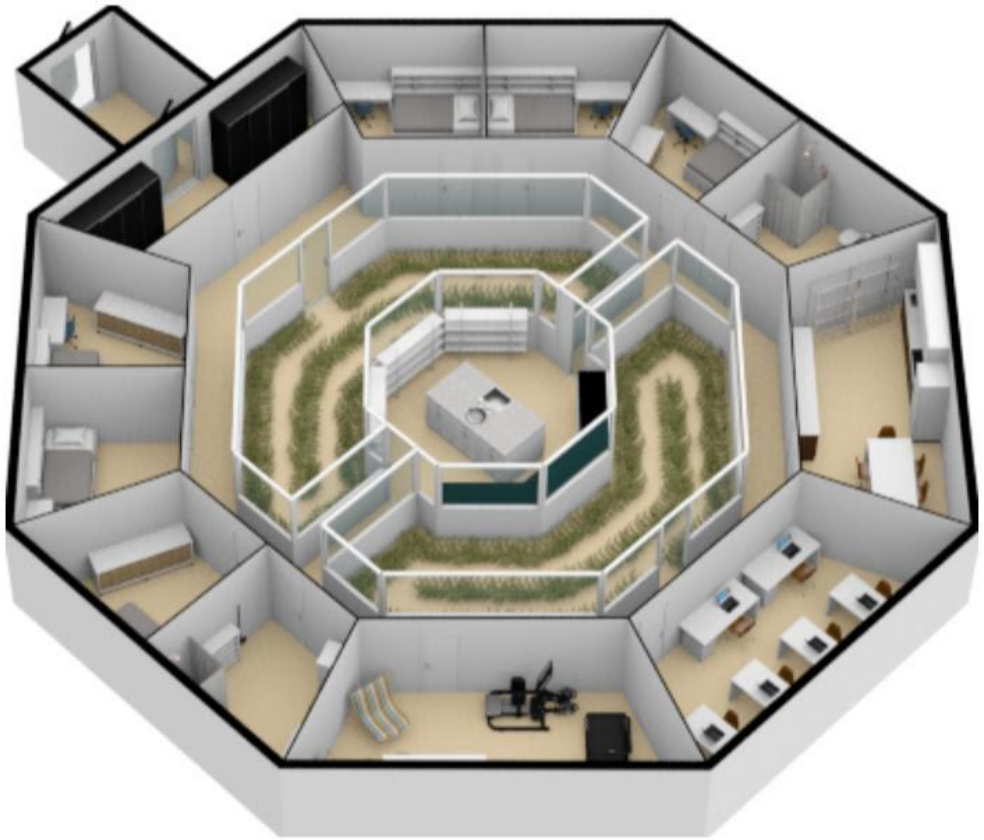


TÍTOL TDR: UNA CASA A MART			
EMPLAÇAMENT: Hebrus Valles / RROI1 / Mart			**DATA**: Setembre de 2021
04	**PLÀNOL**: Vista 3D en planta inclinat	**TUTORA**: ---	
	ESCALA: ---	**AUTORA**: ---	

TÍTOL TDR: UNA CASA A MART			
EMPLAÇAMENT: Hebrus Valles / RROI1 / Mart			**DATA**: Setembre de 2021
05	**PLÀNOL**: Vista 3D sud-oest	**TUTORA**: ---	
	ESCALA: ---	**AUTORA**: ---	



TÍTOL TDR: UNA CASA A MART			
EMPLAÇAMENT: Hebrus Valles / RROI1 / Mart			**DATA**: Setembre de 2021
06	**PLÀNOL**: Vista 3D nord-oest	**TUTORA**: ---	
	ESCALA: ---	**AUTORA**: ---	



TÍTOL TDR: UNA CASA A MART			
EMPLAÇAMENT: Hebrus Valles / RROI1 / Mart			**DATA**: Setembre de 2021
07	**PLÀNOL**: Vista 3D sud-est	**TUTORA**: ---	
	ESCALA: ---	**AUTORA**: ---	

TÍTOL TDR: UNA CASA A MART			
EMPLAÇAMENT: Hebrus Valles / RROI1 / Mart		**DATA**: Setembre de 2021	
08	**PLÀNOL**: Vista 3D nord-est	**TUTORA**: ---	
	ESCALA: ---	**AUTORA**: ---	

5.5. MAQUETA

A partir del plànol de l'habitatge s'ha realitzat una maqueta a escala 1/50.

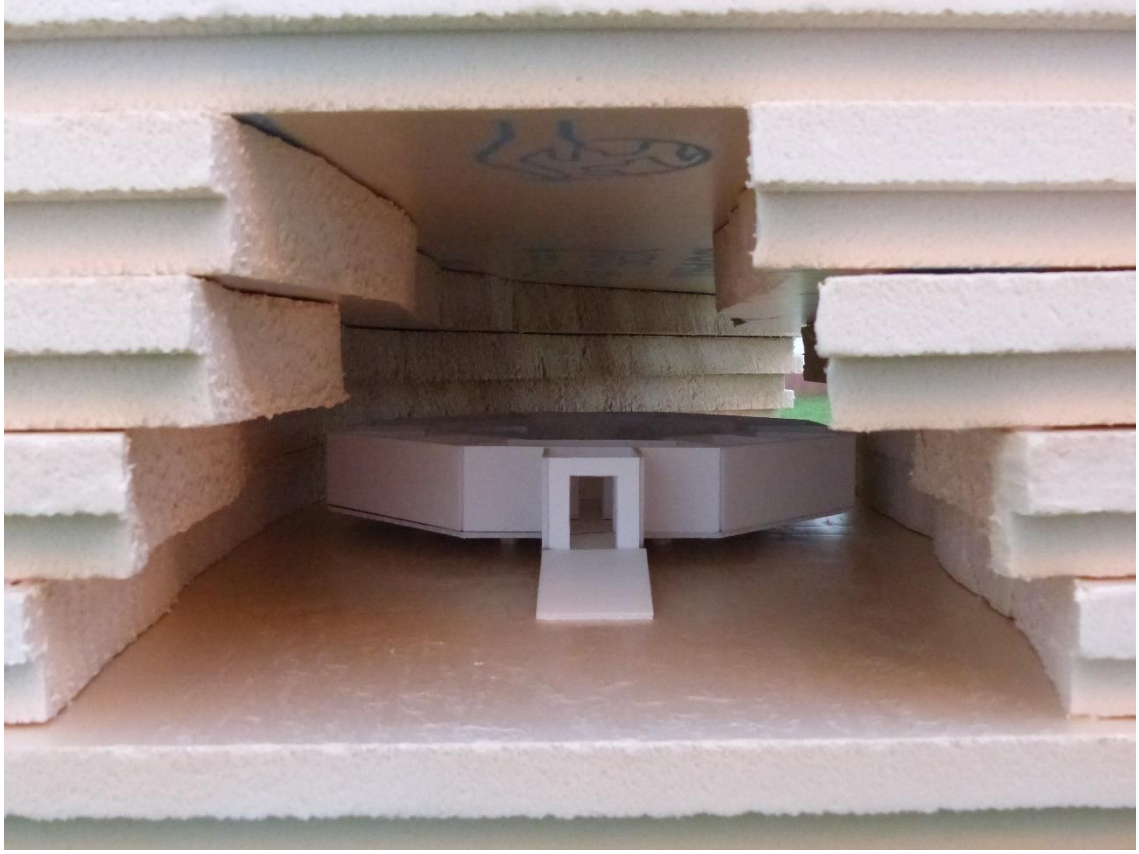
Materials maqueta:

- Cartó ploma;
- Metacrilat transparent.

Material cova:

- Poliestirè extruït.

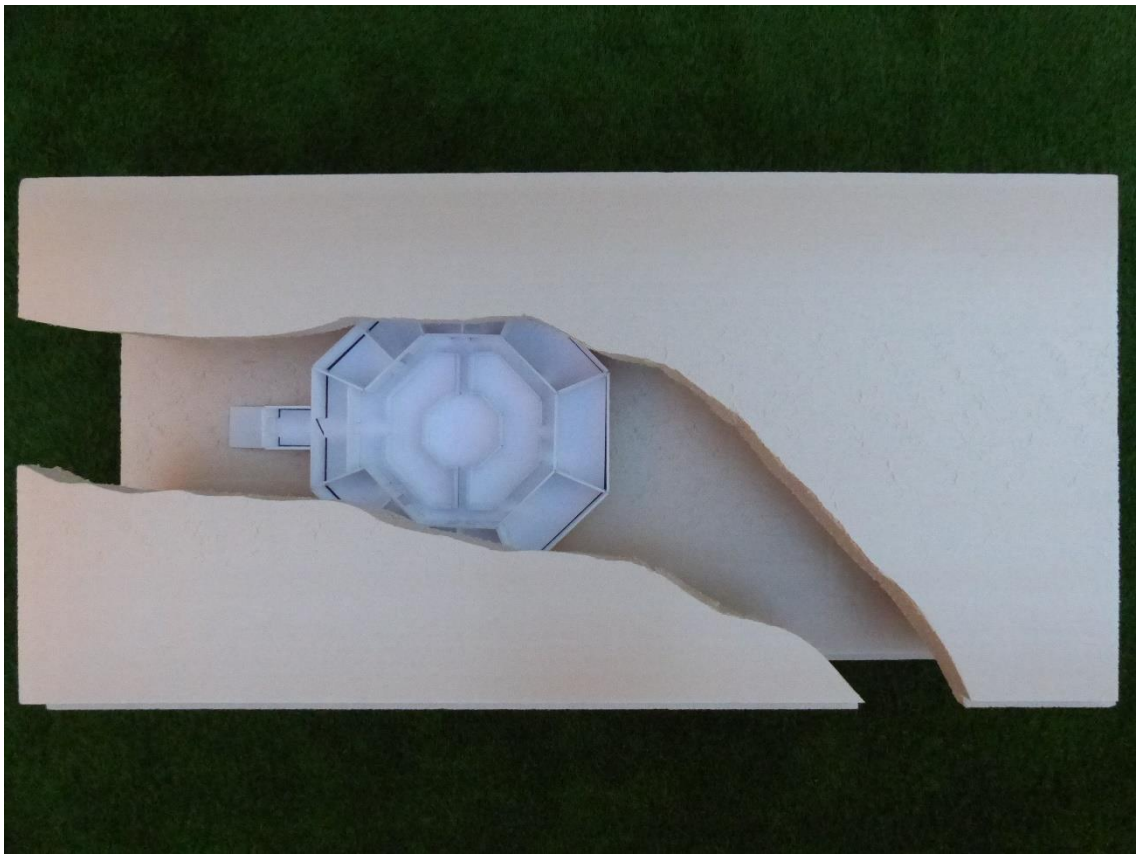
Imatge 62. Vista general estructura de cova frontal.



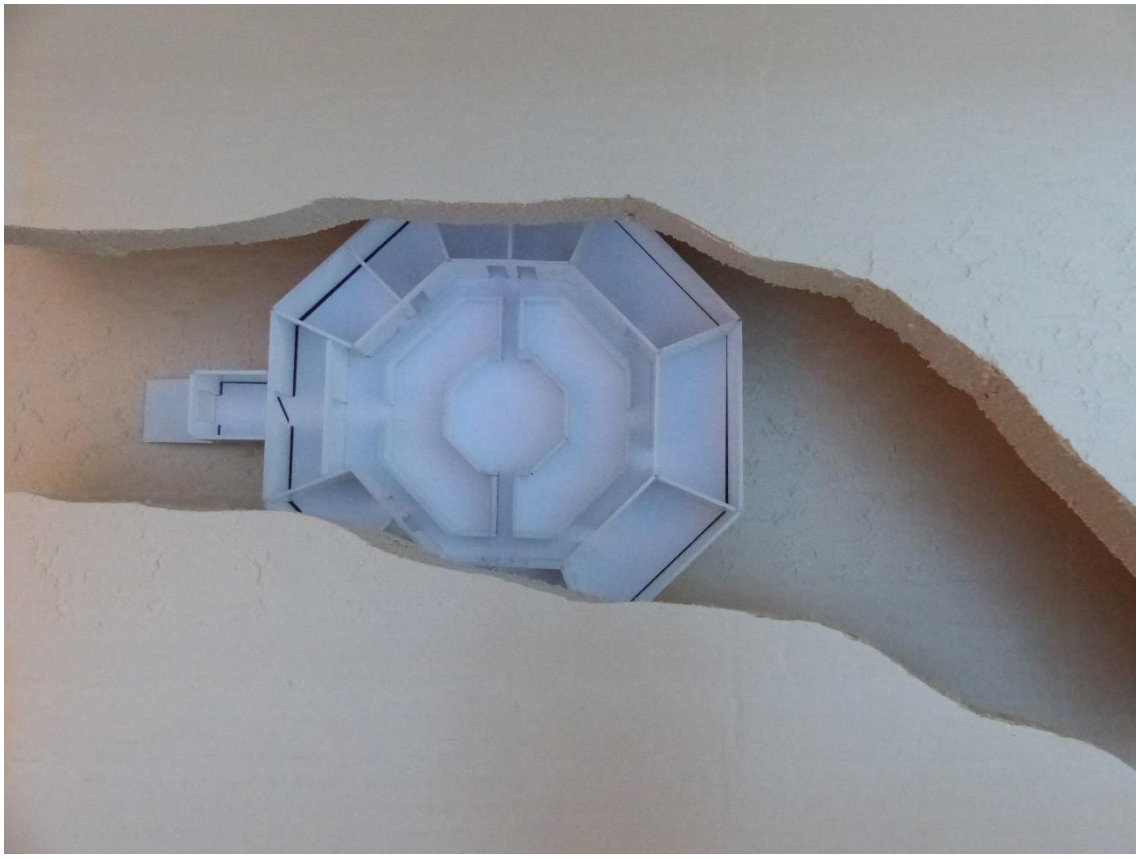
Imatge 63. Vista entrada principal cova.

Imatge 64. Vista general estructura de cova posterior.

Imatge 65. Vista posterior cova.

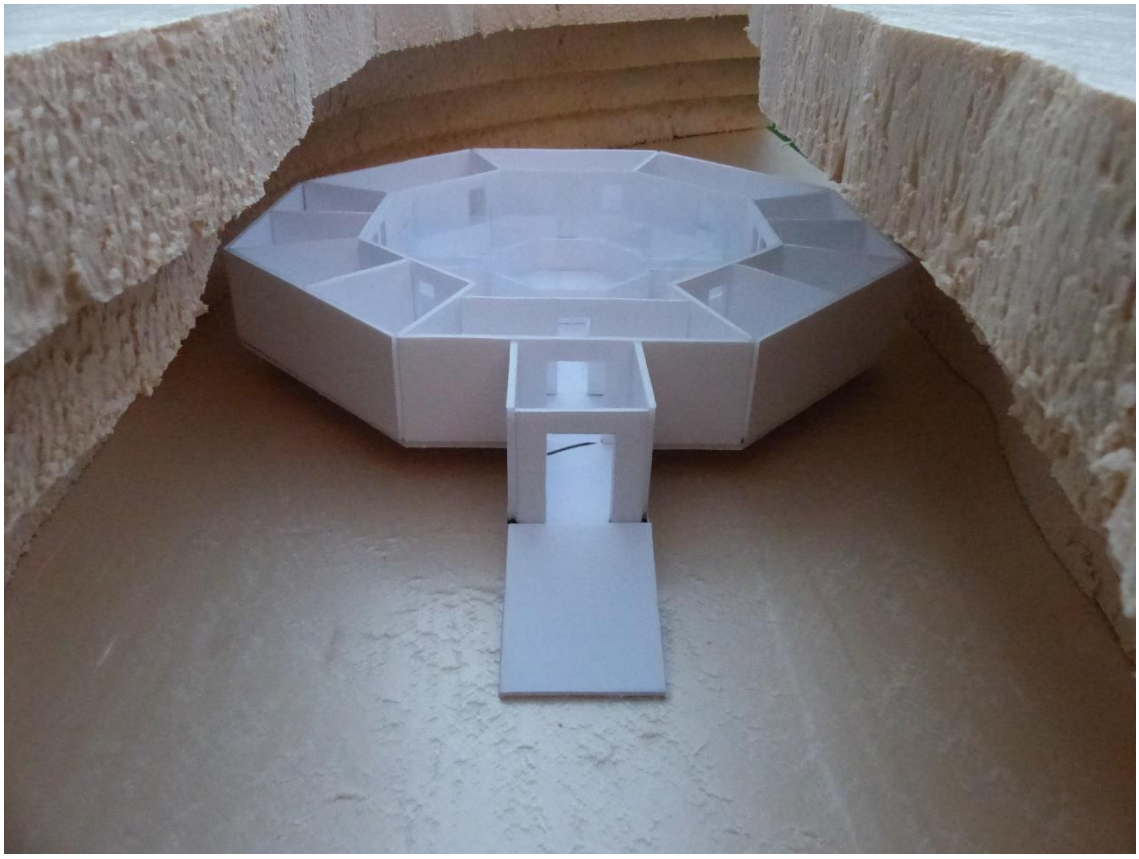


Imatge 66. Vista aèria casa i cova.



Imatge 67. Vista aèria casa seccionant cova.

Imatge 68. Vista frontal aèria.



Imatge 69. Vista frontal aèria.

Imatge 70. Vista posterior aèria.

Imatge 71. Vista posterior aèria.

Imatge 72. Vista alçada humana.

IV. CONCLUSIONS

CONCLUSIONS

Un cop finalitzat el projecte, se'n poden extreure algunes conclusions.

D'entrada, cal dir que, en ser un projecte promotor i no haver estat provat mai al mateix Mart, alguns dels acords que s'han arribat no se sap ben bé si funcionaran o no, de manera que, tot i que ens donarà una idea ben perfilada del projecte, hi haurà gairebé sempre un petit grau d'incertesa.

Així doncs, per començar, havent realitzat una cerca de les característiques i peculiaritats més significatives de Mart, es pot deduir que, tot i presentar algunes similituds amb altres planetes, aquestes són úniques i exclusives de l'astre vermell, de manera que les seves condicions geologies i ambientals, a més de les formes que hi adopta l'aigua, varien de les de la resta de planetes del Sistema Solar.

Enfocant-ho des del punt de vista del projecte, aquestes propietats estudiades són les que determinen que la possibilitat de vida i la manera com aquesta es podria presentar sigui diferent a la que coneixem de la Terra. Per tant, consegüentment, i tenint en compte encara la incògnita de la possibilitat de dur a terme la construcció d'un habitacle al planeta veí, les mesures que s'hauran de procurar acomplir per tal de plantejar una habitabilitat al planeta vermell, seran necessàriament distintes a les que s'utilitzen aquí.

És per això que el plantejament de l'elaboració del procés constructiu d'una casa a la Terra i el de Mart té algunes similituds, però alhora bastantes diferències.

Partint de la base que encara no s'està confirmant si realment és possible la construcció d'una casa al planeta vermell, s'extrauran algunes conclusions del que s'ha anat comentant i considerant en tot el treball respecte al projecte:

- En primer lloc, s'ha decidit que, en ser la primera missió a Mart, l'objectiu que tindrà aquesta serà purament de recerca científica, de manera que l'habitatge que s'ha de pensar i dissenyar és una base d'exploració.
- En segon lloc, el vol a Mart, el qual s'ha considerat viable en l'apartat del viatge, es durà a terme tal i com s'ha explicat anteriorment: mitjançant l'òrbita de transferència de Hohman –amb la que, amb la tecnologia actual es triga de 7 a 9 mesos en completar-se–, es transportaran unes 4-5 naus des del planeta blau,

incloent tots els objectes i estris necessaris per a la construcció de la casa, subministraments i tripulació –els integrants de la qual hauran de seguir uns requisits determinats. A més, el fet que les dates d'anada i tornada dels vols vagin directament influïdes per la trajectòria d'aquests, fan que la durada de l'estança en el sòl marcià sigui de, com a mínim, dos anys.

- En tercer lloc, està clar que la localització de l'habitatge en el mapa de Mart haurà de ser estratègic per tal de romandre sota les millors condicions ambientals, geològiques i el major nombre de recursos –incloent aigua i fonts d'energia, sobretot. Per això, valorant tots els paràmetres, s'ha arribat a la conclusió que el millor emplaçament on ubicar la base era l'interior d'un túnel de lava situat en l'hemisferi nord, en latituds més aviat baixes. En definitiva, en una de les cavitats de la regió d'Hebrus Valles que es creu que podria tenir reserves d'aigua en punts no gaire profunds de la superfície.
- En quart lloc, parlant de l'habitacle, s'ha trobat convenient considerar les següents cambres o parts de la casa: sis dormitoris, dos lavabos, una cuina-menjador, una oficina, una sala exclusiva per al lleure i per a fer esport, un laboratori, un hivernacle, una cambra per a treure la pols marciana a l'entrada de la casa, una cambra per a guardar les vestimentes especials i altres instruments per sortir a l'exterior i una sala d'instal·lacions.
- En cinquè lloc, pel que fa a la forma de la casa i la seva distribució, es pot concloure que, degut a les incumbències amb l'atropellat i incert relleu propi de l'emplaçament escollit, i tenint en compte les necessitats i funcions de la base, s'ha realitzat una proposta de disseny arquitectònic de la base en forma de octògon regular vist en planta; seccionat per altres octògons més petits i trapezis –per fer-se una idea, és com la forma d'una taronja tallada per la meitat. D'aquesta manera, la distribució de les estances és més fàcil de repartir a causa de la regularitat i capacitat d'ajustament de la base i els seus compartiments.
- En sisè lloc, s'ha arribat a la conclusió que l'edificació es sustentarà per mitjà d'una subestructura –no una estructura–, la qual estarà formada per uns entramats metàl·lics d'acer inoxidable que formen un fals sostre i un terra tècnic aguantat per pilons i amb un paviment de tauler contraxapat –el qual servirà tant per evitar els obstacles en el terreny, com per passar instal·lacions de manera

més neta i pràctica. Els tancaments i divisòries estaran constituïts per una capa d'aïllament de llana de roca al mig –de diferent gruix segons si són exteriors o interiors– encaixonada entre dos taulers contraxapats situats a banda i banda d'aquesta de 8 mm de gruix i 255 cm d'alt –exceptuant les parets de l'hivernacle i el laboratori, les quals tindran una alçada de 145 cm de plaques de plàstic metacrilat que aniran de l'altura de la cintura fins al sostre–; i unes portes que variaran segons siguin exteriors (130×210 cm) o interiors (80×210 cm).

- En setè lloc, tot i que és més ecològic extraure els materials necessaris de Mart, s'ha acordat que la majoria dels materials seran importats des de la Terra, a causa de les complicacions que suposa, i només la llana de roca serà fabricada allà a través d'una màquina especial que ho farà.
- En vuitè lloc, els subministraments, ja siguin d'oxigen, aigua o energia per a fer electricitat, es proporcionaran gràcies a un sistema d'instal·lacions que transportarà tots aquests des de les màquines d'extracció o fabricació fins a la sala d'instal·lacions; i, des d'allí, seran distribuïts per tota la casa. A més, hi haurà sistemes de reciclació i depuració de l'aigua per tal d'aprofitar-la al màxim i gestió de les aigües fecals i altres residus. Hi tindran lloc també instal·lacions destinades a la climatització i a les telecomunicacions.
- En novè lloc, s'ha fet una tria del mobiliari mínim que s'haurà d'endur de la Terra, tot contemplant en tot moment les necessitats que en sorgeixen de la convivència de 6 persones durant els més de dos anys de missió.

Així doncs, ara sí, havent repassat totes les conclusions i recapitulat els acords més importants en els que s'ha arribat al llarg del projecte, es pot ja justificar el dictamen de la hipòtesis del treball, formulada en la introducció del projecte.

Degut a totes aquetes dades que demostren que, tenint en compte l'avenç actual de la ciència i tecnologia, es poden adquirir totes aquelles mesures que abans es comentava que eren imprescindibles per tal d'instal·lar un habitacle en Mart, queda validada la hipòtesi que afirma la possibilitat de la construcció d'una casa en aquest planeta, que és la mateixa que especifica que la manera en què es farà allà serà diferent a com es fa a la Terra, cosa que s'ha comprovat que serà ben bé així –com a conseqüència de les propietats i recursos específics de cada astre.

No s'ha d'oblidar, però, que el fet que sigui possible aquest propòsit en termes de coneixements, no vol dir, en absolut, que hi estiguin abolides qualsevol tipus de dificultat i obstacles. Suposo que no cal exigir paciència i prudència per estudiar com avançaria tot plegat un cop es posi a la pràctica.

En conclusió, tot i les incerteses que es generen del plantejament d'un projecte que mai s'ha provat fora de simulacres, es pot afirmar, després d'una tasca d'investigació, que construir una edificació habitable al planeta Mart és, en l'actualitat, un projecte abastable per la ciència i tecnologia, tot i que, com és lògic, necessita les seves pròpies mesures i solucions.

BIBLIOGRAFIA, WEBGRAFIA I ALTRES FONTS

Bibliografia

Frankel, C. (2007). *L'Homme sur Mars.* Dunod.

Hartmann, W. K. (2003). *Guía Turística de Marte.* Nova York: Akal.

John, D. (2007). *Astronomía.* Bath: Parragon Books.

Webgrafia

ABIBOO Studio. (11 / 8 / 2021). Recollit de https://abiboo.com/es/projects/nuwa-marte/

ABIBOO Studio. (11 / 8 / 2021). Recollit de https://abiboo.com/projects/dbx-bunker/

AI Spacefactory's. (11 / 8 / 2021). Recollit de https://www.aispacefactory.com/marsha

ARPANSA. (18 / 9 / 2021). Recollit de https://www.arpansa.gov.au/understanding-radiation/what-is-radiation/radiation/measurement

AstroGirona. (4 / 8 / 2021). Recollit de http://www.astrogirona.com/2020/10/oposicio-de-mart-2020/

astronomia.com. (13 / 3 / 2021). Recollit de https://www.astromia.com/edu/solar/mart.htm

Brann, T. (6 / 9 / 2021). *NASA*. Recollit de https://www.nasa.gov/press-release/goddard/2020/mars-electric-currents

Britannica. (22 / 7 / 2021). Recollit de https://www.britannica.com/place/Mars-planet/Character-of-the-surface

Cadena SER. (7 / 8 / 2019). Recollit de https://cadenaser.com/emisora/2019/08/03/radio_valencia/1564813852_158761.html

Choi, C. Q. (28 / 10 / 2015). *Popular Science*. Recollit de https://www.popsci.com/if-humans-go-to-mars-wheres-best-place-to-land/

CienciaPlus. (26 / 9 / 2017). Consultat el 7 / 9 / 2021, a https://www.europapress.es/ciencia/misiones-espaciales/noticia-predicen-enormes-tubos-lava-colonias-seguras-luna-marte-20170926132810.html

Dick, S. J. (13 / 9 / 2021). *NASA*. Recollit de https://www.nasa.gov/exploration/whyweexplore/Why_We_27.html

enciclopèdia.cat. (17 / 8 / 2021). Recollit de https://www.enciclopedia.cat/materia/construccio?title=&page=33

enciclopèdia.cat. (14 / 9 / 2021). Recollit de https://www.enciclopedia.cat/ec-gec-0521624.xml

enciclopèdia.cat. (18 / 9 / 2021). Recollit de https://www.enciclopedia.cat/ec-gdlc-e00084925.xml

EOM. (17 / 6 / 2021). Recollit de https://elordenmundial.com/mapas/mapa-marte/

ESA. (18 / 8 / 2014). Recollit de https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/Las_profundidades_de_Marte

ESA. (2 / 6 / 2015). Consultat el 8 / 9 / 2021, a https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/La_accion_de_los_vientos_de_Marte

ESA. (9 / 4 / 2018). Consultat el 20 / 5 / 2021, a http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2018/04/Comparing_the_atmospheres_of_Mars_and_Earth

ESA. (8 / 9 / 2021). Recollit de https://sci.esa.int/web/mars-express/-/39227-tempe-terra

ESA. (8 / 9 / 2021). Recollit de https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/Sobrevolando_un_canon_en_Marte

ESA. (9 / 9 / 2021). Recollit de https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Mars_Express/Ancient_floods_on_Mars_Iani_Chaos_and_Ares_Vallis

ESA. (9 / 9 / 2021). Recollit de https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/Las_profundidades_de_Marte

ESA. (9 / 9 / 2021). Recollit de https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Mars_Express/Crater_dunes_in_Argyre_Planitia

ESA. (5 / 4 / 2021). Recollit de https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2017/08/Mars_In_Orbit_Aphelion_and_Perihelion

ESA. (13 / 9 / 2021). Recollit de https://sci.esa.int/web/mars-express/-/31031-phobos

ESA. (14 / 9 / 2021). Recollit de https://blogs.esa.int/rocketscience/2016/03/18/the-speed-with-which-we-get-to-mars/

EUREKA. (27 / 2 / 2020). Recollit de https://danielmarin.naukas.com/2020/02/27/el-interior-de-marte-segun-insight/

Filmaffinity. (4 / 8 / 2021). Recollit de https://www.filmaffinity.com/es/film826671.html

Filmaffinity. (4 / 8 / 2021). Recollit de https://www.filmaffinity.com/es/film922769.html

Filmaffinity. (4 / 8 / 2021). Recollit de https://www.filmaffinity.com/es/film230307.html

Howell, E. (8 / 2 / 2021). *A brief history of Mars missions*. Consultat el 12 / 9 / 2021, a https://www.space.com/13558-historic-mars-missions.html

Human Mars. (29 / 10 / 2016). Recollit de https://www.humanmars.net/2016/10/hd-images-from-natgeos-mars-tv-series.html

IAC. (9 / 7 / 2021). Recollit de https://www.iac.es/es

IMDb. (2018). Recollit de https://www.imdb.com/title/tt4575328/

IMDb. (5 / 8 / 2021). Recollit de https://www.imdb.com/title/tt4943934/

IMDb. (4 / 8 / 2021). Recollit de https://www.imdb.com/title/tt0183523/

IMDb. (4 / 8 / 2021). Recollit de https://www.imdb.com/title/tt0043545/plotsummary

IRSO. (8 / 9 / 2021). Recollit de https://www.isro.gov.in/pslv-c25-mars-orbiter-mission/arabia-terra-image-mars-color-camera

KimStanleyRobinson. (31 / 7 / 2021). Recollit de https://www.kimstanleyrobinson.info/content/mars-trilogy

La manzana de Newton. (18 / 3 / 2021). Recollit de https://www.lamanzanadenewton.com/curiosidades/preguntas/lmn_preg25.html

Leroy Merlin. (21 / 8 / 2021). Recollit de https://www.leroymerlin.es/ideas-para-casa/inodoro-seco-ecologico-lo-que-tienes-que-saber

Mars One. (11 / 8 / 2021). Recollit de http://www.mars-one.com/

Mars One. (21 / 8 / 2021). Recollit de https://www.mars-one.com/faq/health-and-ethics/will-the-astronauts-have-enough-water-food-and-oxygen

Mars One. (21 / 8 / 2021). Recollit de http://www.mars-one.com/faq/technology/how-does-the-mars-base-communicate-with-earth

Mars' magnetic field. (29 / 5 / 2019). Consultat el 6 / 9 / 2021, a https://www.space.dtu.dk/english/Research/Universe_and_Solar_System/magnetic_field

McGraw-Hill. (21 / 8 / 2021). Recollit de https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448181735.pdf

Nasa. (16 / 4 / 2007). Recollit de https://www.nasa.gov/vision/earth/everydaylife/jamestown-needs-fs.html

Nasa. (11 / 10 / 2019). Recollit de https://www.nasa.gov/analogs/hmp

Nasa. (21 / 4 / 2021). Recollit de https://www.nasa.gov/press-release/nasa-s-perseverance-mars-rover-extracts-first-oxygen-from-red-planet

Nasa. (31 / 7 / 2021). Recollit de https://mars.nasa.gov/allaboutmars/mystique/literature/

Nasa. (18 / 6 / 2021). Recollit de https://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a010000/a012500/a012557/MAVEN_Argon_Infographic.jpg

Nasa. (4 / 8 / 2021). Recollit de https://mars.nasa.gov/allaboutmars/mystique/filmradio/

Nasa. (26 / 9 / 2021). Recollit de https://mars.nasa.gov/

Nasa. (27 / 9 / 2021). Recollit de https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/ez_final_present_schulze-makuch_of_davila_etal_humanlanding_site_tagged.pdf

NASA. (8 / 9 / 2021). Recollit de https://www.jpl.nasa.gov/images/the-dark-surfaces-of-mars-mantles-and-sand-sheets

NASA. (9 / 9 / 2021). Recollit de https://www.jpl.nasa.gov/images/lunae-planum

NASA. (12 / 9 / 2021). Recollit de https://mars.nasa.gov/allaboutmars/mystique/history/

NASA. (12 / 9 / 2021). Recollit de https://mars.nasa.gov/explore/mars-now/

NASA. (29 / 7 / 2021). Recollit de https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/marsfact.html

NASA. (13 / 9 / 2021). Recollit de https://solarsystem.nasa.gov/moons/mars-moons/phobos/in-depth/

NASA. (13 / 9 / 2021). Recollit de https://mars.nasa.gov/all-about-mars/moons/deimos/

NASA. (25 / 7 / 2021). Recollit de https://www.nasa.gov/press-release/nasas-maven-reveals-most-of-mars-atmosphere-was-lost-to-space

NASA. (18 / 9 / 2021). Recollit de https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/space_radiation_ebook.pdf

NASA. (14 / 9 / 2021). Recollit de https://mars.nasa.gov/mars2020/timeline/cruise/

National Air and Space Museum. (11 / 8 / 2021). Recollit de https://airandspace.si.edu/exhibitions/apollo-to-the-moon/online/astronaut-life/breathing-drinking.cfm

National Geographic. (8 / 11 / 2015). Consultat el 25 / 7 / 2021, a https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/el-viento-solar-acabo-con-la-atmosfera-de-marte_9862

National Geographic. (6 / 9 / 2021). Recollit de https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/fue-marte-como-tierra-hace-4000-millones-anos_15219

National Geographic. (7 / 9 / 2021). Recollit de https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/busca-agua-marte_13807/2

National Geographic. (5 / 4 / 2021). Recollit de https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/hydrosphere/print/

National Geographic. (27 / 7 / 2021). Recollit de https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/unos-terrenos-escarpados-marte-revelan-existencia-agua-helada_12262/3

OMS. (12 / 9 / 2021). Recollit de https://www.who.int/es

One Mars. (10 / 8 / 2021). Recollit de https://www.mars-one.com/faq/health-and-ethics/how-much-radiation-will-the-settlers-be-exposed-to

Planetario. (2 / 4 / 2021). Recollit de https://www.planetario.net/marte/

Rockwool. (20 / 8 / 2021). Recollit de https://www.rockwool.com/es/

Santiago, J. E. (22 / 7 / 2021). *monografias.com.* Recollit de https://www.monografias.com/trabajos68/superficie-planeta-marte/superficie-planeta-marte2.shtml

Scientific American. (9 / 3 / 2020). Recollit de https://blogs.scientificamerican.com/life-unbounded/the-1000-caves-of-mars/

SEIS InSight. (7 / 9 / 2021). Recollit de https://www.seis-insight.eu/en/public-2/martian-science/internal-models-of-mars

Sharp, T. (1 / 3 / 2012). *What Is the Distance Between Earth and Mars?* Consultat el 12 / 9 / 2021, a https://www.space.com/14729-spacekids-distance-earth-mars.html

Sharp, T. (12 / 12 / 2017). *Space*. Consultat el 9 / 7 / 2021, a https://www.space.com/16895-what-is-mars-made-of.html

Sharp, T. (20 / 5 / 2021). *Mars' Atmosphere: Composition, Climate & Weather*. Recollit de https://www.space.com/16903-mars-atmosphere-climate-weather.html

Space. (16 / 7 / 2020). Consultat el 31 / 7 / 2021, a https://www.space.com/42500-best-mars-books.html

Space and Air. (20 / 5 / 2021). Recollit de https://airandspace.si.edu/exhibitions/exploring-the-planets/online/solar-system/mars/wind/

SpaceX. (14 / 9 / 2021). Recollit de https://www.spacex.com/

Strauss, M. (2 / 10 / 2015). How Will We Get Off Mars? *National Geographic*. Consultat el 15 / 9 / 2021, a https://www.nationalgeographic.com/science/article/151002-mars-mission-nasa-return-space

The Mars Society. (11 / 8 / 2021). Recollit de https://www.marssociety.org/

Trespa. (20 / 8 / 2021). Recollit de https://www.trespa.com/es

TV3. (18 / 6 / 2021). Recollit de https://www.ccma.cat/tv3/alacarta/sense-ficcio/viatjar-a-mart-salvar-la-terra/video/6105597/

TV3. (16 / 6 / 2021). Recollit de https://www.ccma.cat/tv3/alacarta/sense-ficcio/sense-ficcio-o-ciencia-ficcio/video/6105599/

Universe Today. (18 / 3 / 2021). Recollit de https://www.universetoday.com/14889/mars-rotation/

Vegas, J. (18 / 9 / 2021). Recollit de https://www.clima.com/noticias/asi-es-el-clima-de-marte-temperatura-atmosfera-lunas

Vix. (9 / 8 / 2021). Recollit de https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/56476/podras-ser-astronauta-estos-son-los-6-requisitos-de-la-nasa-para-sus-nuevos-reclutas

XTEC. (21 / 8 / 2021). Recollit de http://www.xtec.cat/~rdavila/tecno4teso/habitatge.pdf

Altres fonts (revistes, diaris, pel·lícules...)

Benvinguts a Mart. (2021). *Núm 289, publicació mensual de Reporter Doc.*

Scott, R. (Dirección). (2015). *The Martian* [Película].

Serra, C., Planas, M., Clemente, R., Pou, T., Utrilla Pérez, E., Garrigós, J., . . . Theros, X. (21 de 2 de 2021). Mart, la pròxima estació de la humanitat. *Ara*.

T.Smith, K. (2018). Water ice cliffs on Mars. *Science*, 199.

Torras, C. (2014). Robots socials. *Mètode*(82).

ANNEX

ANNEX – Fotografies

Fotografies de projectes d'habitatges marcians científics i cinematogràfics fets pel moment, i que han estat una inspiració per al projecte d'aquest treball:

- **HAUGHTON MARS PROJECT (The Mars Society)**

Simulació d'estada al planeta vermell a l'illa Devon (Canadà):

Imatge 73. (Font: Nasa)

- **MARS DIRECT (The mars society)**

Una simulació d'estada al planeta vermell al centre de Denver (Estats Units):

Imatge 74. (Font: Robert Zubrin)

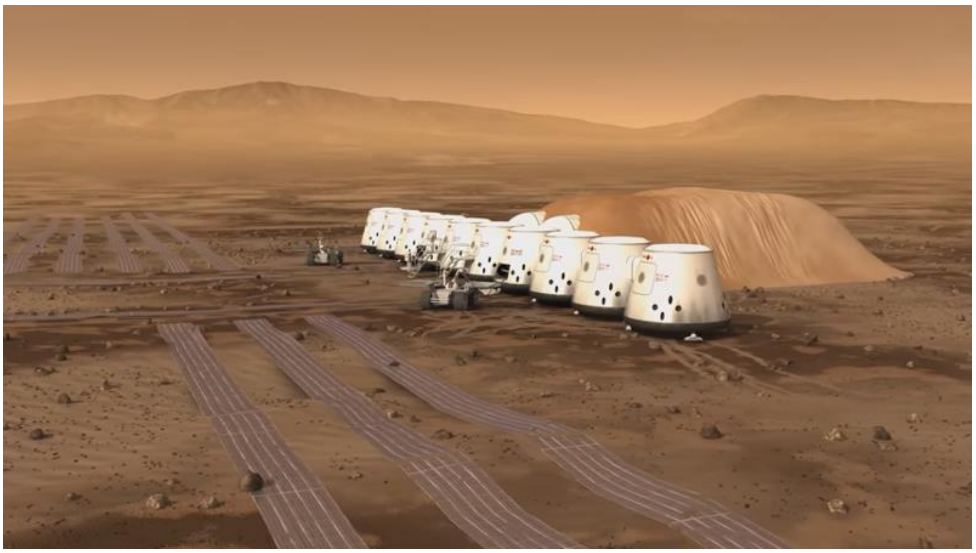
- **NÜWA (The mars society)**

  Una ciutat marciana autogestionada situada en un penya-segat –la major part d'ella, encaixada dins la roca formant túnels subterranis:

Imatge 75. (Font: ABIBOO Studio)

- **MARS ONE**

Habitatges d'exploració a Mart:



Imatge 76. (Font: Mars One)

- **MARSHA (AI Space Factory)**

Un habitacle vertical construït mitjançant la impressió en 3D automatitzada:

Imatge 77. (Font: AI Space Factory)

- **MARTE, LA PRÓXIMA UTOPÍA**

Habitacles hexagonals en forma de mòduls connectats entre ells de manera subterrània construïts mitjançant impressió en 3D automatitzada:

Imatge 78. (Font: Cadena SER)

- **MARS (National geographic)**

Una base marciana ubicada dins d'un túnel de lava:

Imatge 79. (Font: humansMars.net)

- **DBX**

Simulació d'habitatge subterrani autogestionat a la Terra:

Imatge 80. (Font: ABIBOO Studio)

- **SPACEX**

Projecte que aporta els recursos i tecnologia necessaris per al vol d'anada i tornada a Mart:

Imatge 81. (Font: space.com)