

Capítol 5

Proposta dels Paràmetres d'Avaluació de la Interfície Persona-Màquina (HMI)

*“Demaneu i us donaran,
busqueu i trobareu,
truqueu i us obriran!
Perquè tot aquell qui demana rep,
qui busca troba i a
qui truca li obren”*

Lc.11,9

Capítol 5. Proposta dels Paràmetres d'Avaluació de la Interfície Persona-Màquina (HMI)

5.1.- Alternatives de Visualització en Diferents Entorns Informàtics

Hi ha múltiples tipus d'interfícies adreçats als mateixos grups d'usuaris, i n'hi d'altres que estan dissenyats per fer activitats específiques. Cada interfície té un grau d'acceptació diferent pels usuaris, els quals també tenen, segons quina sigui la interfície, una capacitat d'aprenentatge distinta. En aquest capítol analitzarem les diferències de les interfícies exposades abans d'acord amb una sèrie d'objectius, que són els que defineixen una bona interfície. En el llibre de Marcus, Smilovich i Thompson [MAR 95] *The Cross GUI Handbook*, es presenta un excel·lent treball comparatiu de les diferents interfícies dels sistemes operatius més comuns, com són: APPLE Macintosh, NeXT Step, OSF Motif, Presentation Manager d'IBM, Windows i Windows NT. En aquesta obra els autors fan una descripció molt detallada de les diferents formes amb què opera cada una d'aquestes interfícies, dels menús i dels controls, i expliquen com han definit els paràmetres de la interfície.

La idea de comparar interfícies sorgeix de la necessitat d'interpretar la preferència de les accions per saber si l'enfocament que s'ha triat és l'adequat i poder determinar, així, la millor forma d'evolucionar. Diferents perspectives per a una mateixa aplicació permeten veure els diferents enfocaments (tots vàlids) i, el que és més important, les consideracions que han servit de base per presentar un esquema de treball particular. Avui dia gairebé totes les interfícies (APPLE Macintosh, NeXT Step, OSF Motif, OS X, KDE, GNOME, Windows 95, Windows 98, Windows NT, Windows 2000, Windows XP, etc.) són intuïtives, però això no vol dir que siguin semblants, ja que tenen les mateixes aplicacions però no els mateixos comandaments. És interessant observar l'evolució de la interfície comercial Windows des que va néixer (amb la versió 3.0) fins avui dia, que ha tret al mercat el nou Win XP, i veure com el públic (que és el mercat destinatari) des d'un bon començament va aprendre a fer servir aquestes aplicacions i totes les que estan desenvolupades per aquest entorn. Definitivament es pot parlar d'un augment dels coneixements del públic i d'una evolució de l'acceptació respecte a noves aplicacions informàtiques.

Altres aspectes importants de l'avaluació de les interfícies estan relacionats amb la consistència [VEE 00]. És a dir, el fet de poder fer servir sempre la interfície amb els mateixos criteris. Per exemple, és molt conegut el problema de consistència en el sistema operatiu DOS:

format a: /v

L'última v vol dir que s'especifica el nom del disquet. Mentre que en:

xcopy a: c: /v

aquesta última v vol dir que es verifiquen les dades copiades. Fins i tot el mateix WIN 98 té problemes de consistència i de facilitat per als usuaris. Encara no és gens fàcil escriure des de la finestra de comandaments DOS o utilitzar noms llargs per cridar un fitxer. Malgrat que de vegades sí que es poden fer les operacions esmentades, altres cops això és impossible perquè s'ha de fer servir el símbol ~. Com que molts teclats no tenen incorporat aquest símbol en la configuració normal, els usuaris l'han de cridar mitjançant el mode alternatiu ASCII: alt 126. El Windows 2000 permet escriure noms de fitxers llargs, però si es fa servir el mètode curt (amb el símbol ~), aleshores presenta el directori amb el nom resumit: xxxxxx~1, quan el que hauria de presentar és el directori amb el nom llarg perquè és el que de veritat existeix! Si considerem l'aspecte de la consistència, val a dir que el MS-Windows és molt consistent: en el Windows XP encara és molt difícil copiar un fitxer amb verificació a la interfície gràfica.

En aquest capítol estudiem els paràmetres que permeten avaluar les interfícies persona-màquina, ja definits en els capítols anteriors, per poder-les comparar sobre una base comuna. També revisem la psicologia dels usuaris per entendre'n la forma d'actuar, i revisem altres treballs d'investigació de realitat virtual i d'avaluació d'interfícies per veure què s'ha estat fent fins ara. La idea és poder definir un conjunt de paràmetres i un procediment que ens permeti fer una avaluació raonable per a totes dues interfícies. Així, al final definim tant un procediment per realitzar les proves com els resultats obtinguts i determinem, així, quina és la millor interfície de cara a les diferents tasques a realitzar.

5.2.- Teories d'Usuaris: ¿Què tenen al cap?

Hi ha moltes teories en el camp cognoscitiu que intenten explicar com fan les coses les persones i/o com prenen decisions [AND 93, ROD 94, MÓN 99]. Aquestes teories expliquen que els usuaris (incloent-hi els que fan servir els ordinadors) passen per diferents etapes abans de fer l'acció final. Aquestes etapes són:

1. Determinació de l'acció que s'ha de complir o de la meta a què cal arribar.
2. Formulació de la intenció.
3. Especificació de les accions.
4. Execució de la seqüència d'accions.
5. Percepció de l'estat del sistema.
6. Interpretació de l'estat del sistema.
7. Avaluació del resultat sobre la base del que es volia fer al començament.

Les etapes 2, 3 i 4 són els passos a seguir per fer l'acció. Per determinar l'execució de l'acció calen les etapes 5, 6 i 7. Les interfícies han de facilitar aquestes etapes i donar a l'usuari una resposta directa d'allò que s'està fent i de quin és el resultat d'aquesta acció (per exemple, interfícies de manipulació directa).

5.2.1.- Factors Dependents dels Usuaris

Les proves d'utilització de la interfície s'han d'aplicar amb molta cura. Els usuaris s'han de categoritzar d'acord amb el seu grau de coneixements i d'experiència. Però també hi ha altres factors difícils de ponderar, com són: la por, la timidesa, l'humor de l'usuari, etc., en el moment de la prova [BON 99b]. L'interès que el mateix usuari té a fer la prova o a utilitzar el sistema o a veure el temps que pot trigar per executar les proves són factors que influeixen molt en el procés de realització de les proves. Quan un usuari no està gens interessat a fer la prova o a utilitzar el sistema, normalment el rendiment és baix. Es tracta d'una situació totalment normal però que afecta el rendiment del sistema. Així doncs, les persones no motivades o no interessades en la prova és millor que no la facin o, si de cas, que només treballin una part simple de la interfície que sigui fàcil de realitzar o que no els prengui gaire temps.

Els coneixements que té l'usuari sobre la utilització del sistema també és un factor determinant. Un usuari molt motivat per fer la prova però sense coneixements de la tasca que ha de realitzar pot aprendre de pressa, però cometrà un gran nombre d'errors. Aquesta situació també és normal, ja que l'usuari no té coneixements sobre la tasca que ha de fer. D'altra banda, una persona que no estigui interessada en el tema però que disposi d'un grau de coneixements molt alt sobre la tasca que ha de fer pot ser que realitzi bé les operacions, i amb un marge d'errors menor. Un altre factor determinant en el rendiment d'una activitat és la preconcepció que els usuaris tenen sobre el programa. Per exemple, per enviar un correu electrònic fent servir el nou programa de Netscape Communicator cal escriure primer l'assumpte (subject), si bé normalment la majoria de programes similars demanen que en primer lloc s'escrigui el destinatari (que seria la cosa més normal). Aquest és un programa molt avançat que incorpora els últims avantatges de correu electrònic millorat, però que treballa a partir d'un concepte que està en contradicció respecte a l'ús d'altres programes similars antics (fins i tot treballa de diferent manera respecte a la seva mateixa versió anterior).

5.2.2.- Categorització dels Usuaris

Hi ha moltes maneres de classificar els usuaris. Aquesta classificació depèn de les necessitats i els requeriments d'allò que es fa i fins i tot de la interpretació que l'examinador en faci. Nielsen [NIE 94a] fa una divisió dels usuaris considerant tres eixos de coneixement, que anomena "principals dimensions de

l'experiència de l'usuari". Aquests eixos són: experiència en ordinadors, experiència en la utilització del sistema i experiència en fer la tasca o activitat. Aquesta classificació es mostra a la figura 5.1.

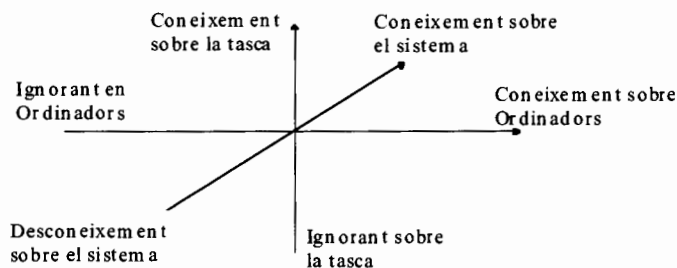


Fig. 5.1.- Principals dimensions de l'experiència de l'usuari

Aquesta classificació és una de les més importants per avaluar la usabilitat i la intuïtivitat dels programes, ja que els usuaris experimentats poden tenir una resposta molt ràpida.

Kotterman i Kumar [1989] van definir el "cub de l'usuari", les dimensions del qual són:

- El grau de participació en cas que l'usuari sigui consumidor o productor del sistema.
- El grau de participació de l'usuari en el desenvolupament del sistema.
- El grau d'autoritat en la presa de decisions sobre el sistema.

Aquesta classificació s'aplica molt bé sempre que qui desenvolupi el sistema sigui el mateix usuari global.

Normalment, la classificació més extensiva amb què es treballa en la part de computació i ordinadors es basa en els coneixements de l'usuari en aquestes àrees. Així, l'usuari pot ser:

- **Novell:** mai no ha treballat amb ordinadors i ho començarà a fer per primera vegada.
- **Casual:** ha treballat amb ordinadors de tant en tant, quan ha estat obligat a fer-ho, però no freqüentment.
- **Normal:** treballa cada dia amb programes d'ofimàtica (processadors de textos, fulls de càlcul, programes de dibuixos, etc.).
- **Avançat:** treballa cada dia amb aplicacions ofimàtiques i llenguatges de programació. Coneix el sistema internament i és capaç de dissenyar aplicacions específiques.

Normalment és molt complicat dissenyar una aplicació per diferenciar aquests quatre tipus d'usuaris. Avui dia és molt difícil trobar usuaris novells perquè gairebé tothom ha treballat amb ordinadors, però de vegades hi ha persones grans que mai no n'han sentit a parlar o que no saben per a què serveixen. Moltes guies d'utilització de programes presenten orientacions especials segons els usuaris a qui van destinades: usuaris novells o avançats, i fan constar explícitament a qui estan adreçades; d'aquesta manera els usuaris poden decidir per ells mateixos la guia que han de comprar. Fins i tot alguns programes presenten dues o tres estructures de menú (a escollir per l'usuari) que permeten que els usuaris avançats puguin desenvolupar al màxim el programa (amb menús llargs) i que els usuaris normals també hi puguin treballar còmodament (amb menús curts).

Una altra classificació que també s'acostuma a fer es basa en la manera com els usuaris normalment entenen la informació o quin dels sentits prefereixen fer servir per entendre el món que els envolta. D'acord amb aquest criteri, hi ha persones que són:

- **Visuals:** necessiten veure les coses per entendre-les. Normalment aquestes persones diuen amb freqüència: "ja ho veig" (fins i tot els americans diuen I see).
- **Auditives:** necessiten escoltar alguna cosa a la interfície per entendre-la.
- **Motrius:** prefereixen el moviment i necessiten veure les coses en moviment per entendre-les.

Aquesta classificació permet comprendre per què algunes persones prefereixen treballar amb un tipus d'interfície que a altres no agrada, malgrat que tinguin el mateix grau de coneixements. Les persones visuals treballaran fàcilment amb interfícies visuals, les auditives necessiten que la interfície també sigui sonora i les motrius demanaran que hi hagi parts en moviment (figures en moviment) i treballar molt amb les mans.

Stanney *et al.* [STA 98] van presentar un esquema dels components del rendiment de les persones en entorns virtuals (vegeu la figura 5.2). En aquesta representació hi ha tres eixos que defineixen el rendiment d'un usuari en un entorn de realitat virtual: la complexitat de navegació, la sensació de presència (com l'usuari se sent dins de l'entorn virtual) i l'esforç de l'usuari en el sistema.

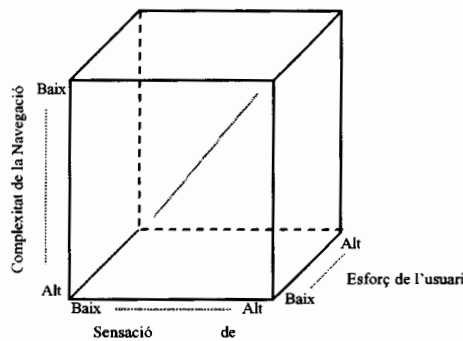


Fig. 5.2.- Components del rendiment de l'ésser humà en entorns virtuals [STA 98]

A pesar d'haver-hi tots aquests mètodes de classificació, farem l'avaluació, bàsicament, a partir dels coneixements de les persones en l'àrea d'ordinadors ja que aquest és un aspecte senzill d'avaluar i té més aplicació pràctica.

5.3.- Mètodes d'Avaluacions d'Interfícies

Diversos experts en el camp de les interfícies van definir certes metodologies per avaluar interfícies. En termes generals, es pot dir que hi ha dues menes de proves, que es basen en les següents mesures:

- **Mesures quantitatives** (quantitative) o **rendiment** (performance): aquestes proves poden ser numèricament definides i són independents de l'opinió de l'usuari. Exemples d'aquestes proves són: comptabilització d'errors, temps de realització, etc.
- **Mesures qualitatives** (qualitative) o **subjectives** (subjective): aquestes proves són, directament, l'opinió de l'usuari i es mesuren d'acord amb l'estimació que aquest en faci. Inclouen proves orals i escrites en les quals l'usuari indica la seva opinió del programa.

A partir d'aquesta definició es poden categoritzar els diferents mètodes d'avaluació d'interfícies, com són (vegeu la taula 5.1):

Models d'avaluacions d'interfícies	Categoria
○ Avaluació heurística (Heuristic Evaluation)	Qualitatives
○ Guies d'utilització (Usability Guidelines)	Quantitatives
○ Inspecció estàndard (Standard Inspection)	Qualitatives / Quantitatives
○ Assaig cognoscitiu preliminar (Cognitive Walkthroughs)	Quantitatives
○ Execucions en veu alta (Thinking Aloud)	Qualitatives

Taula 5.1.- Classificació dels mètodes d'avaluació d'interfícies

A continuació presentem una definició d'aquests paràmetres basada en [RUB 94, NIE 96 i DUM 99]:

5.3.1.- Avaluació Heurística

Es basa en el criteri de l'examinador, que farà servir la seva experiència en el disseny d'interfícies per verificar la utilització del sistema. Indirectament, durant l'avaluació heurística també es comprova la funcionalitat dels controls, i també s'acostuma a comprovar el compliment d'alguna norma de disseny o guia d'utilització. Nielsen va analitzar onze projectes publicats que versaven sobre problemes d'utilització i, sobre la base d'aquests, va determinar que la millor relació cost/benefici per a un projecte informàtic mitjà es pot obtenir amb quatre examinadors i tres usuaris que facin la prova [NIE 96]. Aquest nombre no és l'únic requisit, però es pot considerar que és el mínim acceptable per fer una avaluació heurística modesta.

<p>Fer servir un llenguatge simple i natural. Parlar la llengua de l'usuari. Minimitzar l'esforç dels usuaris per recordar. Mantenir la consistència Senyalitzar la forma de sortir. Mostrar short-cuts (acceleradors o teclat ràpid). Missatges d'error amables. Prevenir errors. Ajuda i documentació.</p>
--

Taula 5.2.- Exemples de principis d'utilització, per en Nielsen i en Molich (1990)

5.3.2.- Guies d'Utilització

També conegudes com "guies de revisió" (Guidelines Review), són un estil d'inspecció en el qual es verifica la interfície a partir d'una llista de criteris de disseny. La utilització d'aquestes guies normalment s'ha d'aplicar amb criteri a causa de dos possibles inconvenients: en primer lloc, aquestes guies estan fetes per a aplicacions particulars que de vegades no són compatibles amb l'aplicació que s'està desenvolupant. En segon lloc, les regles de disseny poden ser tan generals que de vegades escapen al nostre interès i plantegen solucions que no són raonables. D'altra banda, també hi ha guies d'avaluació de l'àmbit del disseny comercial que permeten avaluar la funcionalitat d'una interfície amb determinats criteris.

5.3.3.- Inspecció Estàndard

Un expert en inspecció estàndard d'una part específica de la interfície l'analiza per comentar-ne la satisfacció de compliment de les normes (compliance). D'aquesta manera la utilització d'un mateix estàndard es popularitza en la mesura que és utilitzat per altres programes. La part difícil d'aquesta metodologia és trobar un expert de cada matèria amb què es treballa o amb què es pensa fer servir la interfície. D'altra banda, hi ha àrees que encara estan en estudi, com són les interfícies per sistemes teleoperats submarins, espacials, etc.

5.3.4.- Assaig Cognoscitiu Preliminar

Està inspirat en el codi estructurat de coneixements (structures code walkthroughs), en el qual un grup de programadors examinen el programa codi per codi fins que troben el problema. En l'avaluació d'assaig cognoscitiu preliminar d'una interfície cal definir un conjunt d'activitats específiques, com també els procediments que cal seguir per dur a terme l'avaluació; també cal definir els teclats i les funcions necessaris. Així se simula un procés de problema-solució que haurà d'afrontar l'usuari en cada etapa del projecte. Aquest procediment està íntimament relacionat amb l'enfocament GOMS, que intenta definir les relacions entre l'usuari i les metes, les accions i l'estat visible de la interfície que l'usuari aconseguirà durant la seva tasca. Aquest procediment valora l'enfocament de l'usuari per dur a terme una tasca i la seva capacitat per arribar a la solució.

L'assaig cognoscitiu preliminar d'una interfície és un procediment molt adequat per valorar la psicologia d'usuaris inexperts, i està enfocat a avaluar la facilitat d'aprenentatge per exploració. Per tant, aquest mètode ofereix una explicació psicològica de problemes específics, alhora que en facilita les solucions.

5.3.5.- Execucions en Veu Alta

Aquest mètode, introduït en el disseny d'interfícies per Clayton Lewis el 1982, invita els participants a parlar en veu alta sobre què estan fent. Aleshores l'examinador pot veure què sap, què fa i per què ho fa l'usuari que fa la prova. D'aquesta manera es pot fer una avaluació més acurada de les habilitats reals dels usuaris. Quan dos usuaris treballen en cooperació i parlen entre ells de les tasques que estan fent, introdueixen modificacions a l'hora de determinar la següent acció a fer. Aquest mètode permet gravar les converses en una cinta o bé gravar tota l'escena en vídeo per utilitzar-lo en futures referències i per fer anàlisis amb profunditat.

5.3.6.- Comparacions de Metodologies d'Avaluació

Hi ha diferents treballs de comparació de metodologies que intenten determinar l'eficàcia, el rendiment i la capacitat de determinació d'errors de les interfícies. En el treball de Jeffries et al. (1991) es van estudiar diferents metodologies per determinar-ne l'eficàcia en la definició de problemes. Les metodologies que es van estudiar són: metodologies heurístiques, proves d'utilització, assaig cognoscitiu preliminar i utilització de guies. Aquest treball va demostrar el següent:

- Les metodologies heurístiques i les proves d'utilització són més efectives que les proves d'assaig cognoscitiu preliminar o la utilització de guies.
- Les avaluacions heurístiques permeten trobar un nombre més gran de problemes, sobretot els pitjors, però no determina, i de vegades oculta, problemes simples.
- Les proves d'utilització estan més orientades a determinar problemes complexos que problemes senzills.
- Les proves d'utilització van ser la metodologia més costosa, però les avaluacions heurístiques requereixen examinadors experts que també poden ser costosos.

Karat, Campbell i Fiegel (1992) van estudiar la relativa efectivitat en la identificació de problemes fent servir proves d'usabilitat i d'assaig cognoscitiu preliminar i proves empíriques. Tots els mètodes van ser desenvolupats per un sol examinador o per parelles d'examinadors. Aquest estudi va suggerir el següent:

- Les proves d'usabilitat permeten trobar un nombre d'errors més gran que el mètode d'assaig cognoscitiu preliminar. Amb aquest últim no es van poder trobar tots els problemes greus de la interfície.
- Els examinadors treballen més bé en parelles que individualment quan fan servir el mètode d'assaig cognoscitiu preliminar.
- Les proves empíriques requereixen el mateix temps, o fins i tot menys, que les proves d'assaig cognoscitiu preliminar.
- Només una tercera part dels problemes d'utilització van ser identificats amb les tres metodologies emprades.

Aquest últim resultat emfatitza la necessitat de fer servir diferents estratègies d'avaluacions per determinar els problemes d'utilització d'una interfície. Nielsen va comparar les metodologies heurístiques, les proves d'utilització i l'enfocament de modelització formal GOMS sobre la base del rendiment de dues interfícies [NIE 94b]. Aquest estudi va oferir els següents resultats:

- Tots tres mètodes van ser capaços de determinar quina era la millor de les dues interfícies. Les proves d'utilització van donar un resultat més precís, ja que van identificar el relatiu

avantatge de la millor interfície. Entre les diverses metodologies, la GOMS va ser la segona més ben classificada, i les metodologies heurístiques van ocupar el tercer lloc.

- Les metodologies heurístiques són bones per determinar errors a les interfícies, però no serveixen per determinar-ne l'eficàcia i el rendiment.
- Les metodologies GOMS normalment s'utilitzen per determinar l'eficiència del rendiment, però no per identificar problemes.

Les comparacions es van fer en condicions específiques i els resultats que se'n van extreure són preliminars [PRE 93, NIE 94a, 94b]. A la taula 3 presentem un resum d'aquestes comparacions:

Mètode	Etapa del Projecte	N. usuaris	Principal avantatge	Principal desavantatge
Avaluació Heurística	Etapa inicial del projecte. Cicle intern d'un procés iteratiu.	No en calen	Troba problemes d'utilització individual. Enfoca els problemes dels usuaris experts.	No envolta als usuaris reals i, per tant, no troba les "sorpreses" que els usuaris finals poden demanar.
Mesura del Rendiment	Anàlisi competitiu, prova final.	Mínim 10	Dona nombres de cada una de les proves. Els resultats són fàcils de comprovar.	No troba problemes individuals d'utilització.
Pensament en veu alta	Disseny iteratiu. Avaluació formativa.	3 - 5	Enfoca la concepció del usuari (que pot ser equivocada). Test econòmic.	No és natural per als usuaris. És difícil que els usuaris experts puguin dir tot allò que volen fer.
Observació	Anàlisi de la tasca. Estudis de seguiment.	3 o més	Validació ecològica que demostra l'activitat dels usuaris. Permet suggerir noves funcions i característiques.	És molt complicat definir l'horari de les proves. Aquesta prova no està sota control.
Qüestionaris	Anàlisi de la tasca. Estudis de seguiment	Mínim 30	Permet trobar les preferències dels usuaris. És molt fàcil de repetir	Requereix una prova pilot, per prevenir les males interpretacions i millorar la redacció del qüestionari.
Entrevistes	Anàlisi de la tasca.	5	Flexible. Permet provar i analitzar el comportament i l'experiència	Consumeix molt de temps. És molt complicat d'analitzar i comparar.
Grups d'enfocament	Anàlisi de la tasca. Permet involucrar a l'usuari.	6 - 9 per grup	Reacció espontània. Dinàmica de grup.	És molt complicat d'analitzar. Baixa validació.
Permetre'n l'ús	Anàlisi de la tasca.	Mínim 20	Permet trobar les característiques més i menys usades. Es pot executar continuament.	L'Anàlisi de les dades requereix un gran volum d'informació. Es viola la privacitat de l'usuari.
Resposta dels usuaris final	Anàlisi de la tasca.	Cents	Se segueixen els canvis en els requeriments i punts de vista dels usuaris.	Cal una organització especial per controlar la informació.

Taula 5.3.- Suma dels mètodes d'Utilització [NIE 94a]

5.4.- Paràmetres Proposats d'Avaluació d'Interfícies Persona-Màquina (HMI)

No és gens fàcil dir si una interfície persona-màquina (HMI) és bona o no, perquè allò que és bo per a un pot ser dolent per a un altre. Hi ha molts llibres que estudien la utilització (usability) dels programes i les seves interfícies. Entre els autors més importants hi ha Preece [PRE 93], Rubin [RUB 94], Nielsen [NIE 94a, 94b i 96] i Dumas [DUM 99]. Cada un d'aquests autors té una perspectiva pròpia, però presenten punts comuns a l'hora d'analitzar els factors que maximitzen l'avaluació de la utilització dels programes informàtics i a l'hora de tractar els criteris bàsics que cal tenir en compte. Aquests factors són:

- Utilitat
- Efectivitat
- Aprenentatge
- Aptitud

Per evitar que s'apliquin les decisions (o indecisions) del programador, cal tenir en compte les opinions i les respostes dels usuaris; també cal mesurar l'efectivitat del programa fent-lo servir en condicions reals, o similars, a les de l'entorn de treball. Aquestes proves cal fer-les a partir d'uns paràmetres i d'uns criteris específics. A continuació definirem els objectius que permeten l'avaluació de les interfícies persona-màquina. La definició d'aquests paràmetres ens permetrà saber si la interfície està dins de les especificacions definides i quins aspectes cal millorar perquè la interfície sigui com desitgem. Un paràmetre final es pot mesurar de múltiples formes; per tant, s'ha d'intentar fer un paràmetre clar amb els aspectes que ens interressi que determinin la seva aplicació a la interfície persona-màquina i que permetin mesurar si realment s'han assolit els objectius plantejats. Els paràmetres que proposem són (vegeu la taula 4):

<i>Paràmetre</i>	<i>Etapas de la Interacció</i>	<i>Actor Principal</i>
◆ Facilitat d'ús	Necessitats dels usuaris	Usuari
◆ Eficàcia	Productivitat (tasca)	Tasca
◆ Prestacions	Facilitat en la interfície	Interfície

Taula 5.4.- Paràmetres d'avaluació

Els tres paràmetres definits (prestacions, eficàcia i facilitat d'ús) estan íntimament relacionats entre si, i corresponen a cada un dels elements que participen en el sistema: l'usuari, la interfície i la tasca que s'ha de desenvolupar. La figura 5.3 i la taula 5.5 mostren aquesta interrelació:

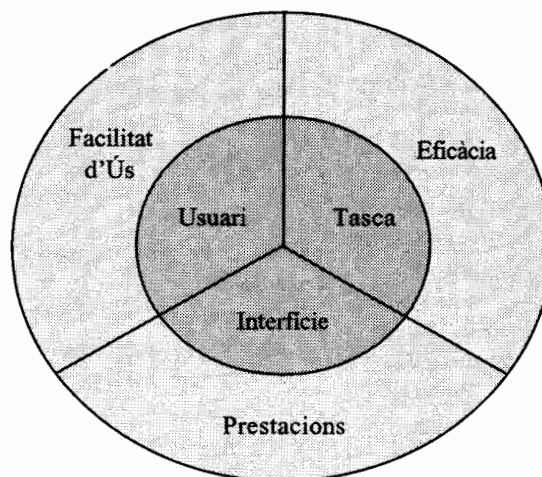
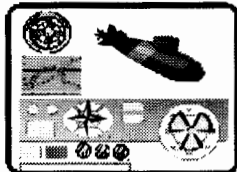

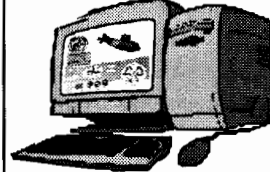


Fig. 5.3.- Relació dels factors d'avaluació

Paràmetre	Facilitat d'Ús	Eficàcia	Prestacions
Interrelació	 Necessitats dels usuaris	 Productivitat de l'usuari	 Facilitats de la interfície
Actor Principal	<i>Usuari</i>	<i>Tasca</i>	<i>Interfície</i>

Taula 5.5.- Paràmetres d'avaluació i elements de l'interrelació

Els paràmetres inclouen la generalitat que defineix les interfícies, que en aquest cas són: prestacions, eficàcia i facilitat d'ús; així tenim que: les prestacions es refereixen a com els usuaris perceben les eines i les facilitats a la interfície; l'eficàcia determina com aquesta interfície incrementa la productivitat de l'usuari; i la facilitat d'ús està relacionada de forma amigable amb la intuïció que hi ha d'haver a la interfície per simplificar-ne l'ús.

A la taula 5.6 expliquem els paràmetres, la meta a la qual volen arribar i la descripció.

Paràmetre	Objectiu	Descripció dels Objectius
<u>Facilitat d'Ús</u>	La interfície és fàcil de fer servir: <i>¿Com és de fàcil o de difícil aprendre la interfície?</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Grau de facilitat d'interacció dels usuaris amb la interfície persona-màquina. • Determinació de com la interfície ajuda els usuaris a assolir la seva tasca. • Determinació de les funcions de la interfície persona-màquina. • Els usuaris aprenen a fer servir la interfície després d'un interval d'entrenament. • La interfície disposa de prou ajudes per permetre que els usuaris reconeguin les funcions.
<u>Eficàcia</u>	La interfície incrementarà la productivitat de l'usuari: <i>¿Com és d'útil la interfície?</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Determinació de l'efectivitat de la interfície persona-màquina en el lloc de treball de l'usuari. • Capacitat dels usuaris per fer la tasca encomanada. • Com millora el treball dels usuaris quan aquests fan servir la interfície persona-màquina. • Els usuaris són capaços de complir les tasques que se'ls encomanen. • Els usuaris milloren el temps d'execució de les seves tasques quan fan servir aquesta interfície.
<u>Prestacions</u>	La interfície complirà les necessitats dels usuaris: <i>¿Quin grau de satisfacció té l'usuari de fer servir aquesta interfície?</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Grau en què el programa ajuda els usuaris a assolir les seves metes. • Valoració dels usuaris que fan servir aquest programa. • Determinació de si els usuaris poden fer servir la interfície persona-màquina. • Percepció, satisfacció i opinió dels usuaris sobre la interfície. • Què pensa l'usuari de la utilització de la interfície.

Taula 5.6.- Factors que defineixen la utilització de les interfícies persona-màquina

Les metes diuen quina és la intenció del factor. Però una meta no es pot mesurar en termes de resultats perquè la meta simplement ens diu com és la contribució d'aquest factor en la utilització de la

interfície o què és el que es vol aconseguir del programa. Per això hem de recórrer a aspectes més concrets (en aquest cas a l'avaluació de la descripció del factor) que ens permetin definir un valor específic amb un resultat acceptable. Però una meta pot originar múltiples objectius d'acord amb les necessitats del programador i amb l'orientació del programa. Cada programa ha de tenir una aplicació o funció específica que cal estudiar, i això és el que determinarà els objectius finals que s'han de definir.

5.4.1.- Paràmetres d'Utilització

Determinar quins factors influeixen en la utilització d'un sistema és una cosa molt complexa. De vegades influeixen factors com la moda, la necessitat, el grup d'usuaris, l'empresa, el nivell cultural, les preferències personals, etc., que poden convertir un programa "X" en un sistema rutinari per a un grup de persones però que, en altres condicions, no és un programa gens satisfactori per a altres persones. Malgrat que hi ha moltes coses que influeixen en la determinació dels usuaris respecte a la utilització d'un programa, podem dir que un programa "Y" serà mínimament acceptable si compleix el mínim de paràmetres d'utilització que hem plantejat fins ara: prestacions, eficàcia i facilitat d'ús. Aquests paràmetres serveixen per fer una valoració general del programa i permeten comparar-los amb variables similars. Alguns d'aquests paràmetres semblen estar relacionats entre si, i fins i tot són difícils de separar els uns dels altres sense modificar-ne el significat. Un programa intuïtiu hauria de ser fàcil d'aprendre, i si és fàcil d'aprendre segur que és molt eficient, i si és eficient el nombre d'errors serà baix, i si el nombre d'errors és baix els usuaris se sentiran (generalment) satisfets i, per tant, l'eficàcia serà alta. Malgrat que totes aquestes relacions semblen lògiques, Frøkjær, Hertzum i Hornbæk van trobar que els paràmetres d'usabilitat no estan gens relacionats entre si (almenys des del punt de vista de l'aplicació) [FRØ 00]. Com que aquests paràmetres són difícils de delimitar, farem un parell de proves per determinar-ne el valor.

5.4.1.1.- Facilitat d'Ús

La facilitat d'ús de la interfície ha de desenvolupar-la l'usuari tot sol, i per això ha de basar-se en la seva intuïció i en la seva capacitat de comprensió. Aquesta és la primera concepció que pot tenir un usuari de la interfície. En el procés aprenentatge, l'usuari pot entendre alguna cosa un cop ha vist el funcionament del programa, o després de veure les ajudes actives, després d'haver experimentat un "assaig i error". Durant la prova d'intuïció, l'usuari no pot moure o tocar cap perifèric, i la idea és saber què pensa dels diferents elements presents a la interfície. Un programa amb una alta "intuïtivitat" serà fàcil de fer servir i fàcil d'aprendre.

5.4.1.1.1.- Intuïtivitat

La idea bàsica de l'elaboració de moltes icones és que aquestes siguin intuïtives; si no ho són, han d'oferir, però, una gran facilitat de memorització, per a la qual cosa es valen de figures semblants a l'operació normal que realitzen. En alguns casos aquesta semblança no és gens fàcil i, per tant, l'usuari ha d'aprendre a utilitzar-les després d'un cert temps. La idea de les icones (com ja hem explicat al capítol 3) és donar una resposta ràpida perquè es tracta d'una imatge visual (els textos es triga una estona a llegir-los). Òbviament, hi ha usuaris que tenen una facilitat de memorització més gran que d'altres, si bé en això també hi té a veure l'interès que hi posi cadascú; però normalment la facilitat de memorització està relacionada amb la quantitat de coses noves que l'usuari ha d'aprendre i amb la freqüència d'utilització del programa.

Les facilitats gràfiques i de menús fan que la majoria de programes siguin fàcils de memoritzar de manera superficial, és a dir, que l'usuari aprèn a fer servir el sistema, però moltes vegades és incapaç de descriure'l o de descriure un comandament si no hi està treballant. Mayes [MAY 88] ha fet un treball basant-se en un d'aquests casos en què els usuaris van poder treballar normalment amb un programa però, en deixar-lo, no van poder explicar quines funcions havien fet servir per a tasques concretes similars a les que ja havien desenvolupat.

És fàcil explicar el significat de la intuïció pel que fa a les llengües: si una paraula estrangera s'assembla a una de la pròpia llengua, el seu significat és intuïtiu. Els italians diuen ciao i el seu significat és intuïtiu per a molts castellanoparlants, ja que existeix una paraula semblant: chao. Aquesta no és una regla, perquè per a alguns llatinoamericans (que mai no han estat a Catalunya) el significat de la paraula "adéu" no és gens clara. Però un cop se'ls ha explicat ja ho saben i són capaços de recordar-la (és una paraula de fàcil memorització, però no intuïtiva, ja que, si bé en castellà hi ha la paraula adios, a Veneçuela no es fa servir gaire, ja que s'utilitza més la paraula chao). Els alemanys diuen "auf Wiedersehen", que també vol dir "adéu", però aquesta construcció no és gens intuïtiva ni fàcil de memoritzar per persones que no coneixen gens aquesta llengua. Normalment, si una cosa és intuïtiva, és fàcil de memoritzar. En el cas de les interfícies d'usuaris s'intenta explotar aquesta situació (nivell amigable i intuïtivitat) mitjançant comandaments, icones, noms de programes fàcils de recordar, etc. Per exemple, el processador de paraules de Microsoft s'anomena "Word", que en anglès vol dir "paraula".

5.4.1.1.2.- Facilitat d'Aprenentatge

La facilitat d'aprenentatge és un dels paràmetres més comprometedors de la interfície. Si un usuari no pot aprendre a usar el programa, vol dir que el programa no és bo. Com que les proves de memorització volen mesurar la rapidesa d'aprenentatge, aquestes proves s'han de fer amb usuaris nous que treballin amb el programa per primera vegada. Hi ha diferents maneres d'avaluar les proves: comptabilitzant el nombre d'errors que fan els usuaris, fent que els usuaris contestin un petit qüestionari després d'haver fet servir el programa on se'ls pregunta com s'ho han fet per resoldre certa activitat, etc. Una segona prova d'aprenentatge permet comprovar la facilitat d'assimilació del programa, és a dir, si l'usuari ha estat capaç de recordar com treballar-hi. Aquesta mesura i l'anterior ens donen un valor de velocitat d'aprenentatge, que està relacionat amb el paràmetre de facilitat de memorització. El factor d'aprenentatge està molt relacionat amb els següents punts:

- **Format de presentació del programa.** Els programes que presenten un passeig virtual per museus i els programes informatius han d'atraure l'atenció de l'usuari per difondre la informació que contenen. Moltes vegades ofereixen "alguna cosa" que crida l'atenció i l'interès.
- **Nombre i qualitat de les ajudes disponibles per a l'usuari.** Segons la forma i la quantitat d'ajudes del programa, l'usuari el podrà aprendre més ràpidament o més lentament. Per això és molt important la manera com es presenten aquestes ajudes i la facilitat d'accés. Si el programa ofereix simples ajudes en línia, segurament els usuaris les faran servir. Un nivell complet d'ajuda també és molt important, però en aquest cas hi ha un vell mite dels usuaris informàtics que cal tenir en compte: "Generalment els usuaris no llegeixen el manual d'ajuda fins que veuen que el programa no funciona."
- **Nombre de comandaments i format.** Està comprovat que com més funcions tingui un programa més costarà d'aprendre. Si totes les funcions són a la pantalla serà relativament fàcil veure tot allò que el programa pot fer, però si hi ha funcions amagades costarà una mica aprendre-les i recordar-les. Les funcions interactives tenen un altre nivell de complexitat, ja que estan molt relacionades amb la forma de presentació i amb l'associació mental que l'usuari pugui fer de la funcionalitat-interacció. Una cosa que podria ajudar seria fer servir "metàfores reals" [TUF 90, EIC 01], és a dir, imatges reals que facilitessin la comprensió visual; per exemple, un programa telefònic podria tenir la imatge d'un telèfon real, amb els botons i l'auricular, i quan l'usuari volgués fer-lo servir segurament faria el mateix que fa amb els telèfons reals. En el nostre cas, la interfície intenta fer servir imatges relacionades amb instruments associats a la conducció marina.
- **Perifèrics d'interacció (entrada-sortida).** Actualment és gairebé impossible imaginar-se un ordinador sense ratolí ja que avui dia molt programes el requereixen. Però la utilització de coses noves de vegades fa por a l'usuari; així, si un programa necessita una altra mena d'interacció (per exemple, un ratolí tridimensional o una taula digitalitzadora) tindrà dificultats amb els usuaris que no estiguin gens acostumats a aquestes novetats.
- **Novetat del programa i funcionalitat** (ofimàtica, jocs, etc.). Per a algunes persones la moda és una cosa molt seriosa. Si una cosa és nova, la compraran, i si s'ha d'aprendre alguna cosa,

l'aprendran. Ara hi ha una revolució d voltant d'Internet, i hi ha molta gent que està intentant aprendre a navegar. Les últimes versions dels sistemes operatius Windows (WIN 95, 98, me, 2000 i XP) i del sistema operatiu Macintosh (Mac X) es van vendre molt bé. Molts programes ofimàtics (processadors de textos, fulls de càlcul, etc.) criden l'atenció de l'usuari perquè poden ser útils a la feina.

- **Necessitat i interès de l'usuari.** Si un usuari ha de fer servir un programa, això sol li crearà prou interès per aprendre'l. També depèn de "qui, què i com" l'obligui a treballar amb el programa, però, normalment, si hi ha interès a fer una cosa, aquesta cosa es farà. Si un usuari és conscient que ha de treballar amb un programa durant una període de temps llarg, usualment tindrà més interès per aprendre'l que un usuari que cregui que només l'ha de fer servir un sol dia o una simple estona.

Els jocs informàtics, malgrat que de vegades són difícils d'utilitzar, són força interessants, i estan orientats a determinades persones. En general, tots els jocs són interessants, però sempre hi haurà un grup d'usuaris que en preferiran més un que un altre. Pot passar que els usuaris als quals agrada jugar a escacs només els interessi veure la taula d'escacs i les jugades, però això no és gens interessant per a les persones que es diverteixen amb jocs d'acció tridimensionals (DOOM, etc.), ni tampoc per a les que prefereixen jocs de conducció (Flight Simulator, simulador de cotxes, etc.), ja que potser troben avorrits els jocs de coordinació, com ara el Tetris. Cadascú té unes preferències i el factor aprenentatge està relacionat amb l'interès per un tipus de joc o per un altre. La facilitat d'aprenentatge es pot avaluar amb usuaris nous i novells mesurant el temps que triguen a aprendre a fer servir tot el sistema. Però aquest temps és una mica complex de mesurar, ja que en el procés d'avaluació també s'hi hauria d'incloure la necessitat d'entrenament i el nombre d'errors o funcions que no s'han pogut aprendre correctament en el període de temps especificat. Aleshores, és més fàcil comptabilitzar el nombre d'errors que l'usuari fa en la utilització de certs comandaments, la qual cosa és una mica diferent que comptabilitzar els errors en l'execució de tota una tasca sencera. Quan l'usuari s'equivoca, hem de preguntar-li per què ho ha fet malament. Els motius poden ser alguns del següents:

- Hi ha altres programes que ho fan així.
- El programa és similar a alguns equips que ha vist o amb què ha treballat.
- Perquè, segons la representació (icona, nom de la funció, imatge, etc.), la funció hauria de treballar segons la manera que l'usuari pensava.

Aquesta mena d'errors reben el nom d'errors de preconcepció, perquè l'usuari té una idea mental de com s'ha de fer una cosa. La preconcepció de vegades costa més de canviar perquè l'usuari ha de fer l'esforç d'oblidar el que ja sabia i fer-ho d'una nova manera. Un exemple molt clar d'això és posar els accents a les lletres quan es treballa amb teclats americans. Un usuari que s'hagi acostumat a fer servir els accents amb teclats llatins trobarà complicat fer servir els teclats americans per usar els accents, encara que només hagi de fer servir una tecla més). La prova d'aprenentatge permet entrenar l'usuari per a les següents tasques o l'avaluació de paràmetres. Quan un usuari fa una acció incorrecta, cal apuntar-la com un error de desconeixement o com un error de preconcepció (segons el que ens digui l'usuari); en aquest punt, ja se li pot explicar quina és la forma correcta d'operar. Si un usuari completa totes les tasques simples, es considera que ha superat l'etapa d'aprenentatge.

5.4.1.2.- Eficàcia

Està àmpliament acceptat que si un usuari és capaç de fer alguna cosa útil amb el programa, vol dir que és una persona eficient. Així, als usuaris se'ls proposa de fer una tasca relativament complexa, en la qual no només hagin d'aplicar els conceptes del programa amb els comandaments que ja coneixen, sinó que també desenvolupin la capacitat per definir una estratègia pròpia. Aquest és un punt problemàtic, perquè pot ser que alguns usuaris no estiguin gens acostumats a planificar o a definir estratègies. Si un usuari no és capaç de definir una estratègia al cap de cinc minuts, se li explica més detalladament l'activitat perquè pugui veure-la més clarament. Però l'eficiència d'un programa també és una prova sobre l'experiència dels usuaris a l'hora de fer-lo servir. Per això, després d'un cert temps cal repetir aquesta mateixa prova amb els mateixos usuaris a fi de mesurar l'increment de facilitat d'ús o d'eficiència en la

utilització del programa. La forma més comuna d'avaluació de l'eficiència és la mesura del temps que un usuari ha trigat en l'execució d'una activitat complexa, sempre dins d'un grup d'usuaris que coneixen els objectius de la tasca. També es poden mesurar el nombre d'errors que serveixen com a paràmetre de penalització. Com més errors es cometin en una interfície mentre s'utilitza, més dolenta és aquesta interfície i, segurament, als usuaris no els agradarà fer-la servir. L'eficiència de les interfícies persona-màquina depèn molt dels següents factors:

- la capacitat de l'usuari de treure el màxim partit del sistema (o coneixement de l'equip)
- la capacitat de l'usuari per entendre la tasca encomanada
- la complexitat de l'àrea de treball

Si l'usuari no coneix l'equip de treball, la seva utilitat serà molt baixa. En el resultat també hi influeix l'experiència de l'usuari en tasques similars: si mai no ha fet una tasca semblant, aleshores la possibilitat d'obtenir resultats correctes serà molt baixa. Finalment, algunes persones es neguitegen davant el fet d'haver de fer una cosa per primera vegada; així, qualsevol canvi a l'entorn de treball modifica les seves habilitats de cara a realitzar la tasca de manera correcta.

5.4.1.3.- Prestacions

Per analitzar les prestacions cal basar-se en l'avaluació que l'usuari faci de la seva pròpia experiència amb el programa. Cal tenir en compte si el programa és bo o dolent, o si els perifèrics del sistema han agradat o no a l'usuari, etc. A més a més, també cal tenir en compte la satisfacció que sent l'usuari a l'hora de treballar amb ordinadors, ja que hi ha persones no es troben gens còmodes quan fan servir aquests "televisors amb teclats". D'altra banda, els usuaris als quals està dirigit aquest programa sens dubte hi tindran un interès més gran que les persones que no hi tinguin res a veure; també l'interès dels qui es diverteixin amb el programa serà molt diferent del dels qui no estiguin gens interessats per les aplicacions d'ordinador. Aleshores, el grau de satisfacció cal que sigui també un factor a ponderar en l'avaluació del grau d'interès que els usuaris tinguin per fer la prova. Hi ha interessants experiments amb els quals es tracta d'avaluar les prestacions de les interfícies mitjançant aspectes mesurables més científics, com són la mesura de l'EEG, la dilatació de la pupil·la, la freqüència del cor, la conductivitat de la pell, la pressió sanguínia, el nivell d'adrenalina a la sang i altres metodologies que fan que l'usuari es trobi en una situació de treball molt poc normal, ja que per controlar aquests paràmetres cal situar sensors directament en el mateix usuari (damunt del cap, de la pell, del cor o internament) que són realment intimidatoris [NIE 94a].

5.4.2.- Formes de Mesurar els Paràmetres d'Avaluació

Entre les diferents formes d'avaluació que es poden seguir per determinar la qualitat de la interfície, hi ha:

- Observacions dels usuaris
- Entrevistes
- Enquestes
- Avaluacions heurístiques
- Proves de laboratori

Els examinadors mesuren les respostes dels usuaris quan aquests estan treballant amb la interfície. Les avaluacions heurístiques són aplicades per dissenyadors experts que utilitzen diferents eines per verificar la qualitat de la interfície, com ara: verificació per llistes, guies i principis de disseny, experiència general en disseny gràfic, experiència guanyada en la tasca pròpiament dita, etc.

5.5.- Esquema de la Recerca

A la secció anterior hem determinat que molts treballs d'investigació depenen de l'avaluació qualitativa de les respostes dels usuaris i de la quantificació dels errors que ha comès. En aquest treball d'investigació la recerca l'hem desenvolupada en múltiples etapes per poder anar una mica més enllà d'una simple recollida de dades i fer servir múltiples eines d'avaluació a fi d'obtenir una visió més completa del comportament de l'usuari. Aquestes eines d'avaluació les explicarem més endavant.

5.5.1.- Composició de les Proves

El mètode per mesurar les dades relatives als paràmetres definits abans es basarà en un seguit de proves. L'avaluació de cada un dels paràmetres es pot dividir en dos objectius relatius a la funcionalitat que es vol determinar; cada un d'aquests objectius tindrà unes limitacions. A la taula 5.7 presentem els objectius per determinar cada un dels paràmetres, les diferents proves i les limitacions.

Prova	Paràmetre	Objectiu	Limitació
1 ^a	Facilitat d'ús	Intuïtivitat: Capacitat d'identificar les funcions primitives en la interfície.	<ul style="list-style-type: none"> • Un màxim de cinc minuts per a veure la interfície • Sense possibilitat de moure el ratolí (per no fer servir les funcions d'ajuda en línia).
		Aprenentatge: Capacitat de l'usuari de fer servir les funcions i comandaments	<ul style="list-style-type: none"> • Fent servir el ratolí.
2 ^a	Eficàcia	Capacitat de l'usuari de fer servir la interfície en una tasca específica	<ul style="list-style-type: none"> • Executar la tasca encomanada sense cap ajuda externa.
3 ^a	Prestacions	Valoració de l'usuari dels blocs de funcions i comandaments de la interfície.	<ul style="list-style-type: none"> • Després de fer servir la interfície en tasques específiques. Valoració global.
		Valoració de l'usuari sobre les funcions disponibles en la interfície	<ul style="list-style-type: none"> • Després de fer servir la interfície en tasques específiques. Valoració específica.

Taula 5.7.- Objectius en cada secció de treball

Totes les proves es van cronometrar. També vam demanar als usuaris que diguessin en veu alta què era el que estaven fent o allò que volien fer. Tots els comentaris i tots els resultats de les respostes els vam anotar en un qüestionari.

5.5.2.- Metodologia d'Avaluació d'Interfícies

Vam definir també una metodologia per avaluar les interfícies, per a la qual vam tenir en compte les diferents experiències que van sorgir en el procés d'elaboració de la interfície. A continuació expliquem el procés inicial d'avaluació d'interfícies (vegeu la figura 5.4):

- Definició dels objectius de l'avaluació.** Abans d'iniciar l'avaluació de les interfícies cal determinar els objectius per a cada un dels paràmetres i definir les limitacions que els usuaris trobaran en aquesta etapa del projecte. A la taula 5.9 expliquem alguns dels objectius de cada un dels paràmetres que volem avaluar.
- Determinació de l'audiència del sistema.** Aquesta avaluació s'aplicarà al grup d'usuaris potencials del sistema; per tant, cal veure si aquests usuaris tenen alguna característica comuna pel que fa al coneixement, l'experiència, la procedència, etc. Per exemple, si tots els usuaris són experts marins, les preguntes podran incloure conceptes d'aquest camp de treball, però si els

usuaris mai no han treballat amb aplicacions marines, aleshores les preguntes hauran d'expressar-se d'una forma més simple.

- c) **Preparació de les proves.** Cal definir el conjunt de proves que els usuaris han de desenvolupar durant l'avaluació de les interfícies. No es pot iniciar l'avaluació sense haver definit un conjunt de tasques per a l'usuari. Per exemple, les proves per determinar la facilitat d'ús i, en particular, per determinar la capacitat de l'usuari de recordar les funcions i els comandaments de la interfície (aquesta prova no s'avalua sempre).
- d) **Preparació de preguntes clau.** A més de definir les proves, també s'ha de definir el conjunt de qüestionaris que han de contestar els usuaris. Cal considerar totes les possibilitats per poder-hi incloure totes les situacions possibles, tant per fer preguntes a l'usuari com per donar-li respostes en els casos que calgui. Per exemple, si en la definició de l'eficàcia es pregunta a l'usuari com "definir el fons marí", i l'usuari pregunta per què és important aquest aspecte, l'examinador ha d'estar preparat per respondre que es tracta d'una funcionalitat lligada al sistema i que és necessària per marcar un punt de treball, o bé per fer una altra funció específica. En qualsevol cas, l'examinador ha de saber què ha de preguntar i també què ha de respondre.
- e) **Realització de l'avaluació.** Acomplertes aquestes etapes, es pot passar a les etapes d'avaluació.

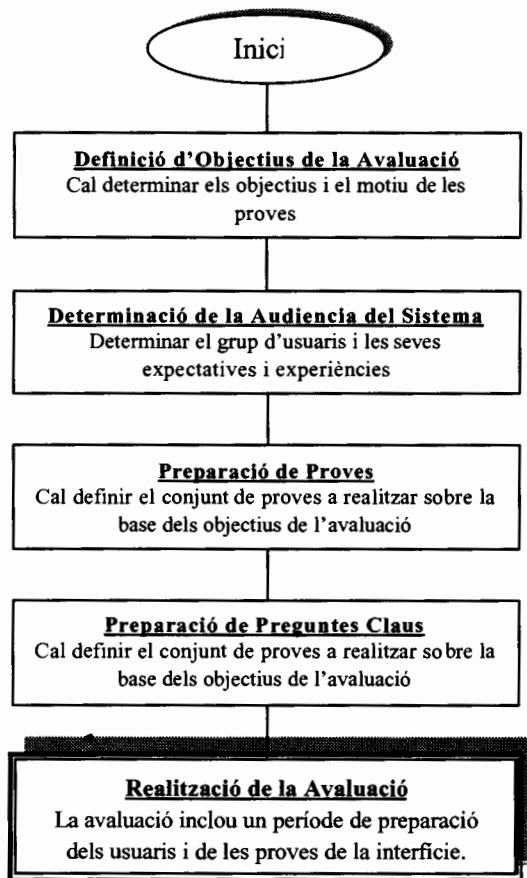


Fig. 5.4.- Procés inicial d'avaluació d'interfícies

5.5.3.- Realització de l'Avaluació

Per iniciar les proves calia definir un conjunt d'eines i l'entorn de treball per fer les enquestes i les avaluacions als usuaris. Així mateix s'havia de recollir tota la informació dels usuaris per efectuar una anàlisi basada en la població de prova. Abans d'iniciar l'avaluació en el grup d'usuaris definit pel sistema, cal donar-los la informació bàsica relativa a la natura de les proves.

5.5.3.1.- Informació d'Inici

Abans d'iniciar les proves vam informar els usuaris sobre dos temes: un era relatiu a la forma, i tenia a veure amb la manera com l'usuari havia d'interpretar l'entrevista; l'altra prova era de fons, i estava relacionada amb la informació bàsica que es treballaria en l'avaluació del software. La informació de forma pretenia tranquil·litzar els usuaris de cara a l'entrevista. La figura 5.5 mostra la metodologia que cal seguir per desenvolupar aquestes proves.

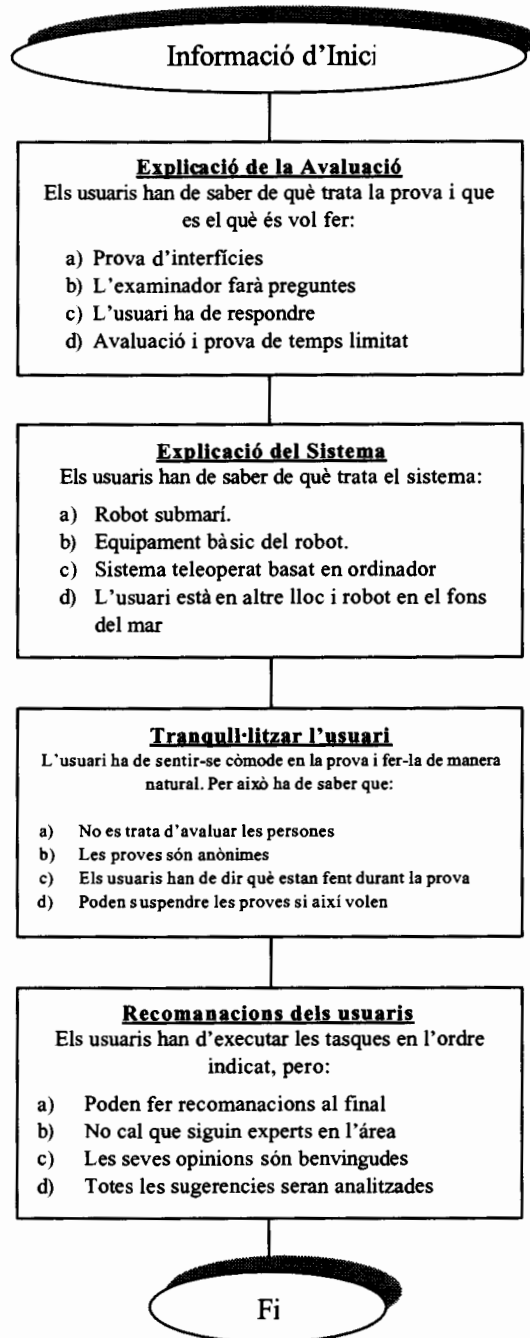


Fig. 5.5.- Informació d'inici per als enquestats

5.5.3.1.1.- Explicació de l'Avaluació

Es va explicar als usuaris que:

1. Aquesta és una prova de valoració d'ús i utilització de la interfície. No es tracta d'avaluar l'usuari ni els seus coneixements.
2. L'examinador farà un conjunt de preguntes en el transcurs de la prova relatives al sistema i a la situació de l'usuari.
3. L'usuari ha de respondre les preguntes de l'examinador i pot donar tota la informació que vulgui.
4. L'enquesta és de temps limitat. La prova trigarà una estona d'acord amb el rendiment de l'usuari: en el pitjor dels casos, una hora i mitja.
5. La interfície està en una etapa de prova i, per tant, algunes funcions encara no estan totalment definides.
6. Qualsevol recomanació per millorar la interfície i el projecte serà benvinguda.

5.5.3.1.2.- Explicació del Sistema

També es va donar informació de fons sobre el sistema. Aquestes dades serveixen per informar l'usuari de què tracta el sistema amb què treballa. La informació era la següent:

1. Amb aquesta interfície es pot conduir un robot submarí. L'usuari no necessita tenir coneixements específics sobre els robots, ni tan sols haver-ne vist mai cap.
2. El robot té motors que li permeten pujar, baixar, anar cap endavant, cap endarrere, a la dreta, a l'esquerra, i girar a la dreta o a l'esquerra. Una part de la tasca que hauria de fer l'usuari seria controlar aquests moviments.
3. Aquest és un sistema de teleoperació basat en un ordinador. El robot està dins del mar i en mode operatiu.
4. L'usuari està en un vaixell de partida, però també podria estar en qualsevol altre lloc. L'usuari farà servir aquesta interfície per conduir el robot, però no és l'única eina, ja que hi pot haver una altra pantalla amb informació del vídeo real del sistema.

Amb aquesta mínima informació vam pensar que els usuaris entendrien les interfícies de treball. No els vam fer cap comentari sobre les eines de realitat virtual que es van utilitzar a les interfícies ni sobre els comandaments necessaris per fer-la servir, ja que ens interessava veure les habilitats que tenien els usuaris per descobrir aquestes funcions per si mateixos.

5.5.3.1.3.- Tranquil·litzar als Usuaris

Després de realitzar una dotzena d'avaluacions inicials, vam arribar a la conclusió que els usuaris no estaven còmodes durant les proves, ja que la majoria creien que eren per avaluar el seu rendiment. Tenint en compte aquest fet, vam repetir les proves després d'haver informat els usuaris de la seva privacitat. Així, se'ls va dir que:

1. Aquestes proves són per avaluar la utilització de la interfície i no l'usuari. No interessa avaluar el rendiment de les persones com a individus. Això vol dir que les seves respostes s'utilitzaran per elaborar les estadístiques de rendiment de la interfície però, en cap cas, no es tracta d'una avaluació personal.
2. Les proves són totalment anònimes. Les dades que se n'extreguin no es publicaran i només serviran per a estimacions de tipus estadístic.
3. L'usuari només ha de respondre sobre l'ús de la interfície i no ha de preocupar-se per res més. Es considera normal que hi hagi errors i que calgui temps per fer les proves.
4. Les proves es poden suspendre en qualsevol moment. Si l'usuari no se sent bé fent-les o no té l'humor adequat, pot retirar-se.

5.5.3.1.4.- Recomanacions dels usuaris

Una norma per motivar un grup és escoltar cada persona, preveure la retroalimentació que es farà de les seves apreciacions i extreure'n les bones idees. En aquesta etapa es tracta d'acceptar les recomanacions dels usuaris i estimular el suggeriment d'idees. Entre altres coses, cal donar informació als usuaris a l'hora de començar les proves. Cal dir-los que:

1. Poden fer recomanacions al final de les proves. Els usuaris han de saber que la majoria de les seves recomanacions seran més ben rebudes quan finalitza la prova, però també han de sentir-se lliures per fer comentaris en qualsevol moment.
2. No cal que siguin experts en la matèria per donar opinions. Els usuaris poden sentir-se intimidats quan han de provar una interfície que funciona a partir de sistemes de robots teleoperats i basada en realitat virtual; les seves necessitats podrien estar més associades a la realitat de l'usuari normal.
3. Totes les opinions dels usuaris són molt importants i, per tant, benvingudes, ja que serviran per millorar el sistema.
4. Es tindran en compte tots els comentaris a l'hora de millorar el sistema. La confirmació per part de l'examinador que totes les idees seran analitzades fan que l'usuari senti que té el suport d'algú.

5.5.3.2.- Distribució dels Usuaris

Durant el desenvolupament de les proves vam intentar agrupar persones de diferents perfils professionals, de distintes nacionalitats i d'una àmplia diversitat de coneixements a fi d'abastar el més ampli marc possible. El grups d'usuaris que es van definir són (vegeu la taula 5.8):

<i>Pais d'Origen</i>	<i>Nombre de persones</i>
Argentina	1
Colòmbia	4
Emirats Àrabs	1
Espanya	4
Estat Units	5
Filipines	1
França	2
Japó	2
Corea	6
Mèxic	4
Portugal	1
Veneçuela	22
Xina	8

Taula 5.8.- Pais d'origen dels usuaris del sistema

Si agrupem els usuaris segons la llengua que parlen, ens trobarem que alguns parlen llengües semblants i que, en general, presenten una diversitat cultural molt gran. Malgrat que hi ha vint-i-tres persones de llengües no romàniques (no relacionades amb el llatí), aquestes persones han viscut en països de parla hispana i coneixen perfectament la llengua castellana. D'aquest grup, disset persones (28%) són dones, i la resta, homes (72%). La distribució d'usuaris segons el grau de coneixements d'ordinadors va ser la següent: cinc (8,2%) eren usuaris experts, trenta-un (50,8%) eren usuaris normals i vint-i-cinc (41%) eren usuaris ocasionals o amb poca experiència. De tot el grup només tres persones (4,9%) eren usuaris experimentats en jocs informàtics, mentre que els altres mai no havien fet servir cap mena de joc.

5.5.3.3.- Selecció de les Preguntes de la Interfície

Entre les preguntes que vam fer, n'hi havia d'específiques per a la interfície "A", altres per a la interfície "B" i altres aplicables a totes dues interfícies. Malgrat que, en conjunt, les interfícies contenien la

mateixa informació, en alguns casos calia fer servir alguna funció addicional per extreure alguna informació. Les preguntes que es van fer són les següents:

- **Preguntes del tipus “informatiu”**: són les funcions de la interfície que només donen informació a l'usuari.
- **Preguntes del tipus “acció” (comandament)**: són les funcions de la interfície que provoquen una acció en el sistema o que poden canviar algunes característiques de la interfície.

5.5.4.- Definició de les proves

Uns dels objectius del projecte era dissenyar un programa intuïtiu i fàcil d'usar per a la teleoperació de robots. Per arribar a aconseguir això calia establir un procediment específic per determinar els paràmetres de la interfície que donés un valor que permetés una interpretació i una comparació correctes. Com que vam dissenyar dos tipus d'interfícies a partir de dos esquemes de treball diferents, calia comparar totes dues interfícies per determinar-ne la satisfacció final de l'usuari. Una manera de veure quin és el grau de satisfacció final és diferenciant el grup d'usuaris:

- Un grup treballa primer amb la interfície “A” i després amb la “B” en una tasca de conducció.
- Un grup treballa primer amb la interfície “A” i després amb la “B” en una tasca de cerca.
- Un grup treballa primer amb la interfície “B” i després amb la “A” en una tasca de conducció.
- Un grup treballa primer amb la interfície “B” i després amb la “A” en una tasca de cerca.

Vam analitzar l'opinió d'aquests quatre grups per determinar la qualitat de totes dues interfícies. Per fer la prova de rendiment l'usuari hauria d'haver passat la prova d'intuïtivitat i la d'aprenentatge; per tant, quan arribava a la prova de rendiment l'usuari ja tenia uns coneixements bàsics sobre el funcionament de la interfície. Com que per fer la prova de memorització calia que l'usuari treballés amb la interfície un altre cop, vam aprofitar l'ocasió per realitzar una segona prova de rendiment, i vam avaluar també la quantitat d'errors que l'usuari havia fet durant la prova. El nivell de satisfacció és un factor que de vegades depèn de l'interès que l'usuari té per utilitzar el programa; per això la prova de satisfacció també es repeteix. Així doncs, de cada usuari tindrem dos valors per a la prova de rendiment, dos per a la prova de memorització i dos per a la mesura de satisfacció. Aquesta dualitat de valors permet veure l'evolució de la preferència dels programes de l'usuari després d'haver-los fet servir.

5.5.4.1.- Per a la Determinació de la Facilitat d'ús

La facilitat d'ús es va mesurar de tres maneres diferents. En la prova d'eficiència (rendiment) l'usuari havia de dur a terme una tasca sencera tot sol. És a dir, se li va demanar una acció complexa que havia de ser capaç de fer tot sol; l'usuari també sabia que el temps d'execució era important, així com la correcta selecció de comandaments i del procediment a triar per fer l'activitat. Per verificar aquesta dada, la prova es va realitzar dues vegades, cada una amb característiques diferents (diferents metes). La valoració dels perifèrics d'entrada es va avaluar d'una manera similar, però amb diferents eines (ratolí, teclat i ratolí tàctil). El motiu pel qual es van provar els perifèrics és que aquests també defineixen l'eficiència dels usuaris quan interaccionen amb les interfícies.

5.5.4.1.1.- Prova d'Intuïtivitat

El nivell amigable i d'intuïtivitat es va mesurar seguint els següents passos amb l'usuari:

1. Se li va presentar la interfície a avaluar.
2. Se li va permetre veure la interfície entre un màxim de cinc minuts i un mínim d'un minut. En aquesta fase l'usuari no podia moure el ratolí per evitar que activés les ajudes en línia. Tampoc no podia tocar el teclat.

3. Se li va preguntar el significat de tota la pantalla, incloent-hi cada icona, cada control i cada finestra. En aquesta fase, només se li va preguntar: "Què pots identificar a la interfície?" L'usuari havia de donar almenys una resposta amb relació a la funcionalitat de la interfície. No preteníem que la resposta de l'usuari fos totalment encertada.

Aquesta prova es va avaluar d'acord amb el nombre de funcions generals que l'usuari va ser capaç d'identificar. No preteníem que l'usuari exposés totes les característiques de la funció, sinó que digués la idea general de base. La prova del nivell amigable i d'intuïtivitat jugava amb la memòria de curt termini (short term memory) i la semiòtica. La semiòtica és la ciència que estudia els símbols i la manera com les persones assignen als símbols un significat (els usuaris han de ser capaços d'identificar les icones i comprendre-les). La memòria de curt termini, també coneguda com iconic buffer o "preprocessament de l'atenció" (pre-attentive processing), és la memòria mitjançant la qual l'usuari recorda les imatges i els dona sentit a partir de la seva experiència. Per exemple, si un usuari es fixa només una dècima de segon en una imatge de símbols de la figura 5.6, després només podrà recordar-ne una petita part. Normalment podrà recordar entre 3 i 7 elements [WAR 00]. En el cas de les interfícies, els usuaris poden veure tota la interfície, però han de donar un significat a tot el conjunt.

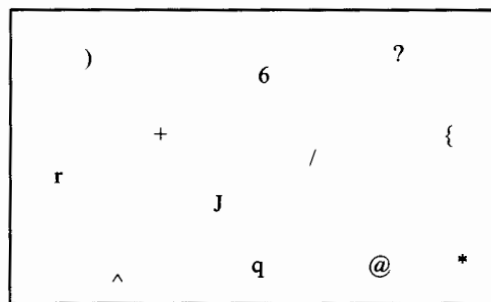


Fig. 5.6.- Prova de memòria de curt termini

El nivell amigable i la intuïtivitat d'una interfície persona-màquina permeten saber si per a l'usuari és fàcil trobar les funcions i la informació presents a la pantalla. Es tracta d'una prova simple per als usuaris experts, acostumats a treballar amb programes d'ordinador. Aquesta prova està relacionada amb la facilitat d'ús, però no té en compte els factors que no es veuen a la interfície, com ara:

- a) Comandaments del teclat
- b) Funcions interactives
- c) Funcions amagades
- d) Coneixements específics de la tasca i del sistema
- e) Preconcepcions del funcionament d'alguns comandaments

En aquest últim cas l'usuari pot saber per a què serveix un comandament, però pot ser que no en sàpiga el funcionament complet. Posem per exemple les tecles de moviments del robot: un usuari pot saber per a què serveixen aquestes tecles, però pot ser que pensi que la tecla que fa anar endavant és la tecla que, en realitat, permet el moviment cap endarrere. Això seria un "error" si l'usuari no tingués cap idea de com es mou el robot, però seria un "error de preconcepció" si l'usuari pensés que aquestes tecles han de tenir un moviment específic d'acord amb alguna idea prèvia. D'altra banda, l'error és més greu si l'usuari intenta fer servir la mateixa tecla per fer dos moviments diferents. Per exemple, imaginem que l'usuari té el robot mirant cap a ell a la pantalla i vol fer-lo anar endavant; en aquest cas, pot ser que faci servir la tecla d'anar endavant correctament; però després, quan el robot està girat d'esquena (en direcció contrària) i l'usuari intenta anar altre cop endarrere, pot ser que intenti fer servir el mateix botó que abans: el d'anar endavant. Aquest és un error d'orientació espacial. Els comandaments al teclat es poden considerar intuïtius si tenen un etiquetatge específic que permeti que els usuaris reconguin les funcions que representen o si el funcionament està associat a tasques normals (per exemple, una calculadora serà fàcil d'usar si fa servir el teclat numèric). El teclat comercial del WIN95 (Win 98, Win2k i ara Win XP) té un parell de tecles (una a la dreta i una altra a l'esquerra) que permeten activar la barra d'activitats; aquestes tecles són intuïtives, perquè tenen una figura que n'identifica l'activació amb aquest programa. Però no és gens fàcil determinar què fan les tecles de funcions (F1, F2... F15) si no porten una indicació addicional; a

més a més, en el passat hi havia programes que feien servir CTRL-H per cridar les ajudes, mentre que altres les cridaven només amb la tecla F1. Durant la prova d'intuïció, si hi ha alguna cosa que l'usuari no sap, no se li explica de seguida, sinó que se li diu que ja ho veurà després. Això es fa perquè qualsevol explicació en aquesta etapa podria afectar la següent prova.

5.5.4.1.2.- Prova de Facilitat d'Aprenentatge

Aquesta prova es realitza un cop els usuaris han superat l'etapa de determinació del nivell amigable i d'intuïtivitat; per tant, en principi els usuaris ja tenen un cert grau de coneixement del sistema. Les dades s'elaboren durant les proves de facilitat d'ús i la prova s'efectua en dues etapes:

1. Primera avaluació de memorització: durant la prova de determinació de la facilitat d'ús es comptabilitza el nombre de funcions diferents que l'usuari fa malament. Només es comptabilitzen les funcions que utilitza de forma errònia. És a dir, l'usuari pot fer servir malament dues funcions cinc vegades cada una: això suposa un total de deu errors, però significa que són dues funcions de les quals l'usuari té una mala interpretació. Ha memoritzat malament dues funcions.
2. Segona avaluació de memorització: després de la prova de determinació de la facilitat d'ús, es pregunta a l'usuari si recorda el funcionament d'algunes funcions i per a què serveixen. Aquesta prova ens dóna un resultat en percentatges d'acord amb les funcions importants que l'usuari ha pogut interpretar.

La facilitat d'ús està relacionada amb la facilitat que té l'usuari de fer una tasca, i també amb la seva capacitat per fer les coses que se li demanen. D'altra banda, la facilitat d'aprenentatge també està associada a aquest paràmetre. Aquesta prova es va valorar de la següent forma:

1. Es dóna a l'usuari un pla de la zona de treball i se li demana que hi indiqui on és el robot, on és el vaixell i quina és la direcció del nord (dades bàsiques d'ubicació).
2. Es demana a l'usuari que faci accions simples. Aquestes accions les hem classificades de les dues maneres següents:
 - a) **Accions operatives** (control): l'usuari és capaç de controlar el robot, és a dir: moure el robot cap endarrere, girar cap a l'esquerra, augmentar-li la potència, enfocar el robot, desar la informació en un disc, activar l'operació de braços, veure un objecte en el fons, etc.
 - b) **Informació del sistema** (visualització): l'usuari sap on és (localització i orientació) i sap obtenir informació del sistema. Per exemple: on és el nord, on és el robot en un pla general de l'àrea de treball, quin és l'estat intern del sistema, com canviar el punt de vista, com canviar el punt de vista dins del robot, quina és la profunditat estimada, quina és la velocitat estimada d'operació, quina és la localització general del vaixell mare, etc.
3. Es comptabilitza el nombre d'errors que l'usuari fa en cada una de les accions operatives i en les d'informació del sistema. Cal preguntar a l'usuari per què fa de manera errònia una determinada acció a fi d'identificar i separar els errors d'interpretació (preconcepció) i els errors propis del desconeixement de l'operació de la interfície (o els assaigs i errors que l'usuari vulgui practicar).
4. Si hi ha alguna operació que l'usuari no ha pogut fer correctament, immediatament se li explica com actuar i, al final de la prova, se li demanarà que faci una altra vegada la mateixa activitat. Així es podrà veure si l'usuari ha estat capaç de retenir o aprendre la funció del comandament que se li va explicar anteriorment.

La idea d'analitzar la utilització de la interfície en dues parts prové del fet que, efectivament, hi ha dos aspectes relacionats amb l'operació d'aquest robot. Un aspecte és que l'usuari sap com moure'l i és capaç de fer servir les funcions de la interfície (control del sistema). Un altre aspecte és la informació del sistema. Aquesta no és una acció pròpiament dita de la interfície, sinó que és la interpretació de la informació present a la interfície o la capacitat que té l'usuari de cercar aquesta informació (visualització de la informació). Per a les persones amb experiència en la utilització d'ordinadors operar amb la interfície és

fàcil. La capacitat d'entendre la informació està més relacionada amb el coneixement de la tasca i de les operacions submarines i, per tant, és més fàcil per a les persones amb experiència en aquesta àrea. De fet, els usuaris d'ordinadors poques vegades necessiten saber on és el "nord" per fer servir un programa: però per a qualsevol persona amb experiència en navegació marina sap que aquesta dada és molt important per conduir un vehicle marí.

5.5.4.2.- Eficàcia de les Tasques

Aquestes proves depenen en gran part dels usuaris i de la complexitat que presentin les tasques. Vam demanar als usuaris que fessin la prova en veu alta i que comentessin les operacions que anaven fent per poder determinar si les accions que duïen a terme estaven relacionades amb la tasca que se'ls havia encomanat. De tota manera, aquesta part de l'avaluació és una mica subjectiva, ja que l'examinador ha de veure totes les accions de l'usuari i si les funcions estan relacionades amb les tasques. A més, quan l'usuari no fa cap comentari, l'examinador està obligat a parlar-hi. Aquesta és una situació que no sempre és recomanable, ja que l'usuari es distreu, però és l'única forma d'extreure dades addicionals de la prova, com ara: coneixements de l'usuari sobre la ubicació de la direcció nord, localització del robot en un pla, localització del vaixell mare, altres dades del sistema, etc. Com que tenim dues interfícies, s'ha de fer la prova amb totes dues: un grup iniciarà la prova amb la interfície "A" i després farà la mateixa prova amb la interfície "B", mentre que l'altre grup farà el contrari. Aquesta prova és una continuació de l'anterior (resultat de les proves de determinació de la facilitat d'ús) i, per tant, un grup d'usuaris, després d'identificar totes les icones a partir de les dades simples que l'examinador els ha demanat, completava la tasca d'operació especificada per l'examinador. En aquest cas, a fi d'avaluar el rendiment, els usuaris treballaven en llibertat (excepte en molt poques ocasions). Es van separar els dos grups perquè treballassin les interfícies en una de les dues tasques i per veure com feien servir les diferents eines de la interfície. Les tasques que es van definir van ser les dues següents:

- Conduir el robot fins a un punt que no es veia a la primera interfície i que, per tant, obligava els usuaris a buscar el punt cap a on volien anar (però que es podia senyalar en un pla extern). Aquesta tasca és relativament simple, però exigeix que l'usuari sigui capaç d'engegar els motors i que desplaci el robot en la direcció correcta. A l'usuari només se li diu que ha d'anar cap a un punt situat al centre del fons, que és un punt clarament diferent (verd clar) i que es veu fins i tot en un canvi de punt de vista general. Aquesta prova es coneix pel nom de primed search, ja que l'usuari pot arribar al mateix lloc si desenvolupa el sentit de l'orientació [DAR 99, BOW 99].
- Cercar un objecte que s'ha enfonsat en alguna part del fons. L'usuari havia de ser capaç de moure el robot, però havia de posar més èmfasi a canviar el punt de vista per facilitar la cerca d'objectes. Per dur a terme aquesta tasca s'han de fer servir més funcions i, per tant, es tracta d'una tasca més complexa. En aquest cas es descriu l'objecte com un cub de color fosc ubicat en algun lloc amagat del fons. Aquesta prova es coneix amb el nom de naive search, ja que l'usuari ha de ser capaç de trobar alguna cosa que mai no ha vist (malgrat que en té una descripció general) i que no sap on és, i que ni tan sols no sap cap on s'ha d'adreçar. L'usuari ha de definir la seva estratègia per trobar aquest objecte [DAR 99, BOW 99].

5.5.4.2.1.- Valoració dels Perifèrics d'Entrada

Aquesta prova es va avaluar de la següent forma:

1. Es demana a l'usuari que faci una acció complexa, com assolir un treball que involucri moltes funcions individuals, que l'usuari ha de ser capaç de determinar per ell mateix. Per exemple: anar cap a un punt que no es veu a la pantalla (conducció amb canvi de punt de vista) o cercar un objecte en el fons del mar (cerca d'objecte amb canvi de punt de vista). Però abans de començar la prova se li demana que verifiqui la configuració del robot.
2. Es comptabilitza el nombre d'errors que l'usuari fa en tota l'activitat. Aquesta dada també serveix per validar la prova d'aprenentatge. A la primera prova de rendiment s'han de

comptabilitzar els errors d'execució de comandaments (s'equivoca en el comandament que vol fer servir) i els errors de procediment (fa servir un procediment erroni per executar la tasca encomanada). Per exemple, un error d'execució de comandament podria ser quan l'usuari vol enfocar el robot i mou cap amunt la tecla d'anar endavant (aquest també podria ser un error de preconcepció). Un error de procediment podria ser que l'usuari se n'anés endavant per acostar-se a un punt és allunyat del punt a què vol arribar (aquest és un cas típic que es dona quan l'usuari no verifica el seu punt de vista i està treballant erròniament). En la segona prova, la de rendiment, no es diferencia entre els tipus d'error, ja que el que es vol mesurar sobretot és la capacitat de recordar els comandaments apresos.

3. Es mesura el temps que l'usuari triga a fer l'activitat. La duració de la prova està determinada en el rendiment de l'aplicació, si bé cal considerar que en aquest temps també s'hi inclouen altres proves que es fan paral·lelament, com són preguntar a l'usuari si sap on és el nord o preguntar-li si sap ubicar el robot en un pla a part. Així doncs, el temps d'execució en aquests casos és més llarg que en un cas normal.
4. Es considera el grau de compliment de l'activitat. L'usuari determina quan ha acabat l'activitat i, d'acord amb l'objectiu final, es valora el compliment de la tasca. Si l'usuari triga molt de temps quan està a punt d'acabar-la (més d'una hora), la prova se suspèn, però s'accepta que l'usuari ha complert la tasca (pot ser que l'usuari vagi més enllà de l'objectiu de la tasca i intenti, per exemple, arrossegar l'objecte). En aquest cas, la tasca es considera acomplerta perquè l'usuari ha fet allò que se li havia demanat.
5. Es presenta altre cop a l'usuari el pla de la zona de treball (de la prova d'aprenentatge o el primer pla que havia treballat abans) i se li pregunta on és el vaixell i on és el robot. Aquest és un problema molt interessant perquè es tracta de localitzar objectes en l'espai i, com es pot comprovar, no totes les persones tenen aquesta capacitat [CHE 99, RUD 99, VIN 99, BOW 01, GER 01a].
6. Es demana a l'usuari que salvi l'activitat realitzada.

Cada vegada que l'usuari canvia de punt de vista se li pregunta on és el nord i on és el vaixell. Quan està al mig de la prova se li demana que verifiqui les dades internes del robot. En el transcurs d'aquesta prova vam aprofitar per fer una valoració del rendiment dels perifèrics d'entrada. Aleshores, vam separar els usuaris en grups per fer proves del teclat, del ratolí i de la taula de control en la qual l'usuari pot situar el cursor amb el dit.

5.5.4.3.- Per a la Determinació de les Prestacions

La determinació de les prestacions d'un programa es basa en la valoració dels usuaris dels comandaments i de la informació de la interfície, i també en la seva opinió respecte a la utilització dels diferents elements de la interfície. En aquest cas, es volia valorar la satisfacció de l'usuari respecte a tres grans aspectes: la facilitat d'ús, la quantitat d'elements de la interfície i la distribució d'aquests elements. La facilitat d'ús es va subdividir en diferents aspectes, exposats a continuació:

- Facilitat d'ús dels comandaments: dades i gràfics. Fa referència a l'opinió de l'usuari respecte a l'ús de la interfície en general, dels perifèrics d'interacció i de la facilitat de les dades. En aquesta pregunta només es volia avaluar la facilitat i la comoditat del sistema.
- Quantitat de comandaments i funcions: dades i gràfics. Fa referència a l'opinió de l'usuari respecte a la quantitat d'elements de la interfície (dades de visualització i comandaments d'acció) per operar amb el robot. Es pregunta a l'usuari si troba que les funcions són completes i si les ha trobades complexes. Un altre aspecte que es volia valorar era si les icones estaven relacionades amb els comandaments que executen.
- Distribució de la interfície (pantalla), dades i comandaments. La idea d'aquest apartat era veure com els usuaris avaluaven la distribució d'una interfície respecte de l'altra.

Aquestes tres variables es van aplicar tant a la visualització de les dades i els gràfics com a les funcions i els comandaments. Així doncs, aquesta secció estava composta per sis preguntes, tres relacionades amb la visualització i les altres tres relacionades amb el comandament.

5.5.5.- Resum del Procés d'Avaluació

En aquest capítol es va il·lustrar el procediment per realitzar l'avaluació d'interfícies fent servir els paràmetres d'avaluació. La taula 5.9 presenta un resum de les preguntes clau i dels procediments que s'han de seguir per a la realització de les avaluacions.

Paràmetre	Procediment / Pregunta clau	Element
Facilitat d'Ús	Intuitivitat: ¿Què pots identificar a la interfície?	Usuari
	Aprentatge: ¿Com es pot fer aquesta funció? - ¿Què significa aquesta informació?	
Eficàcia	Prova d'execució: mesura de temps i errors	Tasca
Prestacions	Satisfacció general: Valoració de l'usuari relativa a: <ul style="list-style-type: none"> ○ Facilitat d'ús ○ Quantitat d'elements ○ Distribució de la interfície (pantalla) 	Interfície

Taula 5.9.- Paràmetres i procediment per a l'avaluació d'interfícies

A la figura 5.7 presentem un esquema gràfic dels sets passos a seguir per a la realització de l'avaluació d'interfícies. La primera etapa, la de donar informació a l'usuari, l'hem descrita a la figura 5.5.

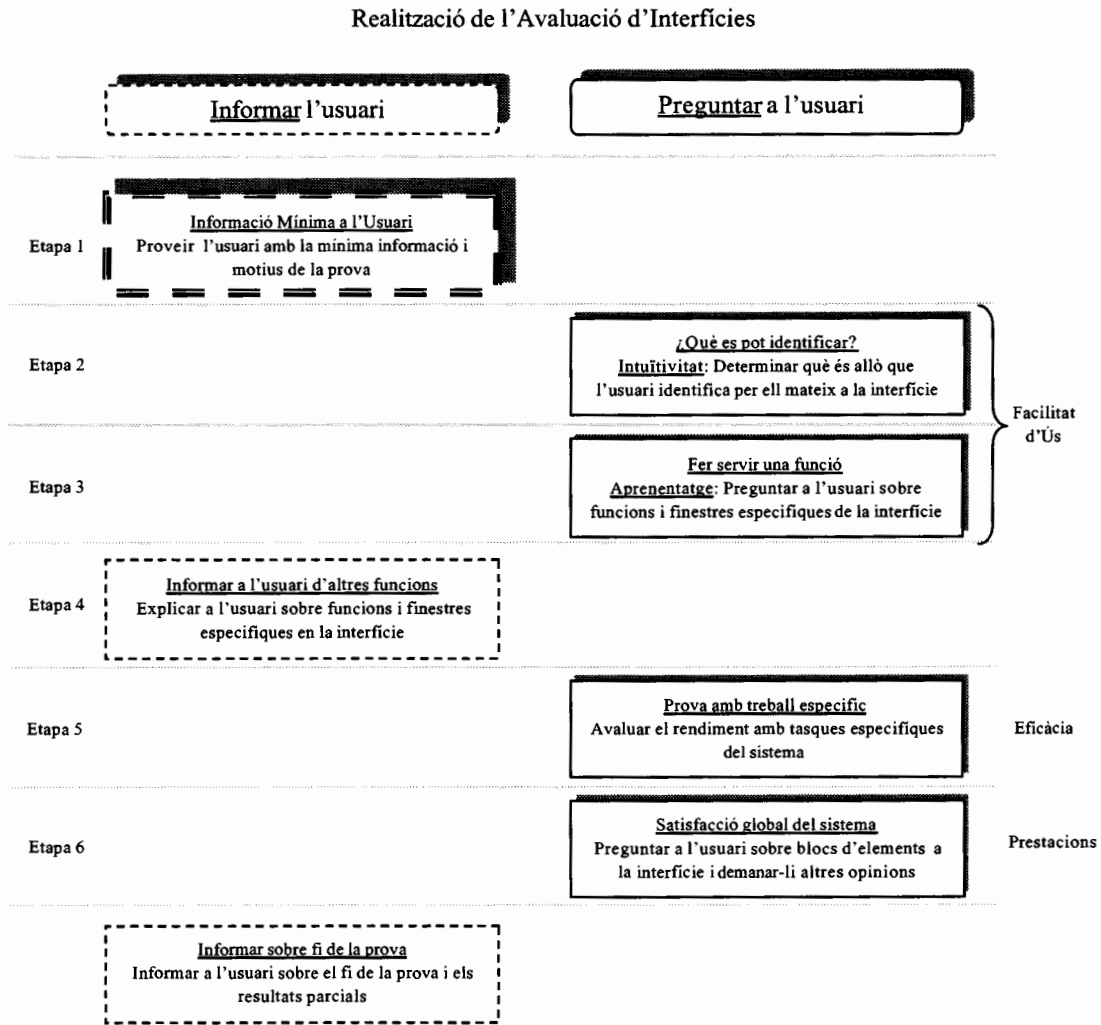


Fig. 5.7.- Procediment per la realització d'avaluacions d'interfícies

Aquest procediment simplificat per a l'avaluació d'interfícies és molt adequat per analitzar altres sistemes. Les etapes a seguir són les següents:

1. Informació mínima a l'usuari. A la secció 5.5.3.1 expliquem detalladament aquest procediment d'informació sobre els objectius de la tesi i la manera d'optimitzar el procés d'avaluació i les enquestes dels usuaris.
2. ¿Què es pot identificar? Les primeres preguntes fan referència a la facilitat d'ús de la interfície, en particular a la intuïció inherent que l'usuari pugui tenir per descobrir-hi les funcions.
3. Fer servir una funció. L'altra pregunta està relacionada amb la capacitat d'aprenentatge de l'usuari sobre les funcions i les dades de la interfície.
4. Informar l'usuari d'altres funcions. Abans de continuar cal donar a l'usuari una informació mínima perquè es faci una idea de què és el que s'espera d'ell en l'execució de la tasca.
5. Provar amb un treball específic. La utilització de la interfície per a tasques reals o simulades permetrà oferir una idea de com els usuaris es comporten amb el sistema, alhora que en serà una mostra del rendiment i de la productivitat.
6. Satisfacció global del sistema. Al final de la prova els usuaris han de donar les seves opinions i respondre sobre el nivell de satisfacció de la interfície.
7. Informar sobre la finalitat de la prova. Un cop finalitzades les proves, cal demanar als usuaris que facin suggeriments o comentaris sobre la mateixa prova. També cal donar a l'usuari una idea de quin ha estat el seu rendiment amb el sistema.

5.5.6.- Comparació de l'Índex d'Interfícies i els Paràmetres d'Avaluació

L'índex de les interfícies definit al capítol 3 estava molt bé per fer una anàlisi ràpida de les interfícies sense aprofundir en la funcionalitat real o simulada. Una mesura qualitativa de la interfície basada en fets és positiva per a moltes aplicacions, com ara:

1. Avaluar interfícies sense poder provar-les directament. En aquesta tesi, no disposàvem directament de moltes de les interfícies descrites en el capítol 2, sinó que solament les podíem avaluar a partir de les informacions exposades en articles o a partir d'altres referències. Aleshores era impossible determinar-ne la funcionalitat sense caure en el perjudici d'opinions personals. L'índex ofereix una forma simple d'avaluació.
2. Determinar el grau de complexitat amb què els usuaris del sistema estan acostumats a treballar. Si ja es disposa de la interfície, aquest índex podria indicar amb quin grau de complexitat els usuaris tradicionals estan acostumats a treballar, i això permetria desenvolupar un altre sistema semblant en termes de complexitat d'informació.
3. Permet comparar dues o més interfícies sense haver de treballar-les completament.

A la taula 5.10 presentem una comparació dels mètodes d'avaluació:

<i>Mètode d'Avaluació</i>	<i>Temps / Complexitat</i>	<i>Característiques</i>
Índex d'interfícies	Ràpid / Fàcil (interfície)	<ul style="list-style-type: none"> ○ No és precís ○ No ofereix informació sobre la ergonomia (satisfacció dels usuaris) ○ No dona informació de la productivitat
Paràmetres d'avaluació	Lent/ Complex (usuaris)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Precís ○ Ofereix informació sobre la satisfacció dels usuaris ○ Dona informació sobre la productivitat

Taula 5.10.- Comparació dels mètodes d'avaluacions desenvolupats en aquesta recerca

Capítol 6

Resultats de les Proves d'Interfícies Persona-Màquina (HMI)

“A thing well said will be wit in all languages.”

John Dryden
(1631–1700) English poet

Capítol 6. Resultats de les Proves d'Interfícies Persona-Màquina (HMI)

6.1.- Introducció

S'han desenvolupat dues interfícies persona-màquina (HMI) basades en dos principis d'informació: visualització de les dades o més control. En aquesta secció es presenten els resultats de les proves realitzades sobre la qualitat de la interpretació dels usuaris quant a les imatges que se'ls presenta i les funcions de què disposen per assolir les tasques encomanades. A més a més, s'avalua el rendiment general fent servir unes tasques determinades. Les interfícies amb dos esquemes de distribució es presenten per separat a grups diferents d'usuaris per determinar-ne els beneficis.

Abans d'iniciar la presentació dels resultats de les proves, cal considerar que aquests usuaris mai no havien treballat amb sistemes teleoperats o robots i no coneixien el sistema per al qual estava dissenyada la interfície (ni les interfícies de treballs marins ni el robot submarí Garbí). Una de les consideracions més importants abans d'iniciar les proves i les enquestes va ser l'explicació de l'orientació i la funcionalitat del sistema (sense explicar les comandes i la informació de la interfície), per donar als usuaris un mínim d'informació de què es volia obtenir d'ells. Aquesta explicació es va fer sense tenir l'ordinador a prop, per no deixar cap possibilitat que els usuaris poguessin veure el sistema amb què havien de treballar.

En el capítol 5 es va estudiar els diferents paràmetres que serveixen com a punt de mesura i partida per a la valuació dels usuaris, així com una definició del procediment de les proves. Aquests paràmetres s'utilitzen aquí per mesurar les diferents tasques que s'encomana a un grup de 24 usuaris, als quals es va efectuar quatre proves diferents (que consistien en més de quatre avaluacions diferents per cadascun dels usuaris). Les proves van representar al voltant de 200 hores d'enquestes. Aquesta etapa es va realitzar durant més de sis mesos de feina per a la recollida de tota la informació; el temps d'anàlisi de la informació va ser encara més llarg.

6.2.- Selecció de les Preguntes de la Interfície

Una de les preguntes més significatives durant l'avaluació va ser la ubicació del robot: l'usuari pot veure el robot en una posició, però per moure'l s'ha de considerar la posició del robot i no la posició de l'usuari. Aquesta dualitat de posicions (o punts de vista: usuari-robot) no va ser gens compresa per les persones que hi participaven. A més a més, entre les preguntes que es van fer n'hi havia que només feien referència a la interfície A, altres que només eren per a la interfície B i altres que s'aplicaven a les dues interfícies. Això era degut al fet que algunes preguntes en concret es referien a funcions que només tenien en pantalla aquestes interfícies.

Al capítol 4 es pot veure que cada interfície està dissenyada amb principis diferents (igual que moltes interfícies per a aplicacions comercials). Les preguntes són les següents:

- **Preguntes de tipus "informatiu"**: funcions de la interfície que només donen informació a l'usuari. Es vol determinar la capacitat de l'usuari per obtenir informació del sistema i les facilitats de visualització de la interfície.
- **Preguntes del tipus "comandament"** (acció): funcions de la interfície que produeixen una acció en el sistema o poden canviar algunes característiques de la interfície. Es vol determinar la capacitat de l'usuari per fer servir el sistema i les facilitats de control de la interfície.

En el cas dels elements interactius, la mateixa pregunta s'inclou en les dues seccions. Les preguntes de l'enquesta de la "determinació de la facilitat d'ús" tenen diferents respostes possibles, perquè les interfícies oferien per a algunes accions diferents maneres de fer la mateixa operació. Per exemple, la selecció del rumb de treball pot ser definida d'una sola manera a la interfície "A" i de dues maneres diferents a la interfície "B".

6.2.1.- Preguntes del Tipus "Informatiu"

Totes les preguntes informatives es refereixen a la manera de treure informació del sistema o de la interfície, segons la posició inicial que presenta la interfície a l'usuari.

<i>Etiqueta</i>	<i>Descripció</i>	<i>Interfície</i>
Informació de la velocitat lineal	Aquesta és la velocitat lineal del robot. Pot ser interessant que la coneguin els operadors que volen tenir les dades numèriques en pantalla.	A
Informació del nord a la imatge	On és el nord és una de les informacions més importants per a les tasques marines.	A i B
Informació de cap a on "es dirigeix" el robot	Cap a on es dirigeix el robot és un altre aspecte important en la conducció de vehicles marins.	A i B
Informació de la deriva	És una informació de com el corrent marí lateral pot afectar el desplaçament del robot.	A
Informació de l'empenta	És la informació de l'empenta que experimenta el robot: com la força de l'aigua pot afectar el desplaçament del robot en sentit vertical.	A
Estat del sistema "semàfor"	Indicació de l'estat general del sistema. És un element interactiu en el sentit que mostra informació i si l'usuari el tria activa la finestra del sistema intern.	B
Dades del robot: distància des del robot fins al vaixell	És una sèrie de dades informatives del robot. En aquest cas, la distància del robot respecte al vaixell, en línia recta.	A
Dades del robot: profunditat	Indica la profunditat del robot.	A
Dades del robot: angle d'inclinació	Aquest és l'angle de la línia de la distància mínima del robot fins al vaixell.	A
Representació del robot	Es refereix a si l'usuari sap quin és el robot que vol comandar en la finestra operativa.	A i B
Representació del vaixell	Es refereix a si l'usuari sap quin és el vaixell d'on ha sortit el robot que comanda.	A i B
Representació del fons	En aquest cas es vol comprovar si l'usuari sap reconèixer el fons i la superfície.	A i B
Representació de la superfície		A i B
Finestra operativa del sistema	En aquest cas es refereix a l'àrea visual de treball, on l'usuari hauria de fer totes les operacions.	A i B
Ubicació del robot	L'operació del robot obliga l'usuari a tenir una clara percepció tridimensional i prou facilitat de localització espacial, ja que el robot s'ha de situar en un plànol de paper d'acord amb la seva representació a la finestra operativa. És molt important que l'usuari pugui descriure en un plànol on és el robot, per poder explicar-ho a terceres persones.	A i B
Desplaçament del robot	La capacitat de l'usuari per moure el robot és indispensable. En aquest cas, només es pregunta si sap com es mou el robot i com se'n veu la localització a la pantalla.	A i B

Taula 6.1.- Preguntes informatives (visualització)

En les dues últimes preguntes, els usuaris haurien de poder fer servir les ombres virtuals del robot en la superfície i el fons, per localitzar el robot i per veure que es mou.

6.2.2.- Preguntes del Tipus "Acció" (Comanda)

<i>Etiqueta</i>	<i>Descripció</i>	<i>Interfície</i>
Canvi del punt de vista	El canvi del punt de vista és una de les activitats obligatòries en una interfície virtual; així es pot oferir noves possibilitats d'interacció amb la interfície.	A i B
Selecció del rumb del treball	La possibilitat de definir el rumb de treball a la interfície, perquè algun instrument informi cap a on s'ha d'anar, és una de les facilitats que ha d'aprofitar l'usuari.	A i B
Canvi de l'estructura del fons	Canviar l'estructura del fons ofereix la possibilitat de definir anticipadament algunes noves característiques presents en l'entorn de treball (modificació del fons pels corrents marins o altres modificacions).	A i B
Detecció d'objectes al davant del robot	Aquesta és una funcionalitat que permet detectar objectes al davant del robot.	A
Activació de la il·luminació	Aquesta és una funcionalitat que permet engegar la il·luminació externa del robot.	A
Operació manual del robot	Funció per activar l'operació manual del robot.	A
Operació automàtica del robot	Funció per activar l'operació automàtica del robot.	A
Fer el robot avançar cap a endavant	Funció per moure el robot cap a endavant.	B
Incrementar la potència de desplaçament	Funció per incrementar la potència dels motors del robot.	B
Disminuir la potència de desplaçament	Funció per disminuir la potència dels motors del robot.	B
Tombar cap a la dreta	Funció per moure el robot cap a la dreta.	B
Tombar cap a l'esquerra	Funció per moure el robot cap a l'esquerra.	B
Fer retrocedir el robot	Funció per moure el robot enrere.	B
Estabilització del robot en el fons	Funció per estabilitzar el robot en el fons. Això activa un algoritme per controlar el motors del robot i fer-lo quedar aturat en un punt específic.	A i B
Enfonsar el robot	Funció per moure el robot cap a avall (al fons), enfonsant el robot.	B
Per pujar el robot	Funció per moure el robot cap a amunt (a la superfície), fent-lo pujar.	B
Operació dels braços del robot	Funció per moure el braços del robot.	A i B
Ajuda del sistema	Aquesta comanda activa l'ajuda del sistema.	A i B

Taula 6.2.- Preguntes d'acció (comandes)

6.3.- Escala dels Paràmetres

Per poder realitzar operacions entre totes les variables, aquestes s'han d'unificar en un mateix rang de valors. Així, tots els valors es treballen en el rang de -3 a +3, on -3 és molt dolent (el paràmetre no s'ha de fer servir) i +3 és el millor valor (paràmetre perfecte).

6.3.1.- Significat dels Paràmetres

Per simplificar la comparació s'ha normalitzat el resultat en l'escala del -3 al +3, on -3 és molt dolent i 3 positiu és molt bo. D'aquesta manera, es poden efectuar operacions entre tots els resultats. La utilització d'aquesta escala de -3 a +3 ofereix un significat unificat als resultats de tots els paràmetres.

<i>Valor</i>	<i>Descripció del valor</i>
-3	No serveix per a res o utilitzar-lo és contradictori amb altres funcions.
-2	Difícil i confús d'utilitzar.
-1	No és fàcil de fer servir.
0	Poc utilitzat.
1	Normal (s'ha de fer servir de tant en tant)
2	Bo, molt funcional (és necessari).
3	Excel·lent. La utilització és obligatòria.

Taula 6.3.- Significat dels paràmetres d'avaluació

6.3.2.- Variables Simples

Per fer la conversió de les dades del valor actual al nou rang, $-3/+3$, s'aplica una regla de tres simple en molts dels casos. Aquesta operació funciona bé si el valor més baix de la variable és 0. Per exemple, si una variable "X" en un rang de 10 té un valor de 3, amb la nova escala el valor serà:

$$\begin{array}{r} 10 \text{ --- } 6 \text{ (escala } -3/+3) \\ 3 \text{ ---- } x \end{array}$$

$$x = 3 \cdot 6 / 10 \rightarrow x = 1,8$$

$$x = 1,8 - 3 \text{ (per centrar el valor)} \rightarrow x = -1,2$$

En la nova escala, el valor de "X" serà -1,2.

6.3.3.- Variables Desplaçades

Si la variable a considerar no està centrada, és ha dir, el valor comença des d'un valor a ($a \neq 0$) fins "a" un valor "b", s'ha de fer un canvi de coordenades abans d'aplicar la regla explicada abans. En aquest cas, es resta la variable de desplaçament (en aquest cas, "a") i s'aplica la regla anterior. Per exemple, si un paràmetre "Y" només pot variar de 2 fins a 12 i el seu valor és 9, amb la nova escala el valor serà:

$$\begin{array}{r} 9 - 2 \text{ (valor mínim!)} = 7 \\ 12 - 2 \text{ (valor mínim!)} = 10 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10 \text{ --- } 6 \text{ (escala } -3/+3) \\ 7 \text{ ---- } y \end{array}$$

$$y = 7 \cdot 6 / 10 \rightarrow y = 4,2$$

$$y = 4,2 - 3 \text{ (per centrar el valor)} \rightarrow y = 1,2$$

En la nova escala, el valor de "Y" serà 1,2.

6.3.4.- Variables Invertides

En altres casos, una variable podria tenir un valor negatiu si és molt gran, i un valor positiu si és petit. Per exemple, el temps d'execució d'una rutina serà molt eficient si triga 0, però dolenta per a qualsevol altre temps. Llavors, aquesta variable s'haurà d'invertir i s'hi haurà d'afegir el valor màxim, per ajustar la variable i aplicar-hi les regles d'abans. Si tenim, per exemple, una variable "T" amb un valor de 5 segons que pot variar entre 25 segons com el pitjor valor i 0 com el millor temps d'execució, amb la nova escala el seu valor serà:

$$5 \times (-1) = -5$$

$$-5 + 25 \text{ (màxim valor)} = 20$$

$$25 \text{ --- } 6 \text{ (escala } -3/+3)$$

$$20 \text{ ---- } t$$

$$t = 20 \cdot 6 / 25 \rightarrow t = 4,8$$

$$t = 4,8 - 3 \text{ (per centrar el valor)} \rightarrow t = 1,8$$

En la nova escala, el nou valor de "Y" serà 1,8.

6.3.5.- Operacions amb els Paràmetres

Com s'ha fixat, el rang dels valors de -3 a +3, cosa que permet fer operacions entre els diferents paràmetres de manera raonable, ja que aquestes estan normalitzades. Això no vol dir que cadascun dels paràmetres tindran el mateix pes. Per exemple, cadascun dels paràmetres d'avaluació podria tenir un pes significatiu diferent dintre de l'avaluació:

<i>Paràmetre</i>	<i>Variable</i>	<i>Pes</i>
Facilitat d'ús	U	x
Eficiència	E	y
Prestacions	P	z

Taula 6.4.- Variables i pesos dels paràmetres d'avaluació

Aquesta variació permet calcular el valor de qualsevol interfície com la suma de tots els paràmetres multiplicats pels pesos corresponents (equació 1):

$$\text{Valor de la Interfície} = (U \cdot x + E \cdot y + P \cdot z) / (x + y + z) \quad (\text{Eq. 1})$$

El pes de cadascuna de les variables podria ser diferent d'acord amb les necessitats del sistema i el nivell dels usuaris als quals està orientat; per exemple:

- Si els usuaris tenen experiència en sistemes similars, la interfície podria dissenyar-se amb una "facilitat d'ús" baix, perquè de totes maneres els usuaris ja porten l'experiència necessària, encara que el disseny podria enfocar-se en el paràmetre de "prestacions" per optimitzar el rendiment del sistema i enfocar-lo a la productivitat de l'usuari.
- Si els usuaris no tenen cap experiència, l'orientació del sistema seria diferent. Els paràmetres de "facilitat d'ús" es tornarien molt més importants.

6.4.- Proves Realitzades

Per definir un conjunt de proves vàlides dintre de l'esquema d'avaluació general, es van fer diferents proves, per garantir que es podria obtenir totes les dades de rendiment dels usuaris. Cada grup d'usuaris s'hauria d'enfrontar a un conjunt de proves particular i no necessàriament repetitiu, a causa de les limitacions de temps que alguns usuaris van manifestar a l'enquestador. Els usuaris haurien de treballar en les següents proves globals:

- Facilitat d'ús
- Eficiència i perifèrics d'entrada
- Prestacions

Cadascuna d'aquestes proves requerien una quantitat d'usuaris variable, d'acord amb els objectius definits en les proves de rendiment. Aleshores, els usuaris es van organitzar en dos grups

separats, perquè cadascun d'aquests grups pogués treballar primer amb una interfície i després amb l'altra. A més a més, com que la prova dels perifèrics representava una avaluació diferent, es va haver de separar els grups perquè els uns treballassin amb les proves de rendiment i els altres amb la prova de perifèrics.

6.4.1.- Resultat de les Proves de Facilitat d'Ús

6.4.1.1.- Resultats de les Proves d'Intuïtivitat

En el capítol 4 s'han descrit els diferents tipus d'icones de què els usuaris disposen per treballar; ara s'ha de determinar el grau d'acceptació d'aquestes eines de la interfície. En aquesta prova es mostren les icones a les dues interfícies definides, per definir la facilitat de reconeixement. La pregunta clau d'aquesta prova era: *¿Per a què serveix aquesta icona?* D'acord amb les proves fetes sobre 12 usuaris, els resultats corresponen al grup d'usuaris. Els usuaris podien veure la primera pantalla de treball i no podien intentar activar el menú d'ajudes (per evitar l'avantatge de llegir els missatges) ni moure el ratolí (per fer servir les ajudes en línia). Els usuaris havien de respondre què significava la icona o l'element que l'enquestador assenyalava en pantalla. L'enquestador podia assenyalar qualsevol icona o element en pantalla sense cap ordre i l'usuari tenia uns quants de segons per donar una resposta.

Funció	Icona	Persones que comprenen la interfície			
		1º vegada		2º vegada	
		A	B	A	B
Info.	Velocitat lineal	5	N.A.	12	N.A.
	Rumb	4	N.A.	12	N.A.
	Deriva	1	N.A.	3	N.A.
	Empenta	2	N.A.	2	N.A.
	Dades numèriques	8	N.A. ¹	11	N.A.
	Ajuda "en Línia"	N.A.	10	N.A.	12
Inter.	Semàfor	N.A.	3	N.A.	8
	"keymap"	N.A.	1	N.A.	5
	Brúixola Virtual	N.A.	3	N.A.	8
Com.	Punts de vista predefinitos	5	N.A.	7	N.A.
	Rumb de navegació	4	3	5	6
	Disseny del fons marí	1	2	7	6
	Detecció d'obstacles	2	N.A.	1	N.A.
	Engegar llums	1	N.A.	1	N.A.
	Configuració del sistema	1	2	1	3
	Operació manual	4	N.A.	8	N.A.
	Operació automàtica	3	N.A.	5	N.A.
	Estabilització del robot	3	4	5	6
	Control del Braços	3	5	7	6
	Operació amb Fitxers	N.A.	5	N.A.	10
	Informació numèrica en pantalla	N.A.	1	N.A.	6
	Ajuda del Sistema	12	12	12	12
	Control potencia de desplaçament	N.A.	5	N.A.	10
	Control del moviment del robot	N.A.	5	N.A.	12
Control del punt de vista	N.A.	4	N.A.	9	

Taula 6.5.- Resultats de l'avaluació de la intuïtivitat

Les etiquetes:

¹ Aquesta informació de dades numèriques també està disponible en la Interfície "B" quan l'usuari la activa. Per defecte és una informació que està amagada.

- “Info.” vol dir “informació”, és ha dir, aquest element en pantalla dona una informació a l'usuari.
- “Inter.” és l'acrònim d'“interactiu”, que vol dir que la funció de la interfície és interactiva i permet a l'usuari fer algunes activitats per obtenir més informació o fer modificacions en pantalla (compleix la funció informativa i de comanda al mateix temps).
- “Com.” fa referència al fet que aquesta funció és una comanda que s'executa.

Malgrat que alguns resultats no van ser prou satisfactoris, per ser un primer reconeixement del sistema es podien considerar força bons, perquè molts dels usuaris mai no havien treballat en aquestes àrees i a més a més no coneixen aquestes aplicacions. Algunes de les icones no van ser reconegudes i altres van causar una certa confusió. Aquest primer resultat permet veure que la gent reconeix la interfície i més o menys algunes de les imatges que hi surten. La capacitat d'imaginació per interpretar les icones també està relacionada amb la tasca de què es parla i, en aquest cas, la interpretació de la imatge està relacionada amb la tasca del sistema: comandament i visualització d'un robot submarí.

6.4.1.2.- Càlcul de la Intuïtivitat

Apliquem la escala definit en la secció anterior per normalitzar la mitjana de la taula 3 al rang de -3 a +3. La mitjana de la taula 6.5 és:

Funció	Persones que comprenen la interfície			
	1ª vegada		2ª vegada	
	A	B	A	B
Visualització	7.20	5.67	8.00	11.00
Control	3.55	3.93	5.36	7.64

Taula 6.6.- Resum de la prova d'intuïtivitat

Si es valora més el resultat de la segona vegada (en què els usuaris ja tenen experiència amb el sistema), llavors les dades de la segona vegada s'han de considerar amb un factor que duplica el primer. El resultat de la prova d'intuïtivitat de les interfícies és:

	A	B
Visualització	0.87	0.46
Control	-0.62	0.20

Taula 6.7.- Intuïtivitat en l'escala -3/+3

El baix valor explica el grau de dificultat del sistema perquè els usuaris puguin entendre'l. En el cas de la interfície “A”, el valor negatiu podria es podria deure al fet que les funcions de control estaven en el teclat. En el cas de les funcions de control, és possible que la quantitat de les eines en dificultés el reconeixement.

6.4.1.3.- Resultats de la Facilitat d'Aprenentatge

Les proves per determinar la facilitat d'ús van consistir en un conjunt d'ordres simples (funcions primitives) que els usuaris havien de complir. A l'usuari se li preguntava: *“Podries dir on puc obtenir _____ informació?”* o *“Podries fer _____ (activitat)?”* Si l'usuari no entenia la comanda, se li explicava amb un exemple, perquè li fos més fàcil; si encara no comprenia la pregunta, es passava a la següent pregunta. Durant aquesta prova també es va interrogar els usuaris sobre el coneixement que tenien de la ubicació del robot respecte al nord i el vaixell de sortida.

6.4.1.3.1.- Resultat de les Proves de la Interfície “A”

El resultat d'aquesta prova per la interfície “A” es presenta a la Taula 6.4 i 6.5:

<i>Sol·licitud d'informació</i>	<i>1º vegada</i>	<i>2º vegada</i>
Informació de la velocitat lineal	12	12
Informació de la deriva	8	10
Informació de l'empenta	8	10
Nord a la imatge	11	12
Cap a on "es dirigeix" el robot	7	10
Dades del robot: distància	8	12
Dades del robot: profunditat	8	12
Dades del robot: angle d'inclinació	6	12
Robot a la finestra operativa	6	11
Representació del vaixell	10	11
Representació del fons	11	12
Representació de la superfície	11	12
Finestra operativa del sistema	10	12
Ubicació del robot en un plànol de paper.	3	8
Desplaçament del robot	12	12
Finestra d'ajuda del sistema	12	12

Taula 6.8.- Facilitat d'aprenentatge de la informació de la Interfície "A"

<i>Comanda</i>	<i>1º vegada</i>	<i>2º vegada</i>
Canvi del punt de vista	6	11
Canvi de l'estructura del fons	1	9
Fitjar el punt de destinació	2	10
Detecció d'objectes al davant del robot	1	8
Activació de la il·luminació	5	10
Operació manual del robot	9	12
Operació automàtica del robot	8	10
Incrementar la potència de desplaçament	10	12
Disminuir la potència de desplaçament	10	12
Avançar cap a endavant al robot	11	11
Tombar cap a la dreta	12	12
Tombar cap a l'esquerra	12	12
Fer retrocedir el robot	10	11
Enfonsar el robot	10	11
Fer pujar el robot cap a la superfície	12	11
Estabilització del robot en el fons	1	9
Operació dels braços del robot	3	12
Ajuda del sistema	12	12

Taula 6.9.- Facilitat d'aprenentatge de les comandes de la Interfície "A"

6.4.1.3.2.- Resultat de les Proves de la Interfície "B"

La interfície "B" té icones a la pantalla per fer prou bé totes les funcions encomanades de control del robot i del punt de vista virtual: el moviment del robot, canvis de punt de vista, etc. El resultat d'aquesta prova per a la interfície "B" es presenta a les taules 6.6 i 6.7:

<i>Sol·licitud d'informació</i>	<i>1º vegada</i>	<i>2º vegada</i>
Informació de l'estat intern del sistema	3	6
Robot en la finestra operativa	11	12
Representació del vaixell	11	12
Representació del fons	12	12
Representació de la superfície	12	12
Finestra operativa del sistema	12	12

<i>Sol·licitud d'informació</i>	<i>1º vegada</i>	<i>2º vegada</i>
Nord en la imatge	4	8
Cap a on "es dirigeix" el robot	3	6
Ubicació del robot en plànol de paper.	2	5
Potència del motor de desplaçament	3	5
Desplaçament del robot	5	6
"Keymap", mapa clau.	12	12
Brúixola virtual	12	12
Finestra d'ajuda del sistema	12	12

Taula 6.10.- Facilitat d'aprenentatge de la informació de la Interfície "B"

<i>Comanda</i>	<i>1º vegada</i>	<i>2º vegada</i>
Configuració intern del sistema (semàfor)	4	11
Canvi de la estructura del fons.	2	10
Avançar cap a endavant al robot	12	10
Incrementar potència de desplaçament	10	11
Disminuir la potència de desplaçament	10	11
Tombar cap a la dreta	12	12
Tombar cap a la esquerre	12	12
Retrocedir el robot	12	10
Estabilització del robot en el fons	1	10
Enfonsar el robot	12	10
Pujar el robot cap a la superfície	12	12
Control dels braços del robot	7	12
Fitjar el punt de destinació	4	9
Emmagatzemar dades en el disc	12	12
Presentació de les dades numèriques	4	10
Ajuda del sistema	12	12
Control de la potència de desplaçament	6	12
Control del punt de vista.	8	12
Localització del punt destí	7	10
Rumb de navegació d'acord a Brúixola	4	11

Taula 6.11.- Facilitat d'aprenentatge de les comandes de la Interfície "B"

En acabar aquestes proves (amb la interfície "A" i amb la interfície "B"), s'explicava als usuaris com havien de fer servir la funció o què era el que es volia. En general cadascuna de les interfícies es va valorar d'acord amb les funcions disponibles en pantalla, perquè aquesta prova bàsicament volia mesurar la capacitat d'utilització de la interfície amb les icones en pantalla. Si un usuari no entenia l'ordre, doncs no se li exigia cap una resposta, però se li explicava què era el que es volia i com havia de fer-ho.

6.4.1.4.- Càlcul de l'Aprenentatge

La mitjana de les taules 6.3, 6.4, 6.5 i 6.6 que corresponent a l'aprenentatge és:

<i>Paràmetre</i>	<i>1º vegada</i>	<i>2º vegada</i>
Visualització en interfície A	8.94	11.25
Control en interfície A	7.50	10.83
Visualització en interfície B	8.14	9.43
Control en interfície B	8.15	10.95

Taula 6.12.- Resum de l'aprenentatge

Tenint en compte la mateixa consideració d'abans, on la segona vegada és més important, el resultat d'aprenentatge és:

	A	B
Visualització	2.24	1.50
Control	1.86	2.01

Taula 6.13.- Aprenentatge en la escala -3 / +3

Com es pot veure, els usuaris no tenen problemes per aprendre a fer servir les eines disponibles en la interfície, perquè els usuaris tenen un bon grau d'aprenentatge. En el cas dels usuaris que fan servir la interfície "A", la visualització és molt fàcil d'entendre, mentre que un cas similar passa amb la interfície "B" pel que fa a les eines de control, les quals són fàcils d'aprendre.

6.4.1.5.- Càlcul de la Facilitat d'Ús

La facilitat d'ús és finalment la mitjana dels valors d'intuïtivitat i aprenentatge:

	A	B
Visualització	1.55	0.98
Control	0.62	1.11

Taula 6.14.- Facilitat d'ús en la escala -3 / +3

Com es pot veure en aquesta taula, la facilitat d'ús quant a visualització de la interfície "A" és molt bona. La interfície "B" té facilitat d'ús en les eines de control.

Malgrat que aquí s'ha calculat la facilitat d'ús com la mitjana d'intuïtivitat i aprenentatge, en altres casos és possible que un dels paràmetres sigui més important que l'altre. Això depèn de les necessitats de l'avaluador.

6.4.2.- Resultat de les Proves d'Eficiència

Per mesurar el rendiment dels usuaris treballant amb l'ordinador en un entorn virtual es valora la capacitat que tenen per fer servir les interfícies en tres coses com a mínim:

- Controlar el robot per a tasques específiques.
- Obtenir informació de la interfície.
- Velocitat d'execució adequada.

En aquestes proves es va mesurar:

- El temps de realització de la prova.
- El millor temps en què es pot realitzar i amb quin perifèric s'ha fet aquest temps.
- La taxa d'errors que es cometen en realitzar la tasca.

Durant la prova es va preguntar a l'usuari sobre la seva localització espacial relativa (amb referència al vaixell mare i al punt de treball), així com l'orientació i la direcció del moviment.

6.4.2.1.- Resultat de la Prova "Conducció del Robot a un Punt"

A continuació es presenten els resultats de les proves d'eficiència per a la tasca de conduir el robot cap a un punt al mig del fons. Òbviament, aquests temps estan molt relacionats amb les habilitats d'alguns operadors per treballar més ràpidament que altres.

<i>Temps</i>	<i>Prova</i>	<i>Temps d'execució</i>	<i>Tassa d'errors</i>
1	A	0:37:42	32
		0:50:10	26
		0:54:38	26
	B	0:28:31	17
		0:41:47	25
		0:56:45	24
2	A	0:24:53	12
		0:43:01	10
		0:47:21	14
	B	0:11:50	7
		0:19:14	9
		0:27:23	8

Taula 6.15.- Resultats de la prova d'eficiència: "Conducció del robot a un punt", Grup AB

<i>Temps</i>	<i>Prova</i>	<i>Temps d'execució</i>	<i>Tassa d'errors</i>
1	B	0:41:20	26
		0:42:31	23
		0:44:57	20
	A	0:19:18	19
		0:26:43	28
		0:48:41	31
2	B	0:09:54	21
		0:13:33	16
		0:20:57	23
	A	0:26:41	7
		0:33:10	4
		0:40:00	16

Taula 6.16.- Resultats de la prova d'eficiència: "Conducció del robot a un punt", Grup BA

6.4.2.2.- Resultat de la Prova "Cercar un Objecte"

Els següents taules representen els resultats de les proves d'eficiència per a la tasca de cercar un objecte.

<i>Temps</i>	<i>Prova</i>	<i>Temps d'execució</i>	<i>Tassa d'errors</i>
1	A	0:32:42	22
		0:34:27	18
		0:57:15	17
	B	0:33:41	22
		0:37:44	34
		0:59:29	22
2	A	0:22:45	10
		0:35:18	6
		0:37:21	11
	B	0:16:58	9
		0:18:33	5
		0:34:38	13

Taula 6.17.- Resultats de la prova d'eficiència: "Cercar un objecte", Grup AB

Temps	Prova	Temps d'execució	Tassa d'errors
1	B	0:29:58	28
		0:31:23	26
		0:47:42	36
	A	0:25:34	23
		0:27:39	33
		0:39:53	28
2	B	0:18:39	8
		0:34:15	7
		0:36:21	6
	A	0:16:18	8
		0:24:31	4
		0:33:14	15

Taula 6.18.- Resultats de la prova d'eficiència: "Cercar un objecte", Grup BA

6.4.2.3.- Càlcul de l'Eficàcia

L'eficàcia és un paràmetre que depèn de dues parts: el temps d'execució i els errors que s'han fet durant aquest temps; per tant, s'han de considerar tots dos paràmetres per calcular l'eficàcia. L'eficàcia no es pot separar en les dues parts de visualització i control, perquè és quan l'usuari fa servir totes dues eines per realitzar les tasques. La mitjana d'aquestes proves va ser:

Interfície	Temps d'execució	Errors
A	0:34:35	14.75
B	0:29:03	16.75

Taula 6.19.- Mitjana de les proves d'execució

S'han de fixar els límits superiors dels temps d'execució i els errors, per determinar els paràmetres d'acord amb l'escala de -3 a +3. En el cas dels temps d'execució, el límit superior representa el temps en què s'atura la prova si l'usuari no pot resoldre la tasca (el pitjor temps) i el límit inferior representa el millor temps de realització de la tasca. En aquestes proves es va determinar que el millor temps era uns 20 minuts i el pitjor temps era 1 hora. La màxima quantitat d'errors admissible es va fixar en 20.

Paràmetre	A	B
Eficàcia	0.89	1.04

Taula 6.20.- Eficàcia en l'escala de -3 / +3

6.4.3.- Resultat de les Proves de Perifèrics d'Entrada: Teclat, Ratolí i Pad

Un altre factor que es va considerar en l'avaluació del sistema és la manera com l'usuari interacciona amb l'ordinador i la interfície. La utilització de la realitat virtual permet fer servir eines d'interacció més complexes, però en aquest cas analitzarem el resultat d'interactuar amb els recursos que hi ha en pantalla i les possibilitats de resposta amb el teclat, el ratolí o el ratolí tàctil. El ratolí tàctil (pad) és una mena de ratolí integrat en alguns teclats per estalviar espai (el tenen molts ordinadors portàtils).

6.4.3.1.- Condicions de la Prova de Perifèrics

Per a aquesta prova, es van separar sis grups d'usuaris per iniciar l'ús dels perifèrics d'una manera particular i només treballant amb la interfície "B". La interfície "A" no es va provar per a aquesta avaluació de perifèrics d'entrada, perquè no té icones de control de moviment en pantalla i per tant obligaria a fer servir el teclat (l'ús forçat del teclat influiria negativament en el resultat). Com que els usuaris podien tenir certes preferències en la realització de les proves segons el perifèric que sempre havien utilitzat o que més coneixien, es van crear grups separats amb diferents seqüències d'ús. És a dir, un grup va començar amb el teclat, un altre amb el ratolí i un altre amb el ratolí tàctil. En aquesta prova es

va utilitzar un grup que no havia fet la prova de rendiment i que per tant presentava resultats diferents, perquè també tenia un objectiu diferent. Però es van realitzar els mateixos exercicis que en les "proves de rendiment":

- Conduir el robot fins a un punt.
- Cercar un objecte que s'ha enfonsat en alguna part del fons.

Òbviament l'èmfasi d'aquesta prova era l'avaluació dels elements d'interacció, en aquest cas el teclat, el ratolí i el ratolí tàctil, per determinar quin d'aquests perifèrics és l'òptim per introduir dades a la interfície. En aquesta prova es van utilitzar dotze usuaris separats en sis grups. La separació dels grups d'usuaris es va fer de la següent manera (taula 6.16):

Nº	Grup	Seqüència dels Perifèrics
1	TRP	Teclat - Ratolí - Pad
2	TPR	Teclat - Pad - Ratolí
3	RTP	Ratolí - Teclat - Pad
4	RPT	Ratolí - Pad - Teclat
5	PTR	Pad - Teclat - Ratolí
6	PRT	Pad - Ratolí - Teclat

Taula 6.21.- Separació dels grups d'usuaris: prova de perifèrics

6.4.3.2.- Conducció del Robot cap a un Punt Determinat

Grup	Valors	Temps d'execució	Tassa d'errors
TRP	min.	0:19:45 (P)	11 (P)
	máx.	0:45:10 (T)	32 (T)
TPR	min.	0:15:23 (R)	15 (R)
	máx.	0:37:30 (T)	28 (T)
RTP	min.	0:14:26 (P)	17 (R)
	máx.	0:28:43 (T)	21 (R)
RPT	min.	0:16:51 (T)	15 (P)
	máx.	0:25:43 (T)	29 (R)
PTR	min.	0:13:21 (R)	10 (T)
	máx.	0:36:06 (P)	25 (P)
PRT	min.	0:16:20 (T)	13 (R)
	máx.	0:30:28 (R)	23 (R)

Taula 6.22.- Prova de perifèrics: conducció del robot cap a un punt determinat

6.4.3.3.- Cerca d'Objectes en el Fons Marí

Grup	Valors	Temps d'execució	Tassa d'errors
TRP	min.	0:34:50 (P)	10 (R)
	máx.	0:47:47 (T)	17 (T)
TPR	min.	0:26:37 (R)	8 (P)
	máx.	0:41:51 (T)	14 (T)
RTP	min.	0:29:01 (P)	8 (R)
	máx.	0:39:22 (T)	20 (T)
RPT	min.	0:23:49 (T)	13 (R)
	máx.	0:40:13 (P)	18 (T)
PTR	min.	0:29:57 (R)	9 (P)
	máx.	0:35:23 (T)	23 (T)
PRT	min.	0:27:45 (R)	10 (P)
	máx.	0:43:31 (T)	21 (T)

Taula 6.23.- Prova de perifèrics: cerca d'objectes en el fons marí

6.4.3.4.- Satisfacció dels Usuaris amb els Perifèrics

Grup	Teclat	Ratolí	Pad
TRP	3	19	20
TPR	2	20	14
RTP	9	18	19
RPT	11	16	17
PTR	6	20	13
PRT	12	19	10

Taula 6.24.- Prova de perifèrics: eficiència amb l'ús de perifèrics

Segons els resultats d'aquestes taules, es pot deduir que:

- El temps d'execució i el nombre de maniobres defectuoses i errònies són més grans la primera vegada que es fa servir el sistema.
- La utilització del ratolí tàctil no introdueix millores en la utilització del sistema.
- El teclat permet obtenir un temps raonable d'operació d'acord amb el grau d'ús.
- La utilització del teclat sol pot comportar problemes greus per als usuaris si no tenen experiència a utilitzar-lo.

El següent gràfic (fig. 6.1) mostra la satisfacció dels usuaris amb els diferents elements d'interacció:

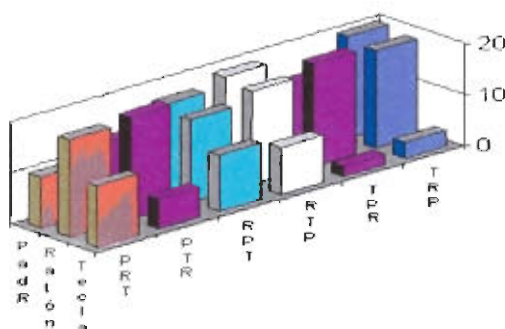


Fig. 6.1.- Gràfics d'acceptació dels perifèrics

6.4.4.- Prestacions

Els grups d'usuaris van valorar eadascuna de les interfícies segons les tasques desenvolupades per determinar la satisfacció de treball. Cada usuari va valorar la interfície després de realitzar la tasca del 0 al 5, tenint en compte que aquest últim valor representa la satisfacció més alta.

6.4.4.1.- Satisfacció General

En aquest sentit tenim la satisfacció dividida del grup AB a la taula 6.18 i la del grup BA a la taula 6.19. La satisfacció es va subdividir en tres aspectes diferents, que es van preguntar per a les dues funcions de la interfície: control i visualització. Els aspectes que es van considerar són:

- **Facilitat d'ús.** Com de fàcil o difícil va ser fer servir aquestes elements
- **Quantitat d'elements en pantalla.** Relacionat amb la proporció d'elements a la interfície i la satisfacció de l'usuari sobre aquesta quantitat.
- **Distribució a la interfície.** Relacionat amb la distribució dels elements a la pantalla.

La valoració de cada paràmetre es va fixar en 5 punts, tenint en compte que 5 és el màxim i vol dir que l'usuari està satisfet amb el paràmetre i 0 vol dir que aquest paràmetre no és gens agradable.

Paràmetres de Satisfacció General	Interfície	
	A	B
Facilitat d'ús de comandes	43	34
Quantitat de Comandes i funcions	37	51
Distribució de la interfície, comandes	41	36
Facilitat d'ús d'informació	52	31
Quantitat de dades i gràfics	54	42
Distribució de la interfície, dades	51	24

Taula 6.25.- Paràmetres de satisfacció general, grup AB

Paràmetres de Satisfacció General	Interfície	
	A	B
Facilitat d'ús de comandes	43	57
Quantitat de Comandes i funcions	29	53
Distribució de la interfície, comandes	31	55
Facilitat d'ús d'informació	49	47
Quantitat de dades i gràfics	47	37
Distribució de la interfície, dades	46	49

Taula 6.26.- Paràmetres de satisfacció general, grup BA

6.4.4.2.- Càlcul de les Prestacions

La mitjana de les dades mostrades a les taules anteriors és:

Paràmetre	Interfície "A"	Interfície "B"
Visualització	49.83	38.33
Control	37.33	47.67

Taula 6.27.- Resum de les prestacions

Si s'expressa les prestacions en l'escala de -3 / +3, tindrem:

Paràmetre	Interfície "A"	Interfície "B"
Visualització	1.98	0.83
Control	0.73	1.77

Taula 6.28.- Prestacions en l'escala -3 / +3

6.4.4.3.- Grau d'Utilitat: Valoració de les Dades

Després de fer servir la interfície en activitats concretes, es va demanar als usuaris que emplenessin una enquesta de valoració dels diferents elements de la interfície per definir la importància i el valor de la dades presentades en pantalla. Cadascun dels elements de la interfície ha de servir per a una acció concreta per a l'usuari. En aquest cas es busca valorar com han pogut fer servir aquestes eines i l'ordre d'importància que donen a les diferents seccions. La metodologia tradicional fa servir aquest procediment per determinar la importància d'unes àrees determinades. Les seccions es consideren com un grup d'icones o una finestra d'informació, ja que així és com un usuari la veu per fer-la servir.

6.4.4.3.1.- Metodologia de Recol·lecció de Dades

Com que s'ha treballat amb quatre grups d'usuaris (un parell van treballar amb totes dues interfícies en la primera tasca i l'altre parell en la segona tasca), caldria veure l'opinió d'aquests grups de treball per separat per veure com interpreten els elements de la interfície. Cadascun dels usuaris després de treballar amb una de les interfícies fa una valoració de la informació obtinguda en els camps que s'especifiquen en l'enquesta. Després treballen amb l'altra interfície i fan la mateixa operació de valoració dels elements de pantalla. Aquests valors ens donarien un "factor d'interès" per a la interfície,

que es podria utilitzar per valorar la interfície enfront d'altres de semblants o per millorar els elements que ja existeixen. L'avantatge d'aquesta avaluació és que la realitzen usuaris que ja han fet servir el programa i tenen una raó "intuitiva" de per què valoren una secció de la pantalla més que una altra. Així mateix, les seccions més valorades dintre d'una interfície podrien explorarse per incloure-les dintre del disseny general definitiu.

6.4.4.3.2.- Valoració dels Elements de la Interfície "A"

Com s'ha explicat en el capítol 4 sobre el disseny de la interfície, aquesta pantalla busca presentar les dades d'una forma més gràfica per donar als usuaris més informació visual de les variables de l'entorn i del que li passa al robot submari (la fig. 6.2 presenta una versió petita de la interfície tal com es veu actualment i la fig. 6.3 presenta l'esquema d'aquesta interfície).

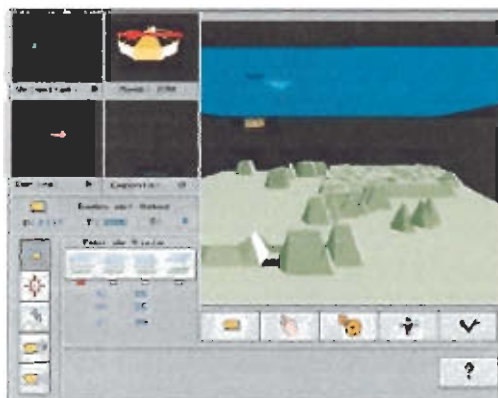


Fig. 6.2.- Interfície "A"

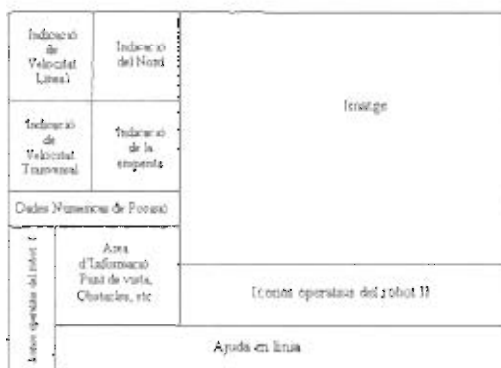


Fig. 6.3.- Esquema de la Interfície "A"

El resultat d'aquesta enquesta va ser:

<i>Elements de la Interfície</i>	<i>Grup AB</i>	<i>Grup BA</i>
Indicació de la velocitat lineal	55	37
Indicació del Nord	59	50
Indicació de velocitat transversal	15	0
Indicació de la empenta	5	0
Dades numèriques de posició	51	26
Icones operatius del robot I	48	44
Àrea d'informació: punt de vista, obstacles	58	46
Imatge	60	60
Icones operatius del Robot II	46	21
Ajuda en Línia.	60	60

Taula 6.29.- Valoració dels elements Interfície "A"

Un resultat nul·l és un indicador que els usuaris no han pogut fer servir aquesta informació o funció per alguna raó o perquè no en van saber trobar el significat. De fet, si es compara amb el resultat de les primeres proves d'intuïtivitat es veurà que aquests paràmetres no són gens acceptats per l'usuari. Això no vol dir que la funció no sigui important, perquè per a usuaris experts aquesta funció podria tenir una importància molt gran.

6.4.4.3.3.- Valoració dels Elements de la Interfície "B"

En el disseny de la interfície del capítol 4, es va presentar el desenvolupament d'aquesta interfície amb un control del sistema més gran. Aquesta pantalla busca presentar les funcions d'una forma més gràfica per donar als usuaris més control de l'entorn i del que li passa al robot submari, mitjançant gràfics globals (la fig. 6.4 i la fig. 6.5 presenten els gràfics d'aquesta interfície).



Fig. 6.4.- Interfície "B"

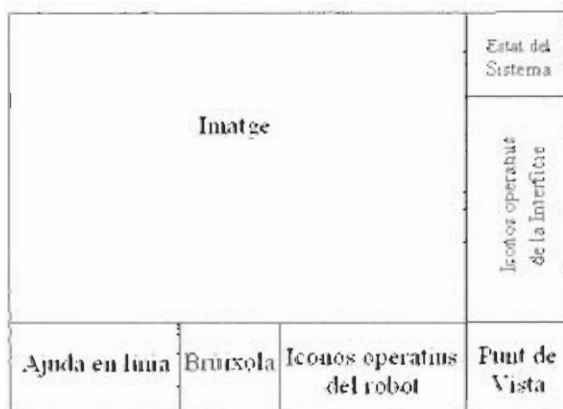


Fig. 6.5.- Esquema de la Interfície "B"

L'opinió en aquesta interfície va ser:

Elements de la Interfície	Grup AB	Grup BA
Imatge	60	60
Estat operatiu del sistema	37	52
Icones operatius de la Interfície	51	57
Punt de vista	34	52
Icones Operatius del robot	55	60
Brúixola	21	48
Ajuda en Línia	60	60

Taula 6.10.- Valoració dels elements Interfície "B"

Capítol 7

Anàlisi dels Resultats
de l'Avaluació i
Proposta de Criteris de
Disseny Ergonòmic de les
Interfícies
Persona-Màquina (HMI)
per a Vehicles Submarins

"The best products are going to come out of following people around"

Jakob Nielsen

Capítol 7. Anàlisi dels Resultats d'Avaluació i Proposta de Criteris de Disseny Ergonòmic de les Interfícies Persona-Màquina (HMI) per a Vehicles Submarins

7.1.- Introducció: Anàlisi de Resultats

Després d'obtenir els resultats de les proves de les interfícies persona-màquina (vegeu el capítol 6), se n'ha d'analitzar el significat. Per tant, totes les dades s'han de posar en una presentació visualment fàcil d'entendre. Un dels aspectes més controvertits d'aquesta etapa va ser la cerca de la millor presentació. S'ha fet un gran esforç a donar simplicitat als paràmetres, perquè la forma en què els usuaris l'entenen és fonamental.

En aquest capítol es veu millor la idea dels factors que es va presentar en el capítol 5 i com es poden aprofitar per comparar les dues interfícies desenvolupades abans. A més a més, es presenta els resultats basats en l'avaluació tradicional. Un altre aspecte interessant és la comparació d'aquesta metodologia comparativa utilitzant altres interfícies semblants, de manera que se'n pugui determinar la utilitat.

Aquí es presenta una comparació amb interfícies desenvolupades per a jocs en tasques marines i es pot observar la qualitat de les interfícies en les diferents funcions.

7.2.- Comparació de les Interfícies Persona-Màquina "A" i "B" Proposades

Finalment, després de fer totes les proves referides als programes i els seus elements i de valorar els resultats de cada una dintre de la interfície, podem definir una avaluació general de les interfícies avaluades. Aquesta avaluació determinarà quina interfície és més útil d'acord amb les activitats a desenvolupar: visualització d'informació o control del sistema.

Per simplificar la comparació, el resultat s'ha normalitzat en l'escala de -3 a 3, on -3 és molt dolent i 3 és molt bo. D'aquesta manera, es poden efectuar operacions entre tots els resultats. En el capítol 6 es presenta un procediment dels càlculs i un detall de les operacions.

7.2.1.- Avaluació de les Interfícies amb els Paràmetres de Visualització i Comandament Proposats

A continuació s'explica com es van calcular els paràmetres de les dades obtingudes en les proves de la interfície persona-màquina. Al capítol 6 es presenta el resultat i un resum d'aquestes dades a "total normalitzat de la interfície A" i "total normalitzat de la interfície B". Al capítol 5 es fa una descripció més detallada del procediment per fer aquestes proves i els resultats es recullen al capítol 6.

Els resultats del capítol 6 es van organitzar en les següents taules per classificar les activitats en *visualització* i *control*. D'acord amb la taula 5.6 del capítol 5 ("Factors que defineixen la utilització de les interfícies persona-màquina") sobre els paràmetres d'avaluació, tenim:

7.2.1.1.- Avaluació de la Interfície A

Paràmetre	Visualització	Control	Total
Facilitat d'Ús	1.55	0.62	1.09
Eficàcia	0.89	0.89	0.89
Prestacions	1.98	0.73	1.36
<i>Total Normalitzat</i>	1.48	0.75	1.11

Taula 7.1.- Paràmetres de visualització i control en la interfície "A"

Aquesta presentació de les dades en tres subconjunts ens permet fer una representació gràfica tridimensional de cadascun dels factors:

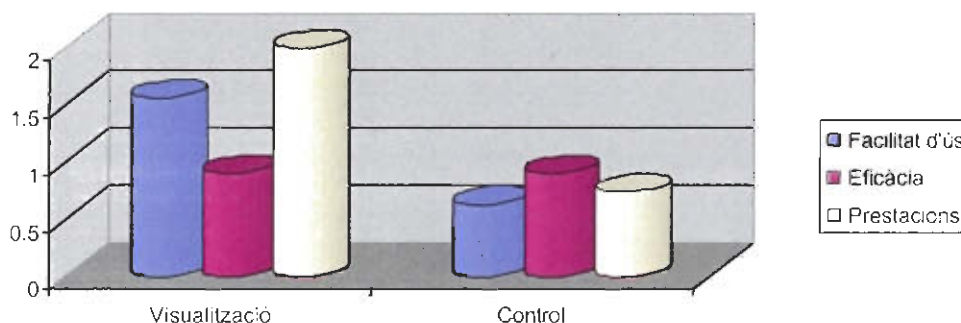


Fig. 7.1.- Visualització i control en la interfície "A"

D'aquest gràfic es pot considerar que la facilitat d'ús i les prestacions de les finestres de dades en la interfície A és bona, però que en la part de control és regularment pobre, potser perquè la manca d'ícones de control va afectar els usuaris quant a la capacitat de control del sistema (control del punt de vista, control del desplaçament del robot en pantalla, etc.). Per això l'eficàcia també és baixa. Les altes prestacions en la visualització de les dades es deuen possiblement a la facilitat d'interpretació de les dades, la qual agrada els usuaris nous. Malgrat que molts usuaris no tenen experiència amb sistemes teleoperats de robots, almenys podien veure i entendre les dades a la pantalla.

7.2.1.2.- Avaluació de la Interfície B

Reduint els paràmetres als tres objectius principals, com s'ha fet abans, això ens deixaria:

Paràmetres	Visualització	Control	Total
Facilitat d'Ús	0.98	1.11	1.04
Eficàcia	1.04	1.04	1.04
Prestacions	0.83	1.77	1.30
<i>Total Normalitzat</i>	0.95	1.30	1.13

Taula 7.2.- Paràmetres de visualització i control en la interfície "B"

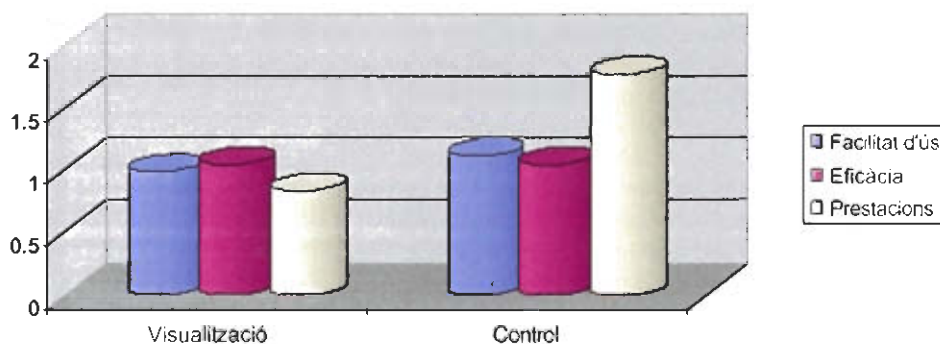


Fig. 7.2.- Visualització i control en la interfície "B"

Aquestes xifres demostren un pobre resultat quant a la facilitat d'ús en la interfície "B", el qual ja es podia esperar si considerem que hi ha molts controls en la interfície, cosa que afegeix dificultats a l'usuari en el moment inicial: la quantitat de controls satura l'usuari i en dificulta la capacitat de resposta, sobretot si no té cap coneixement del sistema. S'ha de destacar que el fet que hi hagués funcions interactives va dificultar més als usuaris treballar amb la informació del sistema i per tant és normal que hi hagués una baixa eficàcia pel que fa a la visualització. Les prestacions de control són més grans potser perquè la quantitat d'icones en la interfície permet a l'usuari desenvolupar la majoria de les tasques sense cap inconvenient.

Si posem les dades de totes dues interfícies una al costat de l'altra es pot fer una comparació més reveladora des aspectes comuns:

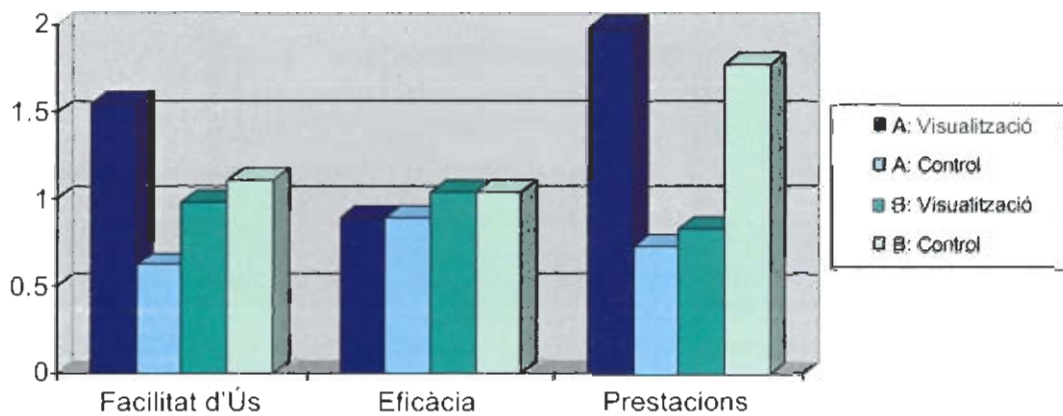


Fig. 7.3.- Comparació de les interfícies "A" i "B"

De la figura 7.3 es pot concloure que:

- La facilitat d'ús en la visualització de les dades en la interfície "A" és bona, però els altres paràmetres de facilitat d'ús en les altres interfícies és baixa. El factor relacionat amb el control en la interfície "B" és regularment baixa, situació que ens fa pensar que els usuaris tenen més dificultat per entendre el significat dels controls de la interfície. D'altra banda, una facilitat d'ús més gran en la visualització de les dades facilita la utilització del sistema per usuaris nous, perquè permet als usuaris veure què fan.
- L'eficàcia de la interfície "B" és una mica millor que en el cas de la interfície "A". La conclusió d'aquesta part és que els controls tenen un paper important en la productivitat de l'usuari i és possible que la visualització de les dades no sigui gaire significativa. Potser una vegada l'usuari entén les dades, les eines de control es tornen més importants: per això l'eficàcia dels controls en la interfície "B" s'incrementa.
- Les prestacions de totes dues interfícies és molt bona, cosa que podria dir que els usuaris se senten molt satisfets de treballar amb interfícies de realitat virtual. Les prestacions de les eines de control en la interfície "A" són baixes, però és evident que hi ha comandes per mitjà del teclat que dificulten que els usuaris facin servir el sistema. Les prestacions de la visualització de la interfície "B" també són baixes, però és evident que la visualització de les dades en aquesta interfície no és la millor. D'altra banda, el fet que una de les preguntes més importants durant les proves fos la determinació de la localització espacial de l'usuari (ubicació respecte al nord, el vaixell mare i la localització del robot en un pla de l'àrea) potser va influir els usuaris en aquest paràmetre.

És ha dir, un usuari que hagi de treballar amb la interfície A ho farà més fàcilment en les tasques relatives a la informació del sistema que no pas en les tasques de control, mentre que la facilitat d'ús de la interfície B és similar tant en la visualització com en el control del sistema. En aquesta enquesta sobre la informació del sistema s'han observat algunes respostes molt "particulars", con ara les següents:

- En la interfície A va ser més fàcil identificar el nord que en la interfície B (en què el nord estava integrat en la mateixa finestra operativa). Pot ser que per als usuaris nous sigui preferible la disponibilitat d'informació en finestres separades.

- b) En la interfície B va ser molt fàcil identificar el robot dintre de la finestra de treball. És notòria la quantitat d'usuaris que s'han equivocat en assenyalar el robot en la interfície A (hi havia molts robots en la interfície A i molts usuaris s'equivocaven). Igualment, hi havia usuaris d'aquesta primera interfície (A) que no estaven gens segurs de quina era la finestra de treball (això explicaria per què no sabien identificar el robot). De totes maneres, aquest dubte inicial se supera una vegada comencen a treballar amb la interfície i aquesta confusió desapareix.
- c) Números de la interfície. En principi no es va demanar informació del posicionament (profunditat, velocitat, etc.) als usuaris de la interfície B, perquè això obligava a triar una opció dintre d'una funció en la interfície (icona d'informació numèrica). Encara que es trobaven més còmodes fent servir la interfície A a causa que aquesta interfície ja tenia els números en pantalla, la idea era fer servir la visualització relativa del robot en pantalla per rebre la informació necessària del robot.
- d) En la interfície A és lleugerament més fàcil controlar el robot, però la tasca és més fàcil de definir en la interfície B, malgrat que en la interfície B les funcions per moure el robot i el punt de vista ja estan integrades en la pantalla.
- e) Tots dos grups consideren molt important la disponibilitat d'ajudes en pantalla.

7.2.2.- Avaluació de les Interfícies amb els Paràmetres Tradicionals

L'avaluació tradicional només intenta determinar un conjunt bàsic de paràmetres del sistema i de la interrelació de l'usuari amb aquests. No s'intenta determinar altres factors per fer-ho més simple i també perquè es considera que altres elements ja estan inclosos en els paràmetres definits. Els factors tradicionals no consideren les necessitats de visualització ni les necessitats de control sobre la interfície, perquè estan bàsicament orientades a avaluar la interfície sencera. Per això aquí no es fa cap referència d'aquestes activitats.

D'altra banda s'ha d'observar que en el mètode tradicional d'avaluació d'interfícies persona-màquina, aquesta no fa referència a les necessitats de facilitar l'ús ni del nivell amigable ni de la intuïtivitat. Per això aquestes dades no es consideren en aquestes proves.

Igual que abans, per simplificar la comparació s'ha normalitzat el resultat en l'escala de -3 a 3, on -3 és molt dolent i 3 molt bo. D'aquesta manera, es poden efectuar operacions entre tots els resultats.

7.2.2.1.- Paràmetres Tradicionals en la Interfície "A"

<i>Paràmetre Tradicionals</i>	<i>Resultat</i>
Utilitat	0.99
Efectivitat	0.89
Aprenentatge	2.05
Aptitud	1.36
Total Tradicional	1.43

Taula 7.3.- Paràmetres tradicionals en la interfície "A"

7.2.2.2.- Paràmetres Tradicionals en la Interfície "B"

<i>Paràmetre Tradicionals</i>	<i>Resultat</i>
Utilitat	1.06
Efectivitat	0.52
Aprenentatge	1.75
Aptitud	1.30
Total Tradicional	1.36

Taula 7.4.- Paràmetres tradicionals en la interfície "B"

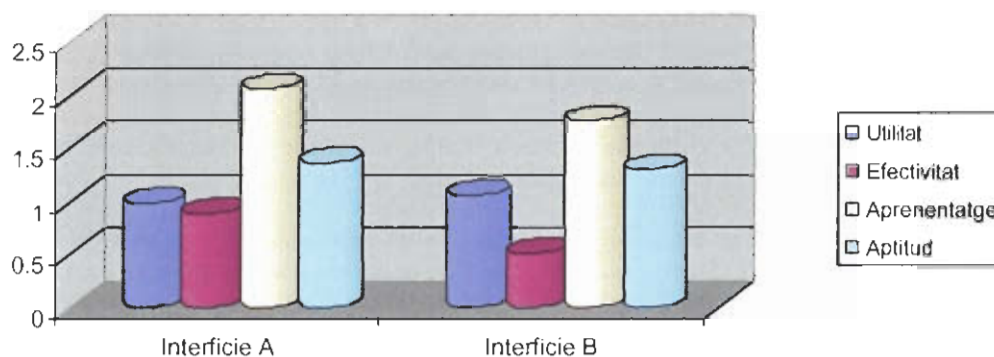


Fig. 7.4.- Factors d'utilització tradicional en les interfícies "A" i "B"

Com es pot veure en el gràfic (fig. 7.4) i les dades de la taules 7.5 i 7.6, els factors tradicionals ofereixen una puntuació semblant per a totes dues interfícies i sembla que la diferència és mínima en usar l'una o l'altra en qualsevol cas.

7.3.- Interfícies de Jocs Informàtics

Molts dels jocs informàtics relatius a activitats submarines són d'una de les activitats següents:

- Guerres i batesses
- Accions i aventures
- Carreres i competicions
- Tasques de construcció i enderrocament d'altres poblacions

En general, l'usuari ha de desenvolupar la seva tasca contra algú: un adversari real (un altre jugador) o un adversari virtual (el mateix ordinador), que controla les accions d'atacar o controla el temps i obliga l'usuari a accelerar les tasques. Per incrementar l'addició dels jugadors, moltes vegades aquest jocs estan relacionats amb activitats reals (una guerra del passat o del present) o futures (ciència-ficció, invasions d'extraterrestres o defensa contra un atac d'un altre planeta, etc.), malgrat que ara hi ha una nova modalitat de jocs que es caracteritzen per utilitzar la paròdia (guerra a causa a les escombraries d'un grup contra un altre, una invasió de peixos, etc.). Entre els jocs més populars relacionats amb operacions submarines, tenim els següents:

7.3.1.- Deep Fighter

Aquest joc, de l'empresa Britsoft Developers Criterion Studios (<http://www.ubisoft.co.uk/deepfighter/game.html>), té 40 escenaris, sis entorns (una mena de món diferent), 8 vehicles i 8 enemics, cosa que fa que sigui molt conegut entre els jugadors de jocs d'acció. Les tasques no són solament atacar l'enemic, sinó també alimentar peixos i accions comunitàries (provar nous motors, cercar fonts d'energia, etc.). Aquest joc es caracteritza pels efectes sonors i visuals.



Fig. 7.5.- Deep Fighter en acció. Imatges estretes del joc

La interfície de control d'aquest joc (fig. 7.5) conté unes figures a l'esquerra de la pantalla que serveixen de comptadors de les activitats realitzades i una brúixola virtual afegida al costat dret. L'usuari té una espècie de mira per apuntar el sistema de defensa al mig de la pantalla i també serveix com a indicador de la direcció de desplaçament.

7.3.2.- W2W Underwater Submarine Torpedo Game

La interfície de W2W Underwater Submarine Torpedo es presenta a la fig. 7.6



Fig. 7.6.- Interfície de W2W Underwater Submarine Torpedo <<http://es.millersv.edu/~webster/work2/uidownloads.html>>

Aquesta interfície, desenvolupada com a part del treball de recerca del Dr. Roger W. Webster (<http://es.millersv.edu/~webster/>), de la Universitat de Millersville a Pennsylvania (EUA), mostra una imatge des de l'interior d'un submarí virtual. L'usuari té dos indicadors visuals: una mena de radar que també serveix per controlar el submarí en el fons del mar i una barra indicadora de la profunditat del submarí, que també serveix per controlar la direcció de desplaçament. A la figura 7.6 de l'esquerra es visualitzen dos submarins, la imatge del centre mostra una visió més propera del fons i la imatge de la dreta mostra una perspectiva fora del camp de treball.

7.3.3.- Sub Culture

Sub Culture (creat per Ubi Soft) situa els usuaris en un món irreal (fig. 7.7), on els personatges fan un centímetre d'alçada i l'entorn són llocs poc habituals. Precisament aquesta és la forma d'atraure els jugadors i donar-los un entorn diferent i atractiu.



Fig. 7.7.- Sub-Culture. Imatges estretes de <<http://sites.ubisoft.fr/subculture/>>



Fig. 7.8.- Interfície del joc Sub Culture

La fig. 7.8 mostra la interfície de treball d'aquest joc: totes les eines de control estan a la part superior. El joc té òc petites finestres d'informació. L'usuari no pot controlar el punt de vista (que canvia d'acord amb les necessitats del joc).

7.3.4.- Submarine Titans

Creat per Strategy First, aquest joc defineix un conjunt d'entorns de treball basat en diferents civilitzacions que comparteixen el fons marí i han de barallar-se pels recursos disponibles. Cada civilització té una interfície futurista (fig. 7.9) que li dona al programa un atractiu important entre els jugadors d'aquesta mena de jocs.

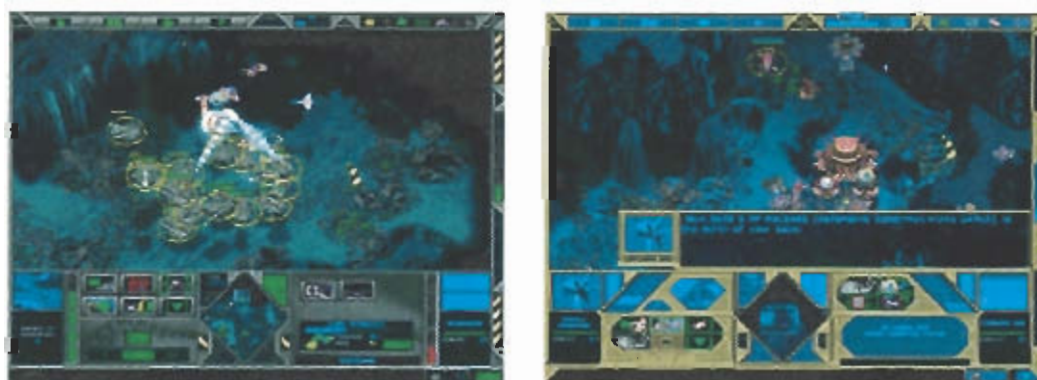


Fig. 7.9.- Submarine Titans <<http://www.intelligamer.com/strategy/subtitans/psubtitans.asp>>

7.4.- Avaluació de les Interfícies de Jocs Informàtics

Basats en les eines d'avaluació definides, es pot analitzar les interfícies i determinar-ne les funcionalitats. Cal esmentar que aquesta avaluació no serveix per determinar la funcionalitat de la interfície per al joc o per mesurar la qualitat intel·lectual, tampoc no se n'intenta determinar el valor comercial. Es vol determinar l'efectivitat d'aquestes interfícies en comparació amb les interfícies desenvolupades darrerament. Als usuaris se'ls va explicar l'objectiu d'aquesta etapa de la recerca: analitzar i entendre les interfícies de programes de jocs pel que fa a les funcions. A més a més van rebre informació de les característiques associades a cada joc en particular. De la mateixa manera que abans, se'ls va explicar que el propòsit d'aquestes proves era **entendre les interfícies persona-màquina** i no pas el rendiment de les persones. Els usuaris també tenien el dret d'acabar la prova en qualsevol moment.

7.4.1.- Índex de les Interfícies de Jocs

En l'anàlisi de l'índex de la interfície només es considera el nombre d'elements de la interfície i la distribució (quantitat de blocs o grups d'elements semblants) (vegeu la taula 7.5). També s'indica la diversitat de dades que hi ha a la interfície (numèriques, lletres, alfanumèriques, gràfiques, etc.).

<i>Interfícies de Jocs</i>	<i>Elements de Visualització</i>	<i>Quantitat de blocs</i>	<i>Escala</i>	<i>Índex de visualització</i>
Deep Fighter	7	3	3	1.29
W2W Underwater Submarine	2	2	2	2.00
Sub Culture	6	4	3	2.00
Submarine Titans	11	5	3	1.36

Taula 7.5.- Índex d'interfícies de visualització de jocs informàtics

Una consideració que s'ha de fer amb referència a aquests jocs és que es treballa més la part dels controls mitjançant el teclat i altres dispositius, situació que possiblement es deu al fet que és molt atractiu per als jugadors fer moltes accions manuals (un joc amb poques accions és un joc avorrit). Per

exemple, les consoles de joc com Nintendo, Playstation 2 o Xbox ofereixen als jugadors una unitat de control amb totes les teclades d'acció i la majoria dels jocs obliguen els usuaris a fer accions repetitives amb les mans. D'altra banda, molts d'aquests jocs no fan servir funcions de comanda en la interfície, de manera que l'índex d'interfícies amb elements de control és baix (vegeu la taula 7.6).

<i>Interfícies de Jocs</i>	<i>Elements de Control</i>	<i>Quantitat de blocs</i>	<i>Escala</i>	<i>Índex de control</i>
Deep Fighter	0	0	0	0
W2W Underwater Submarine	1	1	1	1
Sub Culture	0	0	0	0
Submarine Titans	27	12	10	4,44

Taula 7.6.- Índex d'interfícies amb control de jocs informàtics

Normalment interfícies amb un índex d'interfície gran seran més fàcil d'entendre. Un aspecte determinant en la comprensió de la interfície són també les dades que es presenten i el format que usa l'usuari en aquesta representació. Aquest índex només serveix com una referència en el desenvolupament d'interfícies.

7.4.2.- Avaluació de W2W Underwater Submarine Torpedo Game

<i>Factors</i>	<i>Visualització</i>	<i>Control</i>	<i>Total</i>
Facilitat d'Ús	0.57	1.43	1.00
Eficàcia	1.16	1.16	1.16
Prestacions	-2.31	-0.77	-1.54
<i>Total Normalitzat</i>	-0.19	0.61	0.21

Taula 7.7.- Avaluació de W2W Underwater Submarine Torpedo Game

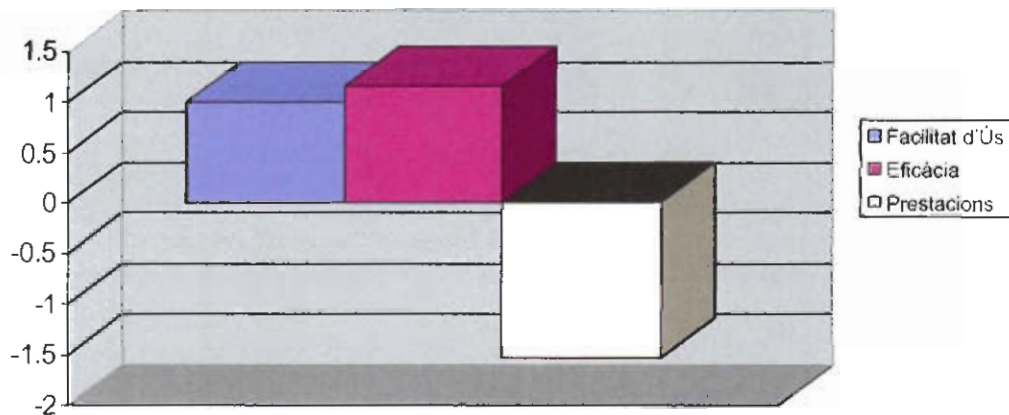


Fig. 7.10.- Paràmetres d'avaluació de W2W Underwater Submarine Torpedo Game

Aquest joc s'ha desenvolupat per realitzar activitats molt simples i, com que té poques eines, la interfície permet un pobre control sobre el vehicle. Les dificultats per a les interaccions expliquen les baixes prestacions.

7.4.3.- Avaluació de Sub Culture

<i>Factors</i>	<i>Visualització</i>	<i>Control</i>	<i>Total</i>
Facilitat d'Ús	0.90	1.10	1.00
Eficàcia	-0.34	-0.34	-0.34
Prestacions	-0.03	-0.89	-0.46
<i>Total Normalitzat</i>	0.18	-0.04	0.07

Taula 7.8.- Avaluació de Sub Culture

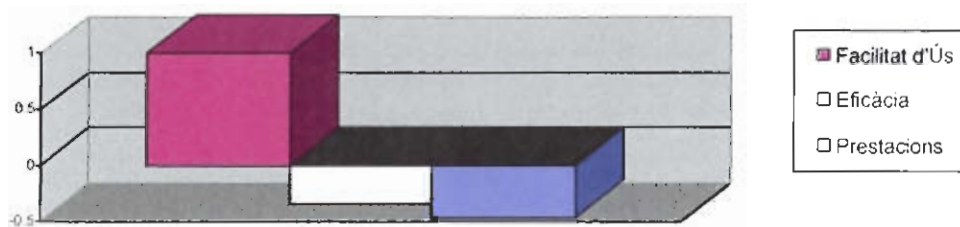


Fig. 7.11.- Paràmetres d'avaluació de Sub Culture

Aquest joc és el més complex de tots, sobretot per la lentitud del sistema: això explica el baix nivell de prestacions i eficàcia. Pot ser que aquest joc sigui popular per a les persones a les quals els agrada jugar a jocs d'acció, però per a les persones amb altres preferències és molt complex de fer servir.

7.4.4.- Avaluació de Deep Fighter

Factors	Visualització	Control	Total
Facilitat d'Ús	-0.02	0.14	0.06
Eficàcia	1.45	1.45	1.45
Prestacions	1.97	1.06	1.51
<i>Total Normalitzat</i>	1.13	0.88	1.01

Taula 7.9.- Avaluació de Deep Fighter

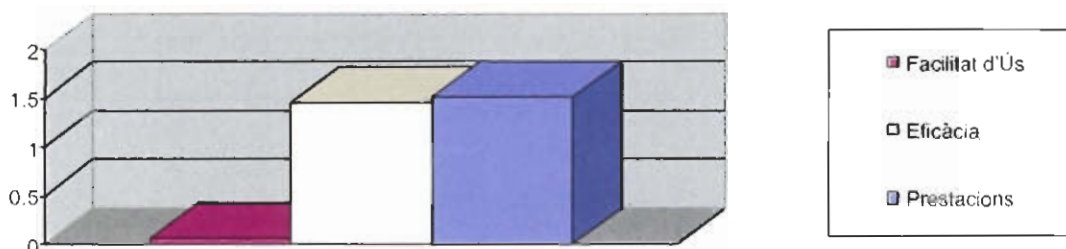


Fig. 7.12.- Paràmetres d'avaluació de Deep Fighter

Aquest joc pertany a la mateixa empresa que va desenvolupar Sub Culture (algunes de les imatges i escenes s'hi assemblen). Aquest joc va ser molt divertit de fer servir, però molt complex, i els usuaris es perdien en les jugades i eren incapaçs de tornar sols a la base (que era la tasca que s'havia de fer en la prova d'eficàcia).

7.4.5.- Avaluació de Submarine Titan

Factors	Visualització	Control	Total
Facilitat d'Ús	1.39	0.46	0.92
Eficàcia	0.97	0.97	0.97
Prestacions	1.46	1.63	1.54
<i>Total Normalitzat</i>	1.27	1.02	1.15

Taula 7.10.- Avaluació de Submarine Titan

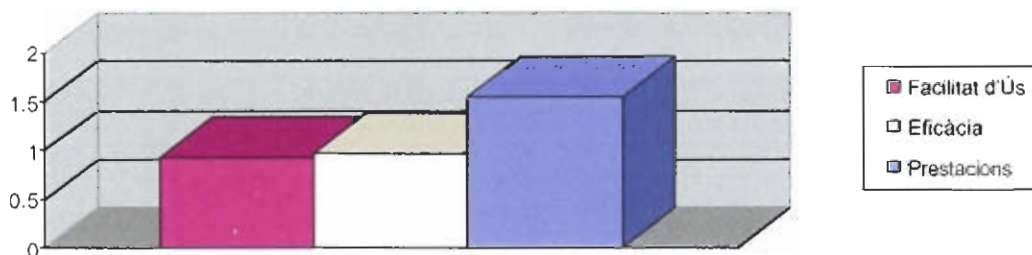


Fig. 7.13.- Paràmetres d'avaluació de Submarine Titan

Malgrat les dificultats inicials, el joc va ser divertit per a les persones que aconseguien resoldre els inconvenients inicials. La interfície canviava d'acord amb les exigències del joc i les eines que els usuaris podien pagar.

7.4.6.- Anàlisi Comparativa de les Interfícies Persona-Màquina Proposades i les dels Jocs

<i>Interfície</i>	<i>Visualització</i>	<i>Control</i>	<i>Total</i>
Interfície "A"	1.48	0.75	1.11
Interfície "B"	0.95	1.30	1.13
W2W Underwater Submarine	-0.19	0.61	0.21
Sub Culture	0.18	-0.04	0.07
Deep Fighter	1.13	0.88	1.01
Submarine Titan	1.27	1.02	1.15

Taula 7.11.- Avaluació de les interfícies de joc

De les proves realitzades es pot determinar que la complexitat de les interfícies no en determina que la utilització no sigui òptima. Els usuaris prefereixen funcions simples en activitats de treball i els jocs ofereixen un entorn més competitiu en el qual s'intenta atraure els usuaris mitjançant recursos no indispensables (so, color, aparença futurista, etc.), però que no contribueixen al resultat de la tasca. Malgrat que la interfície B ha obtingut un lleuger avantatge, les necessitats de visualització (que en alguns casos es va considerar indispensable) podrien fer canviar la selecció per la interfície "A".

7.5.- Les Activitats dels Usuaris

Els usuaris desenvolupen diferents activitats en l'ús de la interfície. En la fig. 7.14 es presenta l'esquema de treball per al desenvolupament d'interfícies. Cadascuna d'aquestes activitats requereixen un enfocament diferent. De la mateixa manera, activitats amb control i visualització requereixen que els usuaris treballin amb diferents habilitats.

En la fig. 7.14 es presenta l'esquema d'acció dels usuaris amb control i visualització. En el cas de les accions de control en la interfície (fig. 7.14a), l'usuari ha de ser conscient del que fa (s'està considerant només el cas d'actes racionals): cercar els controls que s'han de fer servir, executar les comandes i verificar que aquestes comandes han fet fer les accions corresponents. Si encara no ha pogut resoldre l'objectiu plantejat, ho ha de tornar a fer tot a partir dels controls de la interfície. Els usuaris que no poden fer les accions que volen, intenten controlar el sistema mitjançant tots els controls disponibles.

En el cas de les accions de visualització (fig. 7.14b), l'usuari ha de ser igualment conscient de les accions a realitzar. Ha de cercar les finestres amb les dades que li interessin i interpretar-les. Si les dades interpretades no es corresponen amb l'estat actual, l'usuari torna a veure les dades per cercar alguna clau que li indiqui què fa malament o com pot interpretar les dades d'una altra manera. Aquest esquema explica per què una interfície amb moltes finestres complicaria l'operació d'un usuari nou: a causa de la quantitat de finestres, l'usuari se les hauria de mirar totes per veure quina ofereix les dades de la manera més coherent amb allò que considera que és el punt de partida (el seu estat de consciència inicial).

Normalment els usuaris fan servir totes dues activitats al mateix temps; llavors, la necessitat de determinar l'estat actual desapareix en la primera estona de treball. Encara que s'han de realitzar activitats de cerca de controls i de finestres de visualització, si tots dos estan molt ben diferenciats (en llocs diferents del monitor o amb altres aspectes diferenciadors), l'usuari pot realitzar les tasques més fàcilment, perquè no tindrà dubtes de quines accions intenta fer.

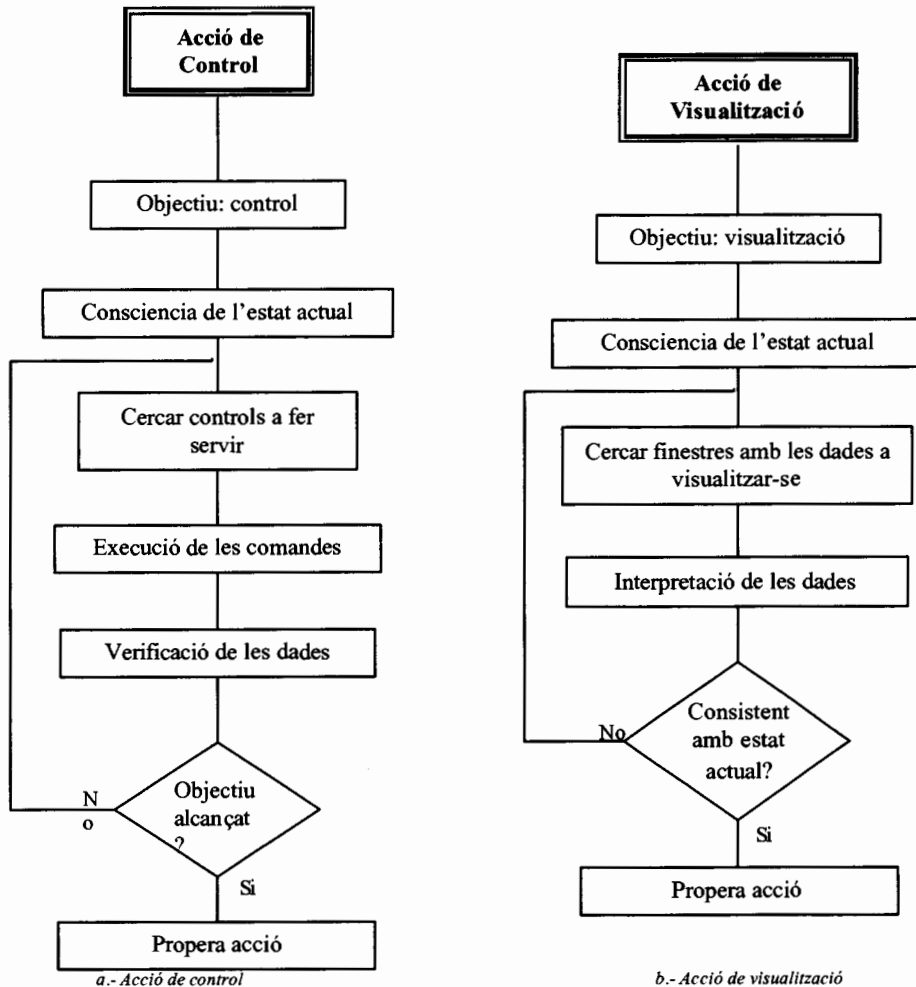


Fig. 7.14.- Esquema d'acció dels usuaris de control i visualització

7.6.- Propostes de Criteris de Disseny Ergonòmic de les Interfícies Persona-Màquina (HMI) per a Vehicles Submarins

El procés de disseny s'ha realitzat mitjançant un procés cíclic iteratiu de tres fases:

- Especificació de la interfície
- Participació de l'usuari
- Disseny de la interfície

Cadascuna d'aquestes etapes s'han d'avaluar i analitzar considerant les activitats que desenvolupen els usuaris en cada tasca (fig. 7.14: accions de control i visualització), per determinar les necessitats i satisfaccions dels usuaris, així com les guies de disseny definides en els capítols 3 i 4.

En la fig. 7.15 es presenta l'esquema que s'ha seguit per dissenyar aquestes interfícies. Sota aquest esquema, el disseny s'ha d'iniciar per les especificacions, les quals s'han d'avaluar, i després, un cop aprovades, es passa a la següent etapa de definició del prototipus. Es torna a fer la mateixa anàlisi: avaluació de preferències dels usuaris i anàlisi corresponent. Una vegada aprovades les preferències en el prototipus es passa a l'etapa de disseny de la interfície. Aquí es torna a avaluar la interfície amb els usuaris i se n'analitza les opinions i satisfaccions, per determinar la configuració final de la interfície.

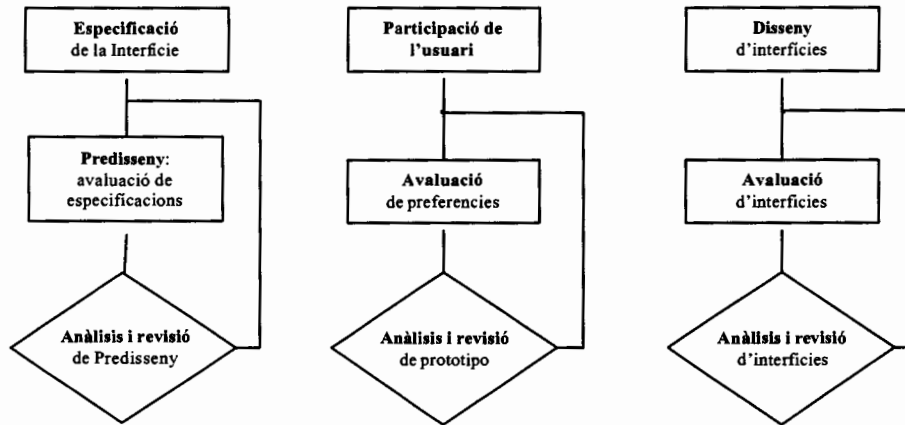


Fig. 7.15. - Esquema de disseny de les interfícies virtuals

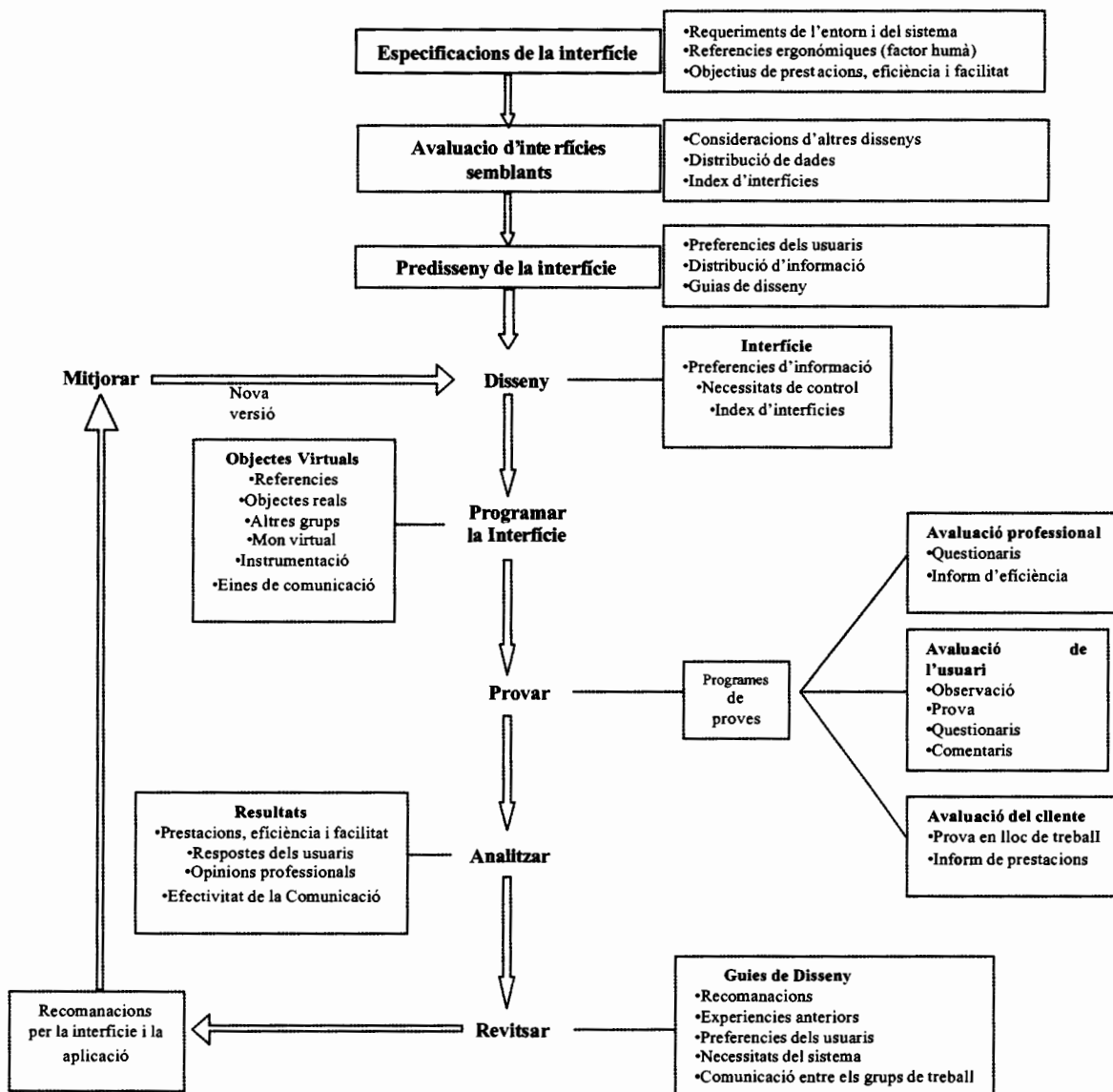


Fig. 7.16. - Metodologia dels criteris de disseny ergonòmic de les interfícies persona-màquina(HMI) per a vehicles submarins teleoperats

L'esquema de disseny d'interfícies presentat en la figura 7.16 és una representació de les activitats cícliques del procés de disseny en interfícies persona-màquina. Aquestes etapes són:

- **Especificacions de la interfície:** el disseny de la interfície comença per la avaluació de les necessitats tècniques i les raons que impulsen al desenvolupament del sistema. Per exemple, no és el mateix dissenyar una interfície per a sistemes de bases de dades dels estudiants d'una universitat que la interfície de control d'un robot de cirurgia. També es poden definir els objectius de facilitat d'ús, eficiència i prestacions que s'esperen de la interfície.
- **Avaluació d'interfícies semblants:** la consideració d'altres interfícies i sistemes semblants permet elaborar un projecte millor, que tindrà en consideració els altres aspectes de disseny.
- **Disseny funcional i òptim:** aquesta etapa inclou els aspectes i les consideracions analitzats en el disseny funcional i el disseny òptim de la interfície del capítol 4.
- **Disseny i programació de la interfície:** l'etapa de disseny inclou el desenvolupament i la programació de la interfície.
- **Provar la interfície i analitzar les dades:** aquesta etapa inclou la preparació de les proves per determinar el rendiment de les tasques i el rendiment de l'usuari. La durada de l'acció de l'usuari així com el nombre d'errors que fa és una mesura directa de l'eficiència de la interfície. Les raons de les proves són diverses:
 - **Determinació del rendiment:** es poden realitzar proves per determinar el rendiment que s'obté amb la nova interfície.
 - **Comparació d'interfícies:** es pot avaluar per comparar dues interfícies semblants i determinar quina és la més idònia per a unes tasques determinades.
 - **Millora d'interfícies:** després de realitzar les proves de les interfícies es poden millorar els elements que es va determinar que tenien un baix rendiment d'utilització. Aquesta millora pot realitzar-se en la interfície mitjançant una imatge gràfica millor (gràfics excel·lents de Tufte) o mitjançant millores de les ajudes i/o de l'entrenament.

Amb totes les dades de les proves s'ha d'analitzar el resultat dels paràmetres d'utilització de la interfície. D'aquesta anàlisi es pot deduir millores per al sistema, així com una definició de l'entrenament que els usuaris podrien requerir, i serveix com a base per definir el servei tècnic que es pot donar als futurs usuaris.

- **Revisar i millorar la interfície:** els aspectes que es volen millorar s'han d'incloure en el procés i la interfície ha de contenir tots els elements requerits. Aquesta revisió podria incloure altres formes d'interacció que s'han considerat efectives en el moment de les proves, així com noves formes de presentació de dades. Basats en les proves fetes i les revisions anteriors es poden afegir més funcionalitats a la interfície, per donar-li les funcionalitats addicionals que s'hagi detectat que es necessiten o que millorarien l'ús dels usuaris. D'aquí sortirà una nova versió que satisfarà les necessitats del sistema i les dels usuaris.

7.6.1.- El Procés Cognoscitiu de la Relació: Usuari – Interfície – Sistema

Les interfícies persona-màquina fan una representació de dades emmagatzemades i prèviament processades per l'ordinador. Aquestes dades hi arriben de l'entorn mitjançant sensors que els capturen d'acord amb les necessitats definides en el capítol 4. L'entorn produeix les dades però també influeix l'usuari de moltes maneres (d'acord amb la natura del sistema: socialment, emocionalment, etc.). En general es pot dir que el sistema i l'usuari estan interrelacionats i que aquest enllaç afecta la qualitat i la naturalesa de les interfícies.

A la fig. 7.17 es pot veure com l'usuari ha de treballar en aquest cas: allunyat de les condicions reals del robot i el seu entorn d'operació. Els robots tenen els sensors per prendre les dades necessàries, que són processades per l'ordinador i presentades a l'HMI. Si s'analitzen aquestes condicions es pot identificar alguns elements amb els quals l'usuari ha d'interactuar, com ara l'entorn de treball, l'entorn del robot (en aquest cas, les condicions extremes de l'àrea de treball del robot) o l'activitat que desenvolupa el robot en particular.

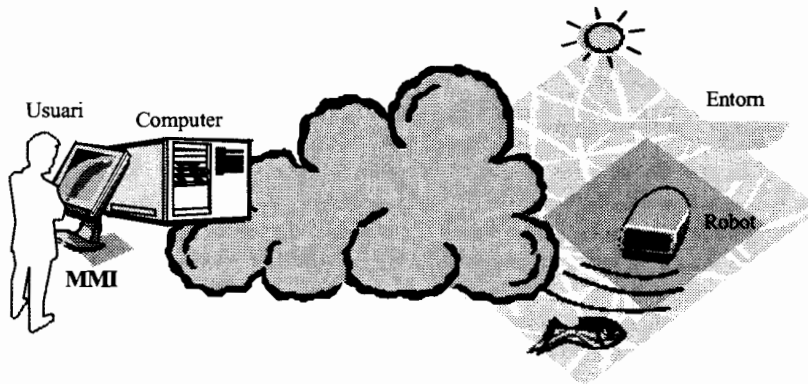


Fig. 7.17.- Interacció de l'usuari i el robot teleoperat: interfície - sistema – entorn

A la fig. 7.18 es presenta un gràfic que identifica aquests elements. També s'identifica que l'entorn social afecta el desenvolupament de les interfícies i el coneixement de l'usuari d'aquest sistema.

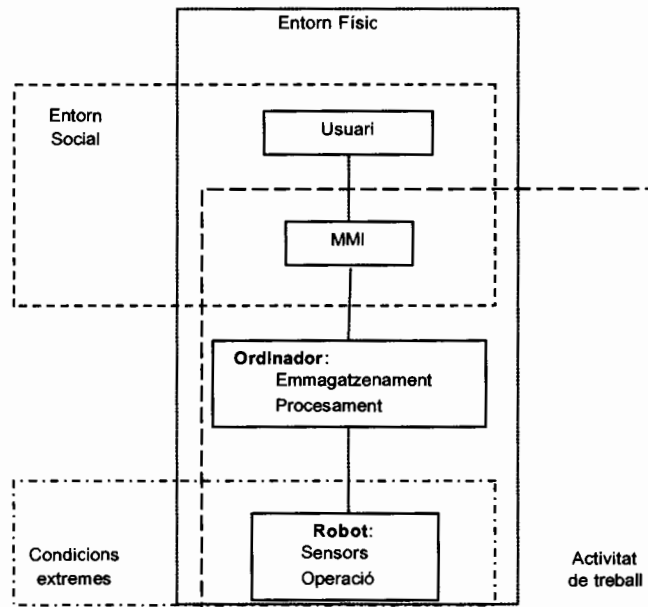


Fig. 7.18.- Elements que interrelacionen amb l'usuari i el robot teleoperat en la HMI

7.7.- Guia de la Proposta de Criteris de Disseny Ergonòmic de les Interfícies Persona-Màquina (HMI) per a Vehicles Submarins

Durant el desenvolupament d'aquest projecte es van determinar un conjunt de regles o sugerències que poden ajudar en el desenvolupament d'interfícies virtuals d'escriptori (virtual reality desktop) per a la teleoperació de robots en entorns no estructurats. Aquestes regles són:

- a) **S'ha de determinar el conjunt d'activitats que el vehicle o el robot poden realitzar en l'entorn de treball.** Aquest conjunt de treball defineix els indicadors i sensors que es necessiten i les seves característiques poden influir en la presentació del sistema.

- b) **Els usuaris han de rebre informació del reconeixement espacial i formes d'orientació en l'espai.** En la teleoperació d'un vehicle l'usuari ha de ser capaç d'arribar a la meta i després anar al mateix lloc d'origen.
- c) **Les interfícies han d'oferir ajudes per a la planificació de la trajectòria a seguir per guiar l'usuari i aquesta informació ha d'estar integrada en la mateixa imatge virtual,** per oferir informació d'una manera integrada i unificada.
- d) **La interfície s'ha d'organitzar de tal manera que els elements de control del sistema estiguin en un costat i les dades de visualització en un altre.** Les excepcions a aquesta regla són els controls interactius (en què la funció de representació visual i la de control estan integrades) o en els controls amb una finestra de visualització directament relacionada.
- e) **Les ajudes de navegació no reals, com són el nord, el corrent de desplaçament i altres dades que poden afectar el desplaçament del robot, podrien presentar-se en la mateixa finestra de treball virtual, per reduir el nombre de finestres que l'usuari ha de veure al mateix temps.** Es podrien fer servir colors transparents per ressaltar el fet que són objectes no reals, però la presència d'aquests colors en la imatge de treball incrementa la quantitat d'elements que l'usuari ha d'observar al mateix temps.
- f) **Els controls que faciliten el desplaçament del robot es podrien treure de la finestra de treball.** Aquests controls es podrien posar en algun ratolí virtual que l'usuari pogués controlar directament. Així es reduiria la quantitat d'elements en el monitor de treball, cosa que disminuiria la càrrega visual per a l'usuari i facilitaria el control del vehicle.
- g) **Dades operatives amb poca variació (com per exemple la potència de desplaçament, etc.) es podrien amagar als usuaris nous i deixar-les com una opció per als usuaris avançats i activar-les en cas de manteniment.** Així mateix, la informació de manteniment s'ha de presentar en un format que sigui fàcil d'entendre pels usuaris nous (malgrat que no fan aquesta tasca normalment). Possiblement s'hauria de fer servir dos nivells de presentació de dades: un per als usuaris nous i un altre per als usuaris avançats.
- h) **S'ha d'integrar un mapa que ajudi l'usuari a orientar-se indicant-li la localització del robot, així com els punts d'importància,** com ara el punt d'origen, la destinació, la indicació del nord i altres referències que es puguin fer servir.
- i) **S'ha de limitar el desplaçament de l'usuari en l'espai virtual, perquè no s'escapi de l'entorn de treball.** Els usuaris nous que tenen poca experiència en treballs avançats (amb ordinadors, robòtics o de realitat virtual) tindran moltes dificultats per entendre què passa si se'n van del món definit de treball. Aleshores, s'ha de limitar les accions dels usuaris i fins i tot facilitar la recuperació d'un punt de vista raonable. L'habilitat dels usuaris per entendre que estan dintre d'un entorn virtual està molt relacionada amb les seves experiències tècniques amb ordinadors. Els usuaris difícilment poden orientar-se si es troben fora de l'àrea de treball definit.

En les tasques de visualització la minimització de controls i indicadors és important. Una funció per netejar la finestra de les dades virtuals de referència podria ser important. Per exemple, si l'usuari intenta localitzar algun objecte a la finestra i hi ha objectes virtuals al mig de la imatge, pot desorientar-se. D'altra banda, la disponibilitat de la informació de forma classificada (finestres separades) ajuda els usuaris a triar la finestra d'informació més important i per tant a desenvolupar les tasques millor. Els usuaris nous també consideren molt atractiu disposar de moltes finestres a la pantalla, malgrat que facin més errors.

En la tasca de control la necessitat de controlar el robot amb eficàcia podria requerir més dades virtuals en la finestra de control per ajudar l'usuari en la seva tasca. Per exemple, en la conducció, la possibilitat d'observar la trajectòria a seguir (mitjançant línies virtuals fusionades amb la imatge) podria orientar molts usuaris. D'altra banda, la disponibilitat d'uns controls mínims agrupats de forma funcional (funcions per controlar el punt de vista, funcions per fer avançar el robot, funcions per controlar la navegació, etc.) ajuda els usuaris a triar els controls més fàcilment. En aquest estudi no s'ha analitzat l'impacte dels entorns virtual immersius com a eina de control per a vehicles submarins teleoperats. Aquest assumpte es podria analitzar en un futur, dissenyant un tauler de control virtual mitjançant algunes de les eines presents en els vehicles espacials: monitors grans i informació fusionada per millorar la transferència d'informació persona-màquina.

Capítol 8

Conclusions, Aportacions

i

Altres Àrees d'Investigació

*“Discovery consists of seeing what everybody has seen
and thinking what nobody has thought.”*

Albert Szent-Gyorgyi de Nagyaolt
(1893–1986) Primi Nobel

Capítol 8. Conclusions, Aportacions i Altres Àrees d'Investigació

8.1.- Conclusions

Durant el desenvolupament d'aquesta recerca s'ha pogut experimentar i valorar els elements de disseny gràfic aplicat a les interfícies que ajuden en el desenvolupament d'eines més amigables per a l'usuari en sistemes teleoperats de vehicles en entorns submarins. Les principals conclusions a què ha donat lloc aquest treball són les següents:

1. **El predisseny és una de les etapes de partida dintre del desenvolupament d'interfícies que permet incloure les necessitats tècniques i les preferències de l'usuari en les primeres etapes del disseny.** En el disseny d'interfícies no solament s'ha de considerar les necessitats tècniques del sistema, sinó també les necessitats dels usuaris. Aquesta consideració dintre de l'esquema inicial de concepció de la interfície permet obtenir la informació de com distribuir les dades i optimitzar la interrelació usuari-màquina. El predisseny de la interfície ofereix la primera versió d'interacció amb el sistema i d'aquesta es pot treure diferents alternatives que s'han d'avaluar d'acord amb les necessitats operatives dels usuaris i del sistema.
2. **Les interfícies basades en entorns visuals permeten fer una representació artificial de l'entorn de treball i donen a l'usuari la possibilitat d'explorar l'àrea de treball sense les limitacions físiques de la realitat.** Aquesta llibertat dona a l'usuari la possibilitat d'acostumar-se a treballs submarins i de practicar l'execució de tasques complexes abans de realitzar-les. Aquest enfocament també serveix com a eina d'entrenament d'usuaris. La representació del fons mitjançant objectes tridimensionals dintre de la interfície visual permeten representar de forma gràfica l'estructura del mapa marí i guiar els usuaris en les diferents tasques que han de desenvolupar. Una representació visual de l'àrea que l'usuari ha de treballar, sense els sorolls de l'aigua bruta o d'objectes no reals (com les algues i els peixos), ajuda a conduir amb comoditat, a més a més que permet veure la destinació més fàcilment (en la realitat la càmera del robot no té un abast adequat per veure un objectiu llunyà), sense que importi la llunyania (perquè sempre es pot ajustar el punt de vista).
3. **Les funcions de control del punt de vista dintre de les interfícies visuals és indispensable per ajudar els conductors a situar-se dintre d'una perspectiva que els ajudi a veure tot l'entorn de treball.** El control del punt de vista afegeix una altra variable de control al sistema, de manera que és necessari informar-ne els usuaris i diferenciar els controls relatius als controls del vehicle. S'ha d'observar que els usuaris poden perdre's fàcilment dintre de la tasca i l'àrea de treball; per tant, és indispensable donar-li eines per controlar-ho i tornar al punt de vista inicial. D'acord amb les proves fetes, és preferible posar els controls de punt de vista a la interfície (perquè és una funció poc coneguda) i es pot deixar els controls de mobilització del robot en el teclat (perquè molts usuaris han pogut descobrir aquesta funcionalitat fàcilment en altres programes).
4. **Les eines interactives basades en objectes reals i coneguts, com ara el semàfor, el mapa clau (keymap), la brúixola i altres recursos gràfics amb diverses funcions associades, permeten als usuaris aprendre a fer servir funcions avançades d'una forma ràpida i simple, però té l'inconvenient de disminuir la facilitat d'ús i fa més llarg l'aprenentatge del sistema.** El disseny dels controls interactius s'ha de fer considerant l'aplicació, imitant sobretot les eines reals existents (per exemple, la brúixola) o donant informació indispensable (per exemple, el mapa clau), perquè la incorporació de funcions interactives fa que els usuaris en puguin fer un ús abusiu en intentar activar-les, sobretot si no causen problemes en

l'operació. Llavors, el dissenyador ha de tenir en compte que els usuaris nous poden oblidar-se de la tasca principal, jugant amb els controls d'elements secundaris. Una vegada que els usuaris dominen les eines interactives, poden treballar millor i això millora l'efectivitat de la interfície.

5. **Un dels problemes més greus observat en la conducció del robot teleoperat en un entorn visual és la dualitat de posicions, es ha dir, el fet que l'usuari estigui en un lloc, mirant i controlant el robot teleoperat i en canvi el robot es mou en un espai tridimensional sense control.** Aquest problema és similar al problema del "cursor i el ratolí" en els processadors de paraules comercials: l'usuari malgrat que veu un objecte (el ratolí) no sap a què fa referència i pensa que pot escriure en la posició indicada per aquest element. En el cas de la teleoperació de robots, l'usuari no sap (o se n'oblida) si el moviment que fa correspon a ell mateix o al robot. La majoria dels errors es devien a la manera errònia en què l'usuari triava la direcció de conducció. Aquest problema era més greu a la interfície A, en la qual hi havia moltes representacions de robot en la secció d'icones. Aquest problema només es pot resoldre amb un bon entrenament i fent que el robot faci servir una altra representació en les icones. Usuaris amb experiència en jocs informàtics estan més acostumats a veure aquesta dualitat i entenen l'operació del sistema més fàcilment.
6. **L'optimització d'informació a la finestra d'operació s'ha de realitzar tenint en compte les necessitats dels usuaris.** S'ha de tenir en compte que com més informació es posi a la interfície, aquesta serà més difícil de fer servir (cosa que afectarà el factor "eficàcia") i disminuirà la capacitat intuïtiva de la interfície (cosa que afectarà el factor "facilitat d'ús"). La informació en forma de text s'ha de minimitzar (excepte en les ajudes) per evitar la distracció de l'usuari en tasques de llegir textos o en la realització de múltiples activitats al mateix temps. Les dades s'han de presentar d'una manera combinada i lògica, agrupades en cadascuna de les finestres corresponents perquè l'usuari pugui treballar-hi sense haver de recórrer a altres referències. La integració de dades visuals en la finestra d'operació permet disminuir la quantitat de finestres amb dades separades, però aquestes dades s'han de presentar de forma coherent i de manera que faci evidents les accions que s'estan realitzant en la finestra d'operació.
7. **La comparació d'interfícies s'ha de fer considerant no solament els paràmetres d'avaluació d'una interfície, sinó també les funcions presents en l'una i absents en l'altra, i la consideració del valor i la funcionalitat que cadascuna de les interfícies donen a l'usuari.** D'altra banda, la valoració de les dades en la interfície també constitueix un factor important. Després, amb un factor de pes, es pot determinar quina interfície és la més adequada per a cada cas. S'han valorat les dues interfícies obtingudes inicialment i es pot mesurar una figura de mèrit o paràmetre d'avaluació que serveix per determinar el disseny d'una que integra les millores característiques de totes dues.

8.2.- Aportacions a les Interfícies Persona-Màquina (HMI) per a Vehícles Submarins

Entre les aportacions que s'han fet en el desenvolupament d'aquesta recerca, tenim:

1. **L'índex de les interfícies persona-màquina (HMI), per avaluacions ràpides de les interfícies.** Aquesta metodologia dona un nombre qualitatiu de la interfície i serveix com una avaluació simple i ràpida d'interfícies d'usuaris per simplificar la seva comparació. Aquest paràmetre permet determinar ràpidament com perceben la interfície altres usuaris en les diferents funcions de visualització o control. L'índex de les interfícies és un nombre que relaciona proporcionalment la quantitat d'elements que hi ha a la pantalla i la forma en què s'organitza aquesta en grups, tenint en compte la qualitat de la dada presentada (escala

multiplicadora), encara que assumeixi que la interfície està ben dissenyada (interfície funcional i ergonòmica), perquè no considera aspectes com ara la grandària, la quantitat i el tipus de dades presentades (una mida petita de les lletres o una gran quantitat de text o un conjunt de dades alfanumèriques, o el color i la relació amb el fons, són molt difícils de llegir).

2. **Criteris de disseny d'interfícies per a vehicles submarins mitjançant entorn virtuals.** S'ha presentat una metodologia pel disseny d'interfícies per a sistemes teleoperats basats en entorns virtuals. La representació gràfica i visual de les funcions és determinant en la millora de l'ús del sistema i la satisfacció dels usuaris. L'èxit de la realització de les tasques encomanades als usuaris es deu a la millora de les eines visuals que li permeten veure com es realitzen les activitats. L'ús d'ajudes visuals i entorns virtuals en la interfície ajuden a orientar l'usuari, sobretot si estan relacionades amb conceptes de la tasca (nord, posició, superfície, ombres del robot projectades, etc.) i es tornen visibles en aquest univers virtual per guiar l'usuari en la conducció. A més a més, permeten indicar que el robot teleoperat està ben situat. Aquestes eines són, entre altres, la superfície, les ombres virtuals projectades en la superfície i el fons, el nord, etc., i han demostrat tenir una gran acceptació. Els usuaris s'adapten ràpidament a fer-les servir i són molt importants per guiar l'usuari en els entorns virtuals. La redundància (d'informació crítica) ben equilibrada és important en les interfícies virtuals, en les quals l'objecte teleoperat ha de maniobrar en espais tridimensionals submarins.
3. **Paràmetres proposats d'avaluació d'interfícies persona-màquina (HMI).** Una nova metodologia per l'avaluació d'interfícies es va proposar que considera les tres etapes de la interacció: l'usuari, el sistema i la tasca. Aquestes conceptes s'han de considerar en l'avaluació perquè permeten determinar si la interfície compleix els requeriments de facilitat d'ús, eficàcia i prestació que requereix l'usuari. La bellesa d'aquesta manera d'analitzar els factors d'utilització d'interfícies persona-màquina és que estan relacionades amb tres etapes de la interrelació de l'usuari amb el sistema: la facilitat d'ús està relacionada amb l'usuari; l'eficàcia, amb la productivitat de la interfície i el resultat que l'usuari obté mentre la fa servir, i les prestacions, amb la satisfacció de l'usuari després de fer-la servir.
4. **Procés d'avaluació.** El procés d'avaluació d'interfícies amb una descripció de cadascuna de les activitats a realitzar-se es va presentar, incloent-hi les funcions de l'enquetat. Per fer una valoració d'una interfície s'ha de determinar els objectius de l'avaluació i definir prèviament les activitats a realitzar durant l'avaluació, per donar als usuaris només la informació que requereixen d'acord amb la prova a fer. Donar molta informació pot ser molt atractiu al principi, però només torna més difícil l'operació en situacions complexes, sobretot per als usuaris principiants, quan s'avaluen dues interfícies amb diferents objectius. No donar cap informació és impossible, perquè no té sentit demanar-li a un usuari que faci res sense cap explicació; a més a més, els usuaris se senten molt poc motivats en una tasca amb aquesta forma. L'avaluació ha de tenir en compte els controls que les interfícies ofereixen a més a més de la facilitat d'obtenir informació, però també s'ha de considerar la distribució de les finestres de treball i de les ajudes interactives.
5. **Metodologia dels criteris de disseny ergonòmic de les interfícies persona-màquina (HMI) per a vehicles submarins.** S'ha presentat l'esquema que s'ha seguit per dissenyar aquestes interfícies. Sota aquest esquema, el disseny s'ha d'iniciar per les especificacions, i després, un cop aprovades, es passa a la etapa de definició del prototipus i disseny de la interfície, sempre sota la consideració dels usuaris, en un procés cíclic i iteratiu per perfeccionar l'interfície. Una distribució adequada de les dades en la interfície permet maximitzar la transferència de dades de l'usuari i el sistema (interfície persona-màquina). L'optimització de la visualització de dades ajuda els usuaris a entendre millor la informació en el sistema i a captar les dades operatives més fàcilment. Les dades no s'haurien de barrejar amb els controls, llevat que estiguessin relacionats amb les accions que fan els controls; per exemple, la potència dels motors: les icones que permeten incrementar o disminuir la potència han d'estar a prop de l'indicador corresponent.

6. **Guia de la proposta de criteris de disseny ergonòmic de les interfícies persona-màquina (HMI) per a vehicles submarins.** Finalment es presenten una sèrie de recomanacions pel disseny d'interfícies per sistemes teleoperats que permetran a altres dissenyadors a desenvolupar millores interfícies. Distribuir els elements amb molta cura ajuda els usuaris a centrar-se en les tasques que desenvolupa en aquell moment: visualització de dades i/o control del sistema. Sembla millor, d'acord amb les proves fetes, que els costats dret i esquerre i la part inferior de la pantalla són els llocs més adequats per als usuaris per posar les dades. El requeriment de dades en la finestra de treball depèn molt de l'habilitat de l'usuari i els requeriments de la tasca; la disminució de la quantitat d'errors solament es pot aconseguir mitjançant la pràctica d'aquest sistema i un bon disseny. Potser hi ha sistemes simples que no requereixen entrenament, però la conducció i la manipulació d'un robot són més complexes i requereixen pràctica i usuaris amb coneixements en aquesta àrea. Llavors, un possible enfocament en aquests sistemes podria ser oferir una interfície més simple per als usuaris nous amb moltes finestres de dades (de manera que se simplificaria la visualització d'informació) i per als usuaris avançats oferir més controls en les interfícies, que ferien la interfície més eficient. Icones d'acció requereixen un tipus de condicionament en l'usuari que és diferent de la visualització. Per millorar la capacitat dels usuaris de rebre informació de la interfície és millor dedicar certes zones de la interfície per mostrar dades i altres per a les accions (per exemple, en aquest cas s'ha posat les finestres de visualització a l'esquerra i les funcions de control a la dreta). Hi ha una quantitat òptima de controls per a una tasca determinada, segons el nivell d'habilitat dels usuaris, els seus coneixements i l'experiència que tinguin en el moment de la prova.

8.3.- Treballs Publicats

Fins ara s'ha publicat els següents treballs que estan associats a aquesta tesi:

- a.- Monferrer, A. & Bonyuet, D. "**Cooperative Robots Teleoperation through Virtual Reality Interfaces**". 6th International Conference in Information Visualization: "Colaborative Information Visualization Environments". IEEE Computer Society. Article acceptat a ser presentat en July 10–12, 2002, London, UK. Aquest treball presenta la definició d'interfícies per a entorns cooperatius i les regles de disseny per a aquests sistemes.
- b.- Bonyuet, D. & Monferrer, A. "**Interfaces for Underwater Robot: the challenge of visualizing control and operation**". Maritime Transport 2001. Barcelona, España, November, 21 – 23 2001. Aquest treball presenta la comparació de les interfícies per al control i la visualització de robots submarins per a les tasques de cerca d'un punt específic i per a la cerca d'objectes desconeguts en el fons marí. També presenta les diferències en les tasques de visualització i control de robots.
- c.- Bonyuet, D. & Monferrer, Alexandre; "**An Approach in the Evaluation of Virtual Reality Interfaces**", 4th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics and 6th International Conference on Information Systems Analysis and Synthesis: SCI/ISAS 2000. July, 24 – 26 2000, Orlando, FL, USA. En aquest article es presenta l'esquema d'avaluació d'interfícies considerant múltiples esquemes, entre els quals hi ha l'avaluació de la resposta de l'usuari i la interpretació de l'usuari de dades no presents en la interfície i de les dades que no serveixen en la interfície.
- d.- Bonyuet, D. & Monferrer, Alexandre; "**Tools to Improve Virtual Interfaces**"; 3rd World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics and 5th International Conference on Information Systems Analysis and Synthesis: SCI/ISAS 1999. July, 31 -

August, 4 1999. Orlando, FL, USA. En aquest article es discuteixen els elements que serveixen de suport a les interfícies virtuals. La realitat virtual no només no permet als usuaris treballar adequadament perquè no li dóna prou referències per a les tasques. En l'article es presenten els beneficis de les ombres virtuals, la brúixola, el mapa clau i altres.

- e.- Bonyuet, D. & Monferrer, Alexandre; **"Users and Evaluation an Approach to Get the Right Information"**, 3rd World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics and 5th International Conference on Information Systems Analysis and Synthesis: SCI/ISAS 1999. July, 31 - August, 4 1999. Orlando, FL, USA. Els usuaris no són prou fàcils d'instruir en les avaluacions d'interfícies. En aquest article es tracta el problema de com afrontar-les i com preparar els usuaris per obtenir els millors resultats per al desenvolupament de la interfície.

- f.- Bonyuet, D. & Monferrer, Alexandre; **"Designing Virtual Interfaces for Teleoperated Robots"**, 2nd World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics and 4th International Conference on Information Systems Analysis and Synthesis: SCI/ISAS 1998. July, 12 - 16 1998. Orlando, FL, USA. Aquest article presenta els aspectes que s'han de considerar en el disseny d'interfícies. Entre els diferents aspectes hi ha la distribució de la informació a la pantalla, la finestra d'informació, icones, etc.

- g.- Bonyuet, D. & Monferrer, Alexandre; **"Interactive Keymaps to Control the View Point in Virtual Worlds"**, 2nd World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics and 4th International Conference on Information Systems Analysis and Synthesis: SCI/ISAS 1998. July, 12 - 16 1998. Orlando, FL, USA. Aquest article presenta els avantatges de fer servir un mapa petit interactiu de l'àrea de treball per simplificar la conducció de l'operador i al mateix temps oferir-li un sistema per moure el robot més fàcilment.

- h.- Bonyuet, D. & Monferrer, Alexandre; **"Evaluación de Periféricos de Entrada en las Interfaces Virtuales para el Telecontrol de Robots Submarinos"**. 5^o Congreso "Las Nuevas Fronteras de la Automatización", aer - atp, Bilbao, Spain. September, 17 - 19 1997. pp 411 - 423. Aquest article avalua els diferents perifèrics d'entrada: teclat, ratolí i ratolí tàctil (pad), per obtenir la informació de l'usuari.

- i.- Bonyuet, D. & Monferrer, Alexandre; **"Parameters Evaluation in the User Interface Design of Teleoperated Robots"**. International Conference on Engineering Design, Iced 97 Tampere, Finlàndia. August, 19 - 21 1997. pp 571 - 576. En aquest article es considera els paràmetres que s'han d'avaluar en el disseny d'interfícies, així com els objectius i les metes que s'han de considerar en la prova d'interfícies virtuals i de vehicles teleoperats. Defineix les diferents proves fetes per mesurar el rendiment dels usuaris enfront de la interfície.

- j.- Bonyuet, D. & Monferrer, Alexandre; **"Entornos Virtuales para la Teleoperación de Robots"**, III Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Universitat Politècnica de Catalunya. September, 12 - 14 Barcelona and Terrassa 1996, pp 1537-1544. En aquest article es presenten els avantatges de fer servir la realitat virtual per dissenyar les interfícies de vehicles teleoperats, així com els beneficis que es poden obtenir treballant amb les imatges virtuals. També s'explica l'esquema de treball per obtenir les dades que configuren el fons marí.

- k.- Bonyuet, D.; **"Disseny d'Interfícies per a la Comanda i Seguiment de Vehicles Teleoperats en Espais Tridimensionals"**, 1^o Seminari de Treball en Automàtica, Robòtica i Percepció, Universitat Politècnica de Catalunya - Universitat de Girona, Barcelona.

February, 21 - 23 1996. En aquest article es van presentar les raons per les quals s'havia d'elaborar una tesi en l'àrea d'interfícies per a vehicles teleoperats. A més a més, es presenten els objectius d'aquest treball així com la forma d'enfrontar aquest problema.

- l.- Bonyuet, D.; "An Approach to Facilitate the Teleoperation of a Vehicle in 3D Space", ERCIM Workshop: "Towards User Interfaces for All: Current Efforts and Future Trends", ICS-FORTH, Heraklion, Creca, Grecia. October, 30 - 31 1995. Es va explicar la importància de fer servir referències virtuals per ubicar els usuaris dintre de les interfícies de teleoperació de vehicles.
- m.- Bonyuet, D.; "Diseño de una Interface Ergonómica para el Control Teleguiado de un Robot Submarino", II Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Universidad del País Vasco. October, 4 and 5 at Bilbao and October, 6 at San Sebastián 1995. Es va presentar el predisseny d'una interfície amb els aspectes ergonòmics de distribució de la informació.

8.4.- Àrees Obertes de Possibles Treballs Futurs

- I. **Interfícies intel·ligents i eines de realitat augmentada** que puguin recomanar a l'usuari l'acció que s'ha de fer, a més a més de les funcions que s'han de dur a terme d'acord amb el grau de coneixement de l'usuari. La idea és anticipar-se a les necessitats i fer les funcions automàtiques tan fàcils com sigui possible. En principi, també s'hauria d'incloure la capacitat del pilot automàtic intel·ligent, fent servir tècniques qualitatives o genètiques que puguin deduir la millor trajectòria cap a un punt específic o el seguiment d'objectius mòbils. L'avantatge de les interfícies intel·ligents per a la teleoperació és molt recent i potenciaria l'ús d'aquests sistemes entre usuaris no experimentats. Les interfícies intel·ligents permeten adaptar les interfícies a l'usuari i reconèixer-ne el grau de coneixements. Les interfícies intel·ligents busquen adaptar-se a l'usuari i donar-li les millors respostes d'acord amb la situació. Gerard Kleisterlee (CEO de Philips Electronics) va declarar a CES'2002 (Consumer Electronic Show, Las Vegas, EUA) que "ambient Intelligence refers to electronic environments that are sensitive and responsive to the presence and needs of people". En aquest sentit, no és el desenvolupament d'una interfície sinó de tot l'entorn el que ajuda l'usuari a desenvolupar les tasques de control i teleoperació del robot i altres eines relacionades més fàcilment.
- II. **Copilots virtuals.** L'usuari submergit en un món virtual pot requerir la assistència d'un copilot virtual per assolir moltes de les tasques simples, de manera que l'usuari no ha que realitzar accions simples sinó encarregar-les al copilot. L'agent virtual s'encarrega de fer totes les operacions (pilot automàtic) però a més a més dóna informació en temps real de suport per a totes les tasques que l'usuari vol fer. Conegut amb el nom d'avatars en anglès, aquests personatges omplen la funció de servir com a copilots virtuals i promouen una interacció més agradable i interactiva.
- III. **Avaluació automàtica d'interfícies.** Seria molt útil la possibilitat de disposar d'un programa o sistema que pogués avaluar les interfícies de forma automàtica tenint en compte el públic destinatari de l'aplicació. Aquesta avaluació hauria de tenir en compte alguns dels conceptes desenvolupats en aquesta tesi, però també hauria de basar-se en les regles de disseny que existeixen, la mida de les lletres, la distribució de dades, els tipus de gràfics empleats, la quantitat de variables presentades, les consideracions ergonòmiques, etc.
- IV. **Interfícies per la coordinació de múltiples robots submarins teleoperats.** La possibilitat de controlar múltiples robots en un entorn cooperatiu i entendre el procés cognoscitiu que es desenvolupa en aquestes tasques per accelerar les tasques del grup és una àrea oberta d'investigació i recerca. La utilització de múltiples robots de manera simultània per a la adquisició de dades d'entorns ajudaria a crear mapes tridimensionals de la distribució

espacial de compostos marins (incloent-hi la dispersió de microorganismes en les aigües marines) amb més precisió i contribuiria a l'anàlisi de la dinàmica en aquest entorns. Com que es tracta de treballar amb múltiples robots, la idea seria tenir robots petits amb una mínima quantitat d'equips, controlats per un nombre mínim d'usuaris. Per exemple, es podria reconstruir més fàcilment les dinàmiques del fons marí (un sol robot no podria mai agafar dades simultànies de diferents llocs), fer l'anàlisi de la qualitat de l'aigua, recerca oceanogràfica, inspecció de ports, etc. Aquest avantatge d'informació comportaria un cost més gran de control i coordinació de tots els robots, a més a més de les necessitats d'interfícies dinàmiques que permetessin controlar múltiples robots amb pocs usuaris (un usuari, diversos robots). Aquestes interfícies han de considerar les eines per extraure la dada dinàmica de tots els robots en un punt centralitzat per simplificar la visualització d'aquesta informació.

- V. **Interfícies per a la teleoperació de robots submarins en entorns cooperatius.** Un cas relacionat amb la part esmentada abans és crear interfícies per a la teleoperació de robots per a múltiples grups d'investigadors de manera simultània des de diferents llocs. Per exemple, podria donar-se el cas d'un robot controlat per l'equip de recerca de Girona, un altre robot controlat per l'equip de recerca de la Facultat de Nàutica i un altre equip de coordinació a la seu de l'ESAI: cadascun dels grups tindria unes responsabilitats específiques i haurien de dur a terme les tasques d'acord amb les tasques fetes pels altres grups. En aquest cas, es tracta de definir les interfícies per a tots els grups de treball i definir la jerarquia de treball, així com la sincronització, malgrat el retard del senyal i altres pertorbacions, així com la comunicació coordinada, el grau de cooperació i l'assignació dinàmica de responsabilitats i tasques entre tots el grups. La influència de la teleoperació de robots a Internet i el retard introduït en el senyal s'han de tenir en compte en aquest projecte.