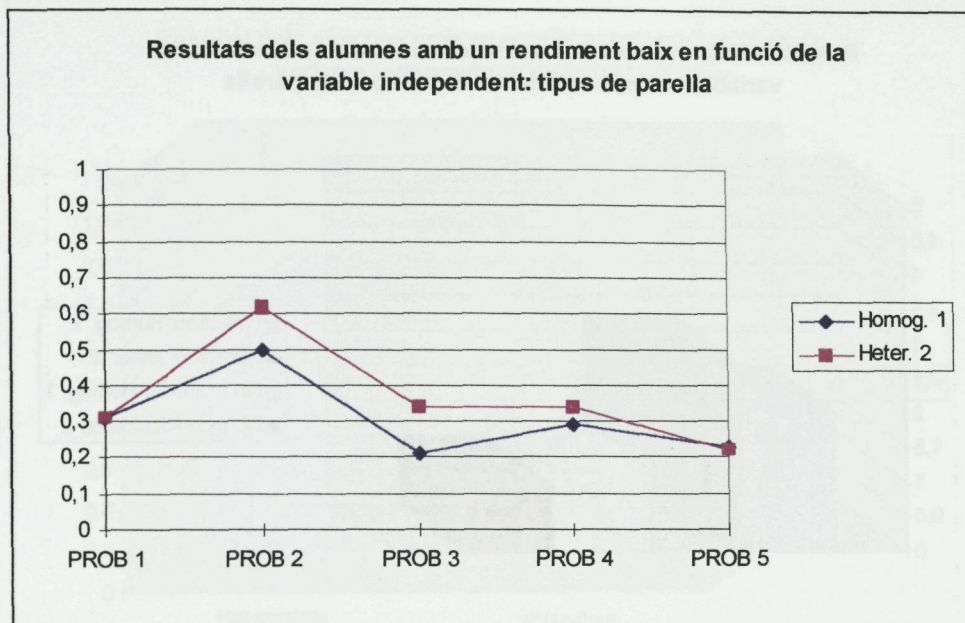




ESTRATÈGIES DE RESOLUCIÓ DE PROBLEMES
MATEMÀTICS: INCIDÈNCIA DE L'ÚS DEL FOLI DE
CÀLCUL EN L'ENSENYAMENT/APRENTENTATGE
DE LA PROPORCIONALITAT

MANOLI PIFARRÉ TURMO

1999

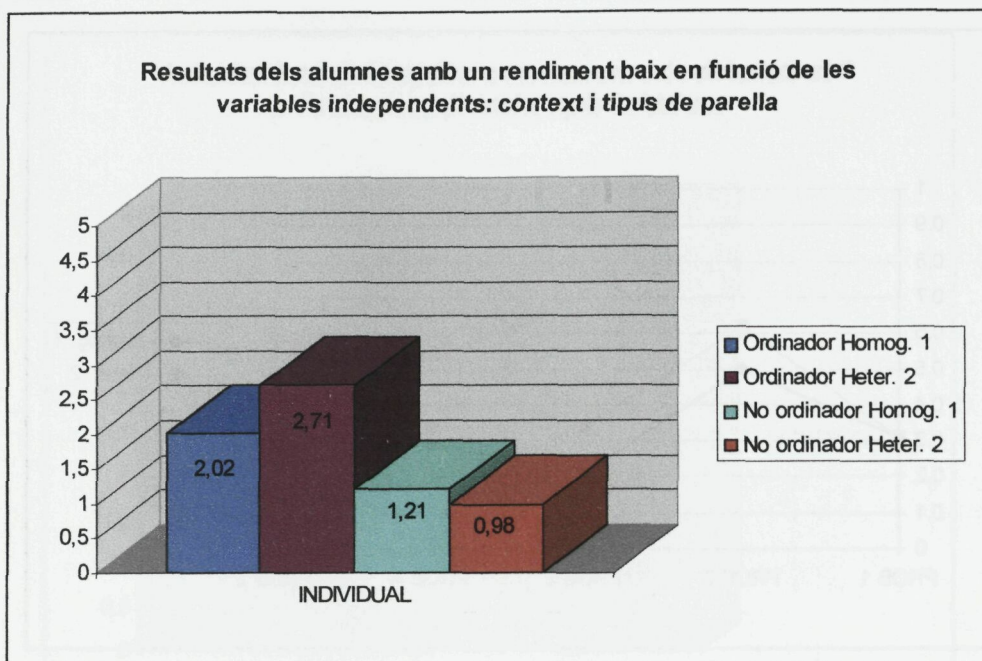


Gràfic IV-19: Resultats en la resolució individual dels diferents problemes de la prova post-test dels alumnes amb un rendiment matemàtic baix i en funció de la variable independent: tipus de parella.

Les diferències entre les puntuacions obtingudes pels alumnes amb un rendiment baix a l'àrea de matemàtiques i que han treballat en una tipologia de parella diferent són més accentuades si fem una anàlisi en funció del context d'aprenentatge que han seguit.

Com s'observa en el gràfic IV-20, els alumnes de rendiment baix, que han treballat en una parella heterogènia i que han seguit el context d'aprenentatge amb ordinador puntuen més alt que els alumnes que han treballat en el mateix context d'aprenentatge però en una parella homogènia, tot i que aquesta diferència no és estadísticament significativa.

Pel que fa al context d'aprenentatge sense ordinador, s'observa que pràcticament no hi ha diferència en la puntuació obtinguda pels alumnes que han treballat en parelles diferents.



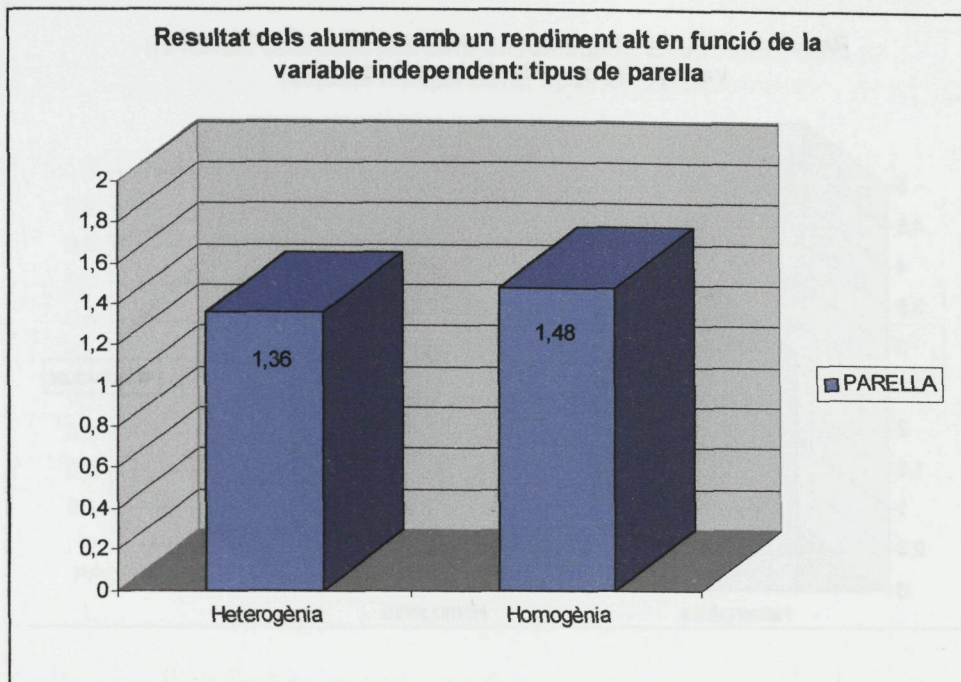
Homog. 1: parella homogènia baixa; **Heter. 2:** parella heterogènia.

Gràfic IV-20: Resultats obtinguts pels alumnes amb un rendiment baix en la resolució individual de problemes en funció de les variables independents: context d'aprenentatge i tipus de parella. Puntuació màxima: 5 punts.

Aquestes dades ens permeten concloure que l'ús del full de càlcul en la resolució de problemes matemàtics ha incidit positivament en el rendiment dels alumnes. Aquesta incidència positiva és més gran quan els alumnes amb un rendiment inicial baix en l'àrea de matemàtiques treballen amb un company amb una competència més gran en aquesta àrea curricular.

b) Anàlisi dels resultats obtinguts en la resolució de problemes individualment pels alumnes amb un rendiment inicial alt sobre el contingut de la proporcionalitat.

La puntuació obtinguda pels dos grups d'alumnes en la resolució de problemes en parella és molt similar, com es pot observar en el gràfic IV-21. Les diferències en la puntuació obtinguda no és estadísticament significativa.

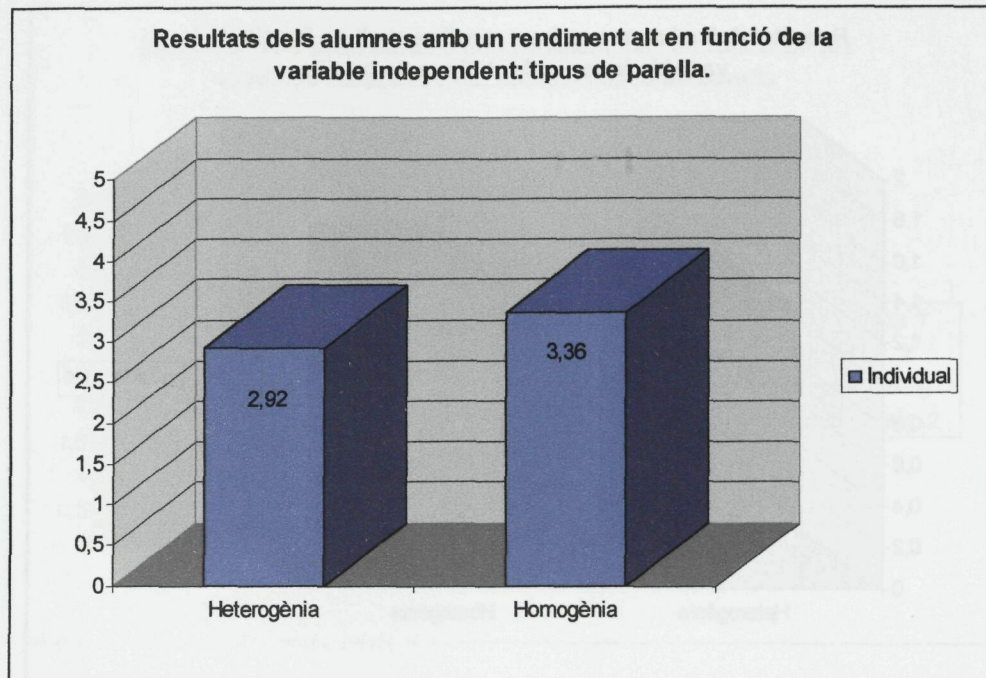


Gràfic IV-21: Resultats en la resolució de problemes en parella dels alumnes amb un rendiment matemàtic alt i en funció de la variable independent: tipus de parella. Puntuació màxima = 2 punts.

En aquesta primera anàlisi, podem concloure que el rendiment en la resolució de problemes en parella dels alumnes amb un rendiment inicial alt és independent del tipus de parella amb què han treballat.

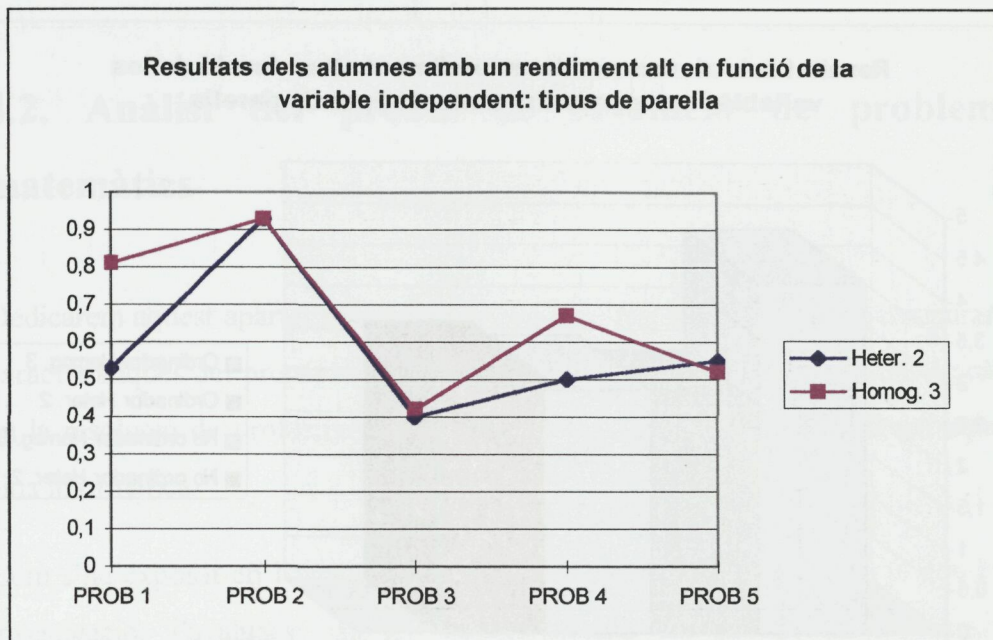
Les puntuacions obtingudes en la resolució de problemes individualment pels alumnes amb un rendiment alt i que han treballat amb una tipologia de parella diferent, heterogènia o homogènia, no són estadísticament significatives.

Ara bé, en la resolució individual de problemes, les puntuacions obtingudes pels alumnes amb un rendiment alt i que han treballat en una parella homogènia, són superiors a les obtingudes pels alumnes que han treballat en una parella heterogènia, encara que no sigui estadísticament significatiu, com s'observa en el gràfic IV-22.



Gràfic IV-22: Resultats en la resolució individual de problemes dels alumnes amb un rendiment matemàtic alt i en funció de la variable independent: tipus de parella. Puntuació màxima = 5 punts.

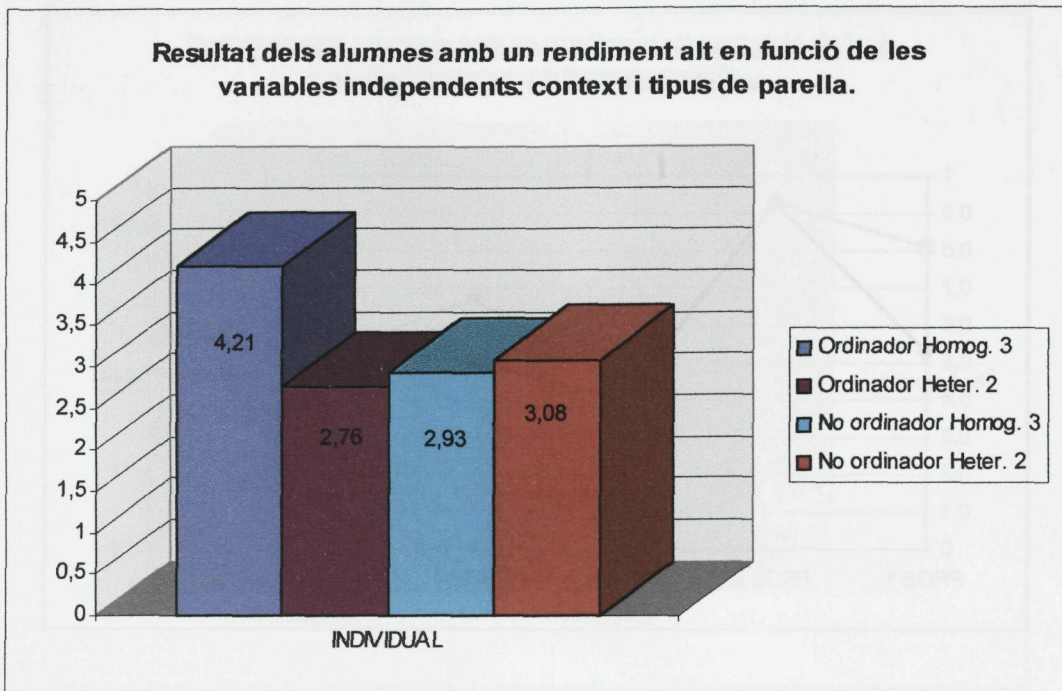
Si analitzem la puntuació obtinguda pels dos grups d'alumnes en els cinc problemes que es resolen individualment, aquesta és molt similar en la resolució dels problemes 2 i 3, i els alumnes que han treballat amb una parella homogènia puntuen lleugerament inferior en el problema 5, com s'observa en el gràfic IV-23.



Gràfic IV-23: Resultats en la resolució individual dels diferents problemes de la prova post-test dels alumnes amb un rendiment matemàtic alt i en funció de la variable independent: tipus de parella.

Una anàlisi de les puntuacions obtingudes pels alumnes amb un rendiment inicial alt en funció del tipus de parella i el context d'aprenentatge seguit, mostra que, en el context d'aprenentatge que ha utilitzat l'ordinador, els alumnes que han treballat en una parella homogènia puntuen més alt que els que han treballat en una parella heterogènia. Ara bé, aquesta diferència no és estadísticament significativa.

En canvi, en el context d'aprenentatge que no ha utilitzat l'ordinador i en la resolució individual de problemes, les puntuacions obtingudes pels alumnes que han treballat en una parella heterogènia són més altes que les dels alumnes que han treballat en una parella homogènia.



Homog. 3: parella homogènia alta; **Heter. 2:** parella heterogènia.

Gràfic IV-20: Resultats obtinguts pels alumnes amb un rendiment alt en la resolució individual de problemes en funció de les variables independents: context d'aprenentatge i tipus de parella. Puntuació màxima: 5 punts.

4.2. Anàlisi del procés de resolució de problemes matemàtics

Dedicarem aquest apartat del capítol d'anàlisi de resultats a estudiar i comparar les característiques del procés de resolució dels alumnes que utilitzen el full de càlcul en la resolució de problemes matemàtics i dels alumnes que no utilitzen aquesta eina informàtica.

Com s'ha exposat en l'apartat 3 d'aquest capítol dedicat a descriure el procés de investigació, l'avaluació de les característiques del procés de resolució de problemes dels alumnes s'ha realitzat a partir de l'enregistrament en vídeo de 12 parelles d'alumnes durant la resolució d'un problema, distribuïdes en dos grups: 6 parelles que utilitzen el full de càlcul i 6 parelles que no l'utilitzen.

Les accions cognitives i metacognitives que els alumnes realitzen per resoldre el problema, així com, les característiques de la interacció de les parelles d'alumnes durant el procés de resolució, s'han categoritzat en funció de l'instrument d'avaluació dissenyat en el nostre estudi. Posteriorment, s'ha comptabilitzat el temps que cada alumne realitza cadascuna de les categories de l'instrument d'avaluació. En aquest apartat, analitzarem les diferències quant al temps que els alumnes dels dos contextos d'aprenentatge realitzen les diferents categories. En aquesta anàlisi hem utilitzat la prova estadística de comparació de mitjanes T-TEST de SPSS.

L'estructura d'aquest apartat es divideix en dues parts. En la primera part es comparen les diferents categories que descriuen el procés de resolució dels dos grups d'alumnes en temps absolut, i en la segona part es comparen en temps relatiu.

4.2.1. Anàlisi del procés de resolució de problemes: temps total (segons) dedicat a les diferents categories de l'instrument d'avaluació

En aquest apartat analitzarem la freqüència en termes de temps (segons) en què els alumnes presenten les característiques de les diferents categories definides en l'instrument d'avaluació.

4.2.1.1. Les fases de resolució

L'objectiu d'aquest apartat és comparar el temps que els dos grups d'alumnes entren per resoldre el problema¹⁶ i conèixer com es distribueix en el primer nivell d'anàlisi del nostre instrument d'avaluació: les fases de resolució.

La comparació del temps invertit en la resolució del problema pels dos grups d'alumnes s'ha realitzat amb la prova estadística de comparació de mitjanes T-TEST de SPSS.

Una primera anàlisi del temps total en segons que els dos grups d'alumnes necessiten per resoldre el problema detecta diferències molt significatives ($p < .001$)¹⁷. Els alumnes que utilitzen el full de càlcul utilitzen més temps per resoldre el problema que els alumnes que utilitzen la calculadora. Els primers, entren per resoldre el problema una mitjana de 1720 segons (29 minuts, aproximadament) i el

¹⁶ Els alumnes disposen per a resoldre el problema d'un màxim de 45 minuts.

¹⁷ En l'annex 4 es presenten les taules de resultats corresponents a la prova estadística de comparació de mitjanes T-TEST de SPSS realitzada per a l'anàlisi de resultats de resultats de l'apartat 4.2.

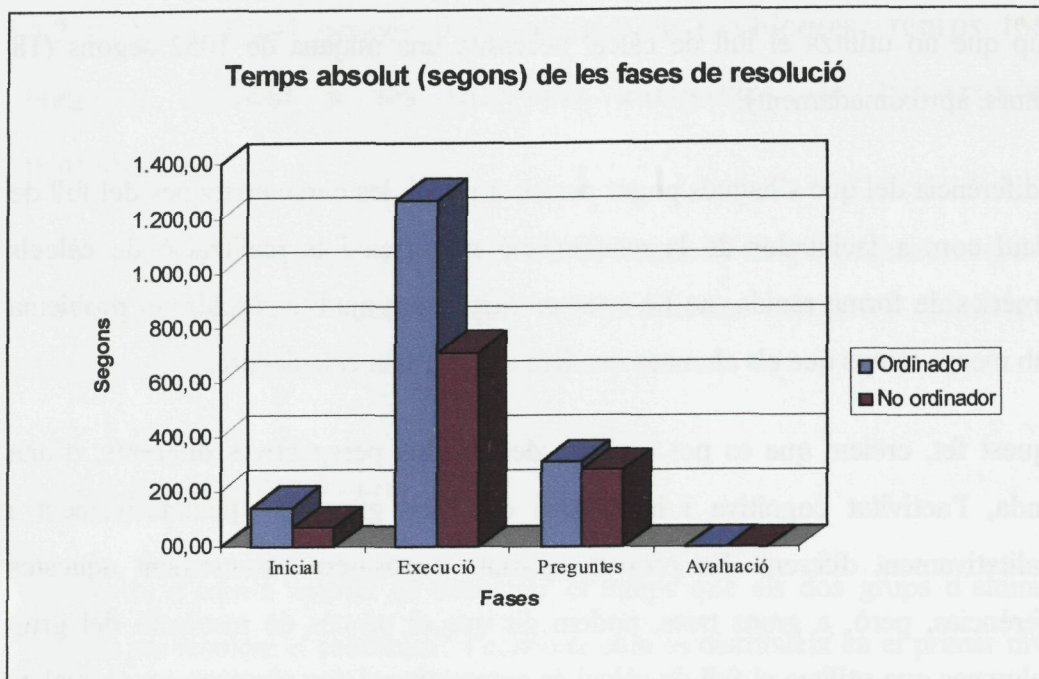
grup que no utilitza el full de càlcul necessita una mitjana de 1052 segons (18 minuts, aproximadament).

A diferència del que s'hagués pogut pensar a priori, les característiques del full de càlcul com a facilitador de la manipulació numèrica i la realització de càlculs numèrics de forma ràpida, no ha estat un factor que ajudi a resoldre el problema amb menys temps que els alumnes que han utilitzat una calculadora.

Aquest fet, creiem que es pot explicar des de dos perspectives diferents, d'una banda, l'activitat cognitiva i interactiva dels dos grups és quantitativament i qualitativament diferent. En propers apartats exposarem extensament aquestes diferències, però, a grans trets, podem dir que el procés de resolució del grup d'alumnes que utilitza el full de càlcul és compartit pel dos alumnes, en el qual es posen en joc processos cognitius de nivell superior que els que s'observen en el grup d'alumnes que no utilitza el full de càlcul.

D'altra banda, creiem que el període de temps d'un trimestre que ha durat el crèdit no ha estat suficient per a aprendre a manejar de manera fluïda i ràpida el programa de full de càlcul. Així, l'anàlisi del procés de resolució ha detectat que els alumnes que han utilitzat el full de càlcul dediquen una part del temps a explorar les opcions del menú del programa, amb l'objectiu de buscar l'ordre adequada que permeti a l'ordinador executar una acció concreta.

La distribució del temps que els dos grups d'alumnes utilitzen per resoldre el problema en les quatre fases en què hem segmentat el problema, es representa en el gràfic IV-21.



Gràfic IV-21: Distribució en temps absolut de les diferents fases de resolució del problema.

Una anàlisi del temps que els dos grups d'alumnes inverteixen en les quatre fases en que hem dividit el procés de resolució del problema, observem, en primer lloc, que els alumnes que utilitzen el full de càlcul dediquen més temps que els alumnes que no la utilitzen en la fase inicial, fase encaminada a obtenir una representació significativa del problema i a planificar el procés de resolució. La diferència de temps emprat en la fase inicial entre els dos grups d'alumnes és estadísticament significativa ($p < .05$).

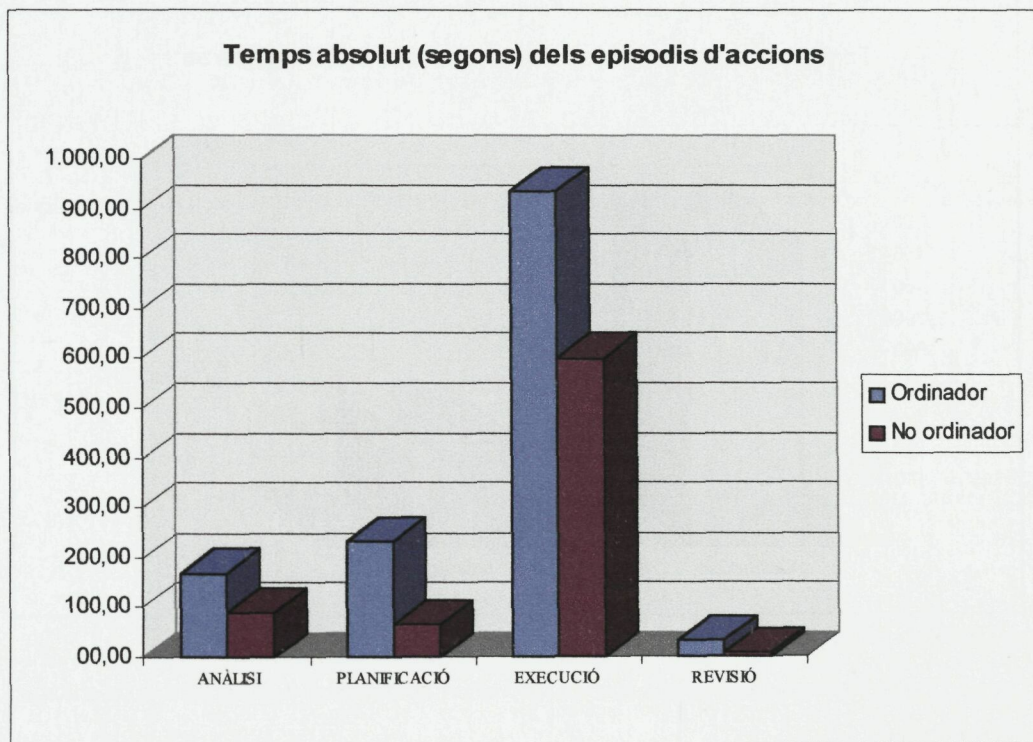
En segon lloc, s'observa que els alumnes que utilitzen el full de càlcul dediquen molt més temps que els alumnes que no utilitzen aquesta eina en la fase d'execució. Aquesta diferència també és estadísticament significativa ($p < .005$).

En tercer lloc, no s'observen diferències significatives en el temps que tots dos grups dediquen en la fase de preguntes. I, finalment, cal destacar que cap de les parelles analitzades dediquen temps a avaluar el problema un cop ha estat resolt.

En els següents apartats analitzarem les característiques de l'activitat cognitiva i interactiva durant el procés de resolució dels dos grups d'alumnes.

4.2.1.2. Anàlisi de l'activitat cognitiva per resoldre el problema: els episodis d'accions

La distribució del temps que cada grup d'alumnes dedica a la realització d'accions cognitives dels diferents episodis definits en el nostre instrument d'anàlisi es representa en el gràfic IV-22.



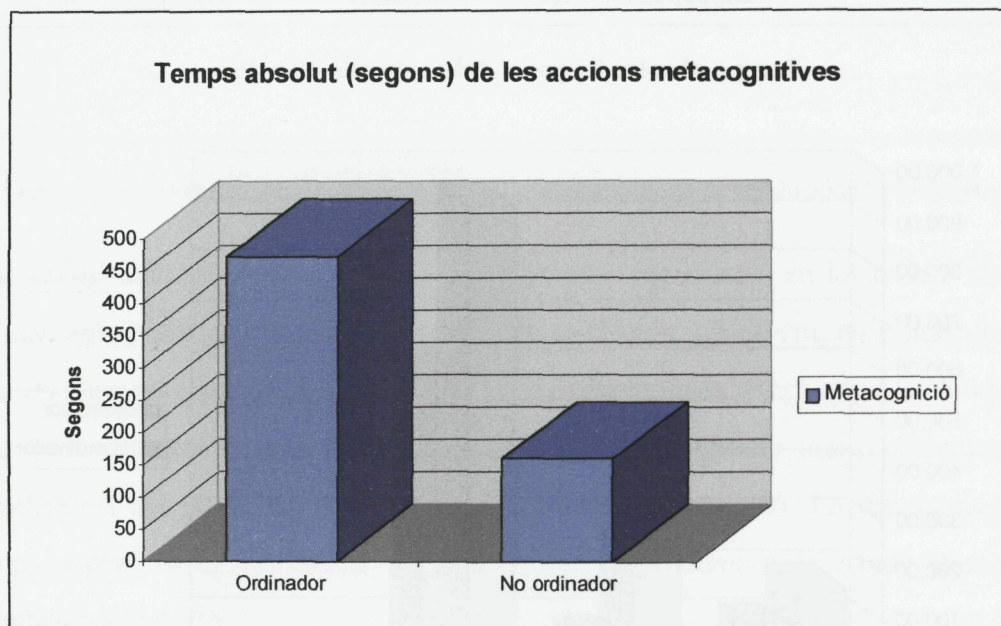
Gràfic IV-22: Distribució en temps absolut dels diferents episodis d'accions durant la resolució del problema.

El grup d'alumnes que ha utilitzat el full de càlcul realitza un major nombre d'accions encaminades a analitzar les dades del problema, a planificar el procés de resolució i a resoldre el problema amb èxit que els alumnes que no utilitzen aquesta

eina informàtica. Aquestes diferències són estadísticament significatives en l'episodi de planificació ($p < .001$) i en l'episodi d'execució ($p < .05$).

4.2.1.3. Anàlisi de l'activitat metacognitiva

L'activitat metacognitiva també és major en el grup d'alumnes que ha utilitzat l'ordinador que en el grup d'alumnes que no l'ha utilitzat. Aquest major nombre d'accions metacognitives és estadísticament significativa ($p < .005$), tal i com es mostra en el gràfic IV-23.



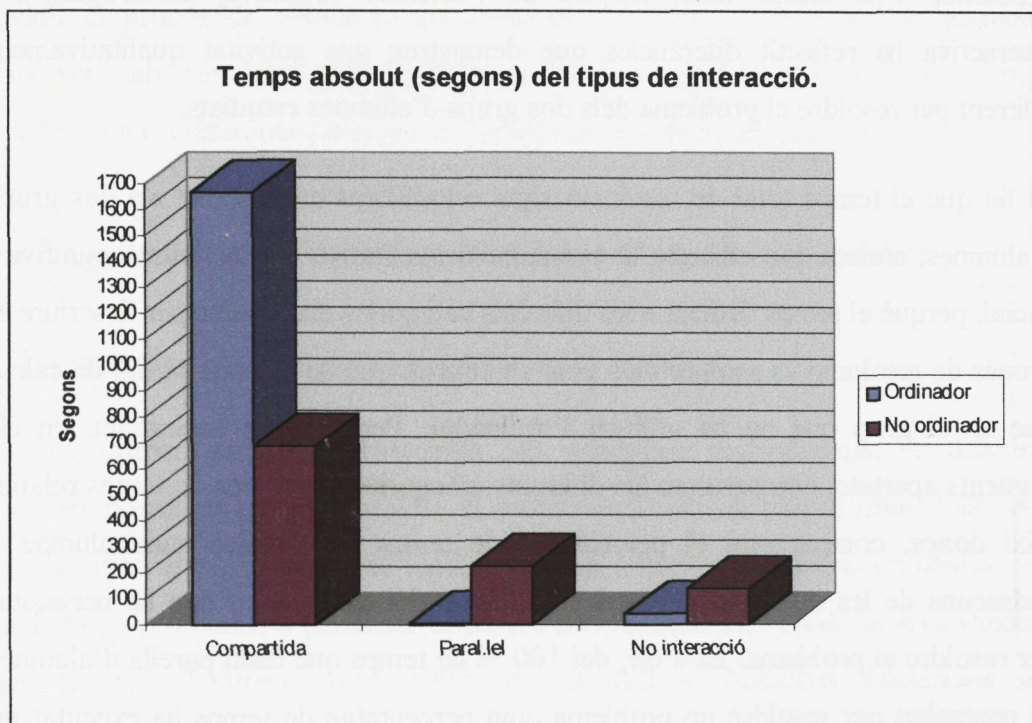
Gràfic IV-23: Distribució en temps absolut de l'activitat metacognitiva durant la resolució del problema.

4.2.1.4. Anàlisi de l'activitat social durant la resolució del problema: tipus d'interacció

El tipus de interacció que presenten les parelles dels dos grups d'alumnes també és qualitativament diferent. El grup d'alumnes que ha utilitzat l'ordinador presenta

una interacció fonamentalment compartida. En canvi, el tipus de interacció que presenta el grup d'alumnes que no ha utilitzat l'ordinador es troba repartida entre una interacció compartida i una en paral·lel. Essent, però, molt important el temps que aquest grup presenta una interacció en paral·lel.

Les diferències entre els dos grups són estadísticament significatives pel que fa a la interacció compartida ($p < .001$). En canvi les diferències no són estadísticament significatives en la interacció paral·lela i en la no interacció.



Gràfic IV-24: Distribució en temps absolut del tipus d'interacció durant la resolució del problema.

4.2.2. Anàlisi del procés de resolució de problemes: temps relatiu (percentatge) dedicat a les diferents categories de l'instrument d'avaluació

En els anteriors apartats hem observat que hi ha una diferència estadísticament significativa en el temps total que cada grup d'alumnes necessita per resoldre el problema. Una anàlisi macroscòpica de l'activitat cognitiva, metacognitiva i interactiva ha reflectit diferències que demostren una activitat qualitativament diferent per resoldre el problema dels dos grups d'alumnes estudiats.

El fet que el temps total de resolució sigui estadísticament diferent als dos grups d'alumnes, creiem que dificulta la comparació qualitativa de l'activitat cognitiva i social, perquè el temps dedicat a les diferents categories elaborades per descriure el procés de resolució és sempre més gran en el grup que ha utilitzat el full de càlcul que en el grup que no ha utilitzat l'ordinador. Per corregir aquest fet, en els següents apartats, compararem les diferents categories en termes de temps relatiu. Així doncs, compararem el percentatge de temps que dedica cada alumne a cadascuna de les diferents categories en funció del temps total que ha necessitat per resoldre el problema. És a dir, del 100 % de temps que cada parella d'alumnes ha necessitat per resoldre un problema quin percentatge de temps ha executat un tipus d'acció o de interacció determinat.

4.2.2.1. Anàlisi de l'activitat cognitiva per resoldre el problema

Dedicarem aquest apartat a analitzar les diferències entre els dos grups d'alumnes de la nostra investigació quant a les accions cognitives que ambdós grups realitzen per resoldre el problema. Concretament, analitzarem les diferències quant a les

categories del nostre sistema d'anàlisi que hem anomenat com a estadis i accions de resolució.

Aquesta anàlisi de resultats l'hem estructurat en dos apartats. Un primer apartat que analitza globalment el procés de resolució, en el qual es comparen els diferents estadis i accions que realitzen els dos grups d'alumnes per resoldre el problema. Un segon apartat, en el qual es comparen els diferents estadis i accions que realitzen els dos grups d'alumnes en cadascuna de les quatre fases o moments en què hem dividit el procés de resolució del problema. Aquesta segona anàlisi permetrà conèixer amb més detall i profunditat les accions cognitives que d'ambdós grups realitzen en els diferents moments del procés de resolució del problema.

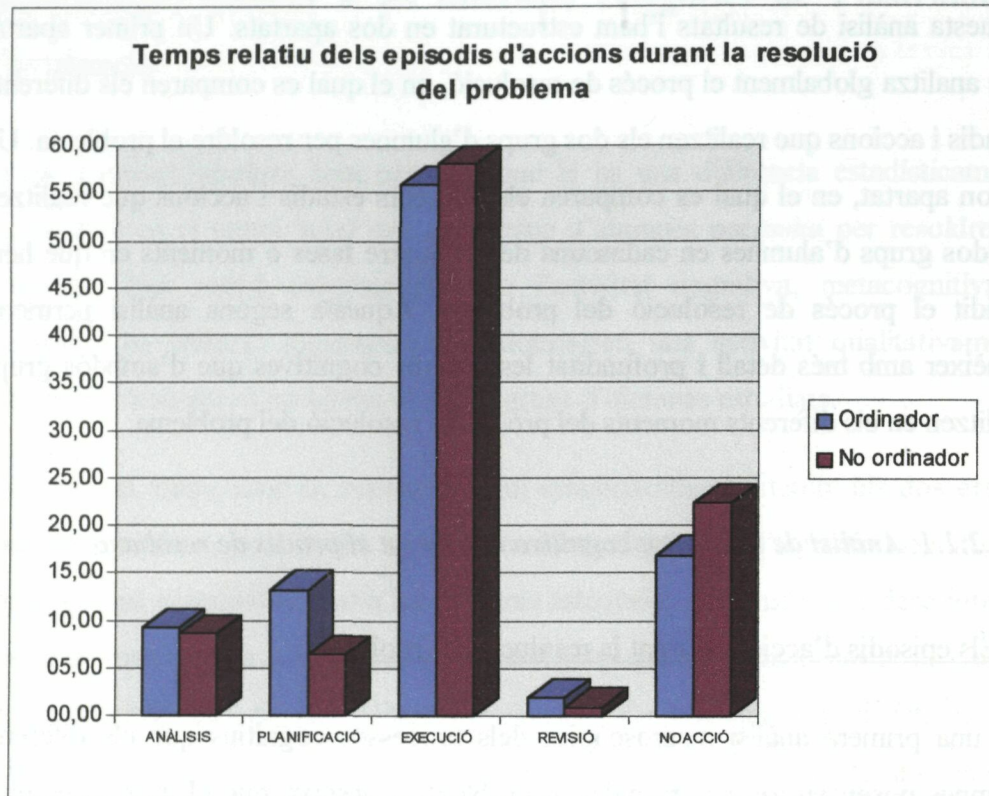
4.2.2.1.1. Anàlisi de l'activitat cognitiva durant tot el procés de resolució

a) Els episodis d'accions durant la resolució del problema.

En una primera anàlisi macroscòpica dels processos cognitius que els diferents alumnes posen en joc per resoldre el problema s'observa que el grup d'alumnes que ha utilitzat el full de càlcul realitza un major nombre d'accions encaminades a analitzar el problema, a planificar el procés de resolució i a revisar la seva validesa que el grup d'alumnes que utilitza la calculadora. Aquestes diferències són estadísticament significatives en l'estadi de planificació ($p < .005$), en el qual el grup d'alumnes que utilitza el full de càlcul dedica un 13% del temps total per resoldre el problema a planificar el procés de resolució, en canvi, els alumnes que no utilitzen el full de càlcul tant sols hi dediquen un 6%, com s'observa en el gràfic IV-25.

El grup d'alumnes que no utilitza el full de càlcul puntua sensiblement superior al grup d'alumnes que utilitza aquesta eina en el procés de resolució del problema en el estadi d'execució i en el temps que els alumnes no realitzen cap acció per

resoldre el problema. Aquestes dues diferències no són estadísticament significatives.



Gràfic IV-25: Distribució en temps relatiu dels diferents episodis d'accions durant la resolució de tot el problema.

b) Les accions de resolució del problema.

Una anàlisi més detallada de les accions cognitives que ambdós grups realitzen per resoldre el problema s'observa que el grup d'alumnes que utilitza el full de càlcul realitza un major nombre d'accions d'organització de la informació del procés de resolució de problema i d'exploració de les diferents possibilitats per resoldre'l que els alumnes que no han utilitzat aquesta eina informàtica. Però, aquestes diferències no són estadísticament significatives.

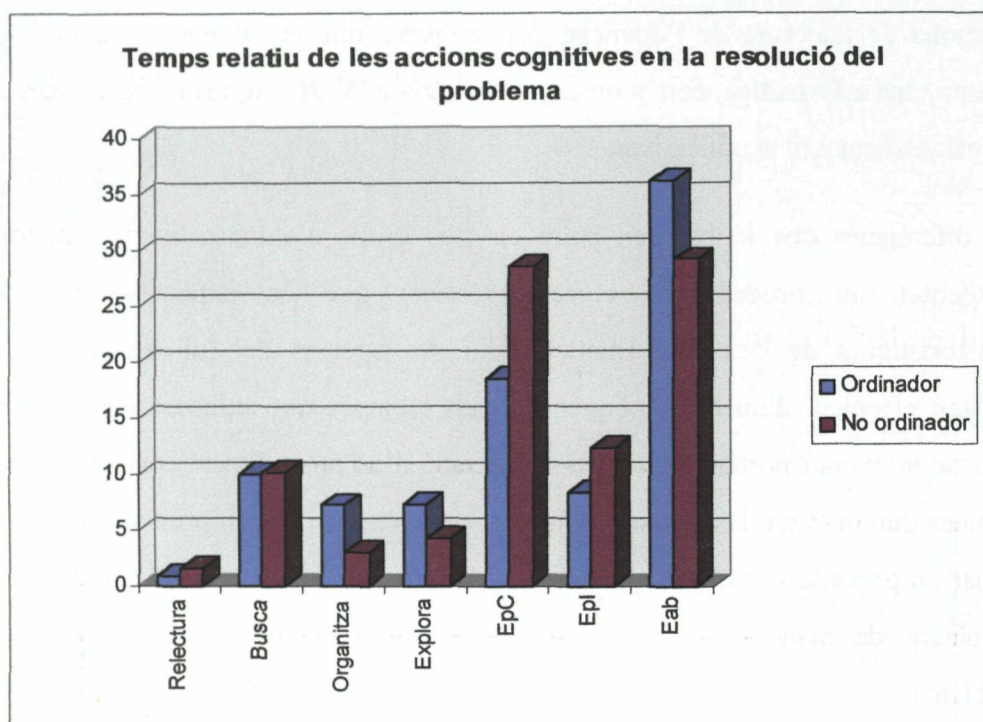
El grup d'alumnes que no utilitza el full de càlcul realitza un major nombre d'accions de lectura de l'enunciat del problema que els alumnes que utilitzen aquesta eina informàtica, com s'observa en el gràfic IV-26. Aquestes diferències no són estadísticament significatives.

Les diferències que s'observen entre els dos grups d'alumnes en la categoria d'executar un procediment correcte creiem que és explicable per les característiques de l'eina informàtica. Així, les opcions del full de càlcul que faciliten el càlcul numèric expliquen que els alumnes que utilitzen aquesta eina realitzin un menor nombre d'accions d'execució d'un procediment correcte que els alumnes que utilitzen la calculadora ja que, per exemple, poden utilitzar l'opció de copiar un procediment o d'omplir tota una columna de la plantilla del full de càlcul i realitzar de manera ràpida tot un conjunt de procediments per resoldre el problema.

També s'observen diferències en les mitjanes obtingudes pels dos grups d'alumnes en la categoria d'executar un procediment incorrecte. El grup d'alumnes que no utilitza el full de càlcul realitza un major nombre d'accions incorrectes per resoldre el problema. Aquestes diferències tampoc són estadísticament significatives.

Les diferències en la categoria d'execució d'accions bàsiques creiem que és explicable per la dinàmica interactiva de les parelles dels dos grups d'alumnes.

Així, el grup d'alumnes que utilitza l'ordinador mostra una interacció compartida, els dos membres de la parella introdueixen conjuntament la informació a l'ordinador, acció categoritzada com "accions bàsiques". En canvi, el grup d'alumnes que utilitza la calculadora, mostra una interacció en paral·lel, els dos membres de la parella es distribueixen la feina, un dels alumnes introdueix la informació a la taula de doble entrada, acció categoritzada com "accions bàsiques", i el company comença a executar un procediment de càlcul.



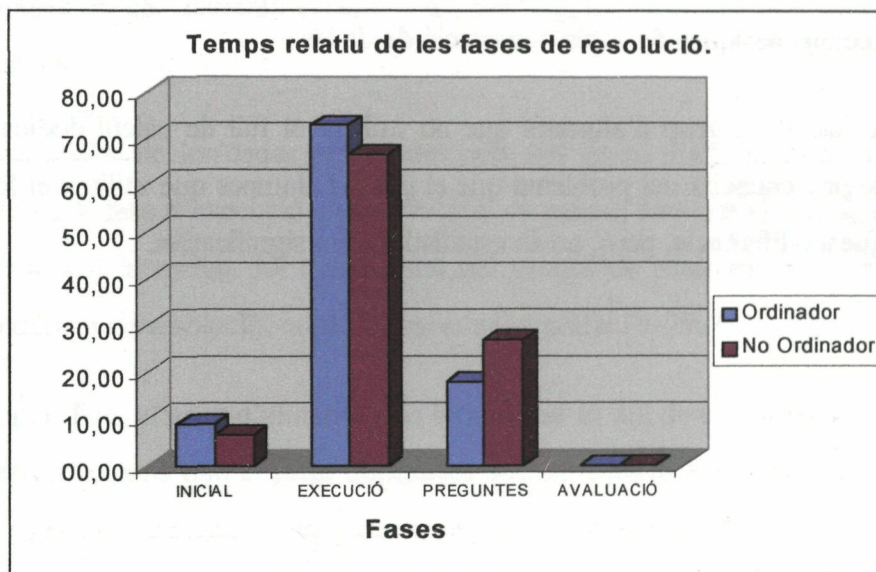
Gràfic IV-26: distribució en temps relatiu de les diferents accions cognitives realitzades durant la resolució de tot el problema.

4.2.2.1.2. Anàlisi de l'activitat cognitiva en les diferents fases del procés de resolució del problema

a) Les fases de resolució.

Si comparem el percentatge de temps mig que cada grup d'alumnes dedica en les diferents fases o moments en què hem segmentat el procés de resolució observem que els dos grups distribueixen el temps de resolució de manera similar, no s'observen diferències estadístiques en el temps emprat en cadascuna de les fases.

El grup d'alumnes que ha utilitzat el full de càlcul dedica més temps que el grup d'alumnes que no utilitza aquesta eina informàtica, en la fase inicial i en la fase d'execució; en canvi, dedica menys temps a la fase de preguntes, com s'observa en el gràfic IV-27. L'anàlisi, en els següents apartats, dels diferents estadis i accions cognitives en cadascuna de les fases ens aportarà dades que puguin explicar aquestes diferències.



Gràfic IV-27: Distribució en temps relatiu de les diferents fases per resoldre el problema.

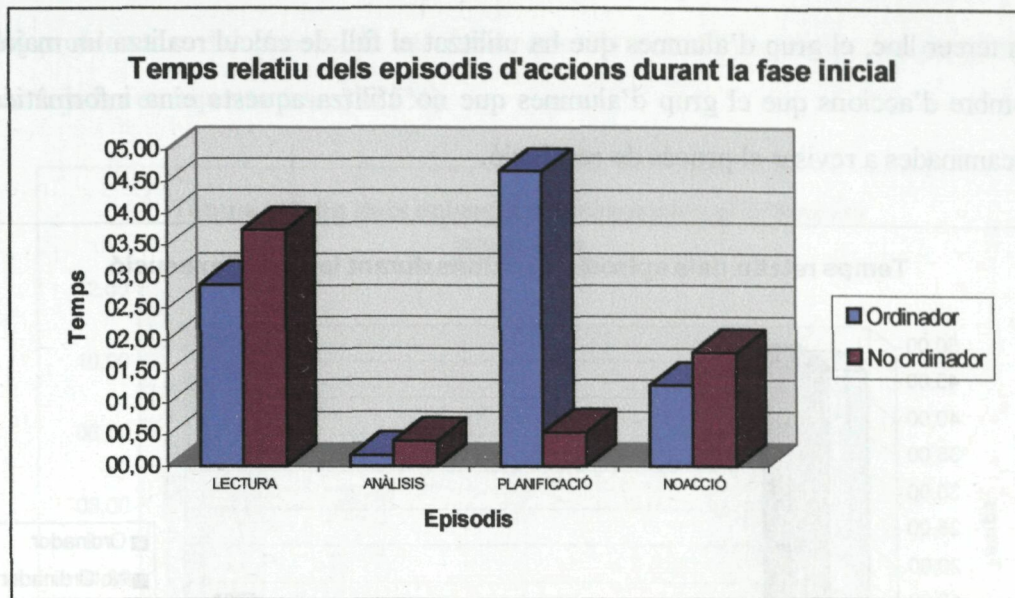
b) La fase inicial.

En la fase inicial s'observen diferències en el tipus d'accions cognitives que ambdós grups d'alumnes realitzen per copsar la situació inicial que es presenta en l'enunciat del problema i per planificar el procés per resoldre'l.

Les principals diferències es centren en l'estadi de planificació, les quals són estadísticament significatives ($p < .005$). El grup d'alumnes que no utilitza el full de càlcul per resoldre el problema, pràcticament no realitza accions de planificació (0,5% del temps total de resolució del problema), a diferència del grup d'alumnes que si utilitza a aquesta eina i el qual dedica la meitat del temps de la fase inicial a planificar el problema (5% del temps total de resolució del problema), com s'observa en el gràfic IV-28.

Una anàlisi del tipus d'accions que realitzen els alumnes que utilitzen el full de càlcul en l'estadi de planificació s'observa que aquests dediquen un 2,81% a organitzar les dades i els procediments per a resoldre el problema, un 0,78% a explorar i analitzar les diferents maneres de resoldre el problema i un 1,07% a realitzar accions bàsiques de còpia o anotació de dades.

En la fase inicial, el grup d'alumnes que no utilitza el full de càlcul dedica més temps a llegir l'enunciat del problema que el grup d'alumnes que utilitza el full de càlcul. Aquesta diferència, però, no és estadísticament significativa.



Gràfic IV-28: Distribució en temps relatiu dels diferents episodis d'accions realitzats durant la fase inicial de resolució del problema.

c) Fase d'execució.

No s'observen diferències estadísticament significatives entre els dos grups d'alumnes en els diferents estadis d'accions cognitives realitzades durant la fase d'execució.

En una anàlisi de les dades obtingudes pels dos grups d'alumnes en els diferents estadis de la fase d'execució s'observa que, en primer lloc, ambdós grups dediquen pràcticament la meitat del temps total del procés de resolució a executar algun procediment de resolució, com s'observa en el gràfic IV-29.

En segon lloc, el grup d'alumnes que ha utilitzat el full de càlcul realitza un major nombre d'accions que el grup d'alumnes que no utilitza aquesta eina informàtica encaminades a analitzar i planificar el procés de resolució. El tipus d'accions que realitzen els dos grups d'alumnes es reparteix gairebé a parts iguals entre accions d'organització i accions d'exploració.