

**Olis de silicona amb diferent  
grau d'encreuament: síntesi i  
estudi de la variació de la  
seva viscositat**

ALUMNA: Andrea González

2n Batxillerat

TUTORA: Estrella del Castillo

INSTITUT MILÀ I FONTANALS

Curs 2011-12

# Índex

Pròleg.....	1
1. Objectius.....	2
2. Introducció als polímers.....	4
2.1 Classificació dels polímers.....	6
2.1.1 <i>Segons la seva composició</i> .....	6
2.1.2 <i>Segons el seu origen</i> .....	6
2.1.3 <i>Segons el seu comportament en escalfar-los</i> .....	12
2.1.4 <i>Segons el procés de síntesis</i> .....	13
2.2 Propietats dels polímers.....	15
2.3 Impacte social i ambientals dels plàstics.....	16
2.4 Les silicones.....	17
2.5 La viscositat.....	18
3. Mètode experimental.....	19
3.1 Síntesi d'un oli de silicona (Hidròlisi del dimetildiclorosilà).....	20
3.2 Entrecreuament de l'oli de silicona amb àcid bòric ( $H_3BO_3$ ).....	21
3.3 Entrecreuaments de $Me_2SiCl_2$ amb triclorometisilà ( $MeSiCl_3$ ).....	22
3.4 Mesura de la viscositat dels fluids obtinguts (de l'oli de silicona i els entrecreuaments sintetitzats).....	24
3.5 Mesura de la densitat dels fluids obtinguts.....	25
3.6 Espectroscopia infraroja (Espectroscopia IR).....	25
3.6.1 <i>Espectres IR de l'oli de silicona i de les silicones entrecreuades</i> .....	26

4. Resultats.....	28
4.1 Síntesi de l'oli de silicona.....	29
4.2 Entrecreuament de l'oli de silicona amb $H_3BO_3$ .....	29
4.3 Entrecreuaments de $Me_2SiCl_2$ amb $MeSiCl_3$ .....	30
4.4 Viscositat i densitat.....	30
4.4.1 <i>Viscositat</i> .....	30
4.4.2 <i>Densitat</i> .....	31
4.5 Espectroscopia infraroja (Espectroscopia IR).....	32
4.5.1 Oli de silicona sense creuament.....	32
4.5.2 Entrecreuament de l'oli de silicona amb $H_3BO_3$ .....	33
4.5.3 Entrecreuament de $Me_2SiCl_2$ amb $MeSiCl_3$ .....	34
5. Conclusions.....	36
6. Bibliografia.....	38

## Pròleg

Aquest treball ha sorgit de l'oportunitat de participar en el programa Argó que va oferir a l'Institut Milà i Fontanals, el catedràtic de química inorgànica de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Joan Carles Bayón (exalumne del centre).

Aquest programa es va desenvolupar a la UAB del 27 de juny del 2011 al 15 de juliol del mateix any i consisteix en donar suport als alumnes de Catalunya en el treball de recerca, fent tasques d'investigació etc.

Després de diverses entrevistes amb el professor Joan Carles Bayón i la meva tutora del treball de recerca, Estrella del Castillo, es va definir quina seria la meva tasca dins del programa, la qual serviria com a base d'aquest treball d'investigació.

El treball que presento a continuació consta de dues parts, una teòrica i una experimental. La part teòrica m'ha servit per conèixer que és un polímer, les seves aplicacions i més concretament per aprofundir sobre les silicones, que són el tipus de polímer en el qual baso la meva part experimental. A la part experimental em vaig dedicar a sintetitzar silicones, també vaig entrecreuar-les amb diferents substàncies i vaig estudiar el seu comportament quant a viscositat i densitat.

Gràcies a l'aprofundiment d'aquests coneixements he après la importància dels polímers a la nostra vida, ja que moltíssimes coses del que ens envolta, des de l'ADN al

xampú, són polímers i s'utilitzen en molts àmbits (a la indústria de l'alimentació com additiu, en la cosmètica, en el camp de la medicina, en la fabricació de plàstics, etc).

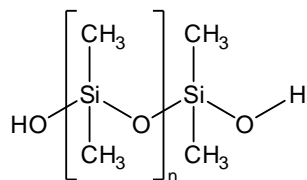
A més a més, aquesta experiència m'ha servit per al meu futur immediat, ja que durant el mes que vaig passar a la UAB realitzant la part experimental del treball, vaig poder conèixer com és un campus universitari, com es treballa en aquest àmbit i vaig tenir l'oportunitat de conèixer i treballar amb alumnes d'altres centres.

Finalment, vull donar les gràcies als catedràtics Joan Carles Bayón i Juli Reial, que em van ajudar a l'aprenentatge teòric i durant el procés experimental; i a la meva tutora Estrella del Castillo, qui em va guiar en l'elaboració del treball, llegint i rellegint, ensenyant-me, corregint-me. Sense ells aquest treball de recerca no hagués estat possible.

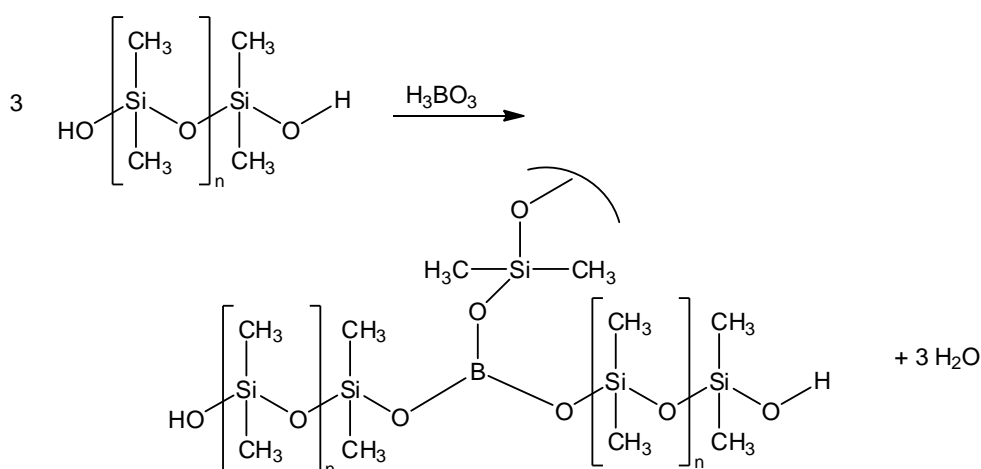
# 1. Objectius

**E**ls objectius del següent treball han estat:

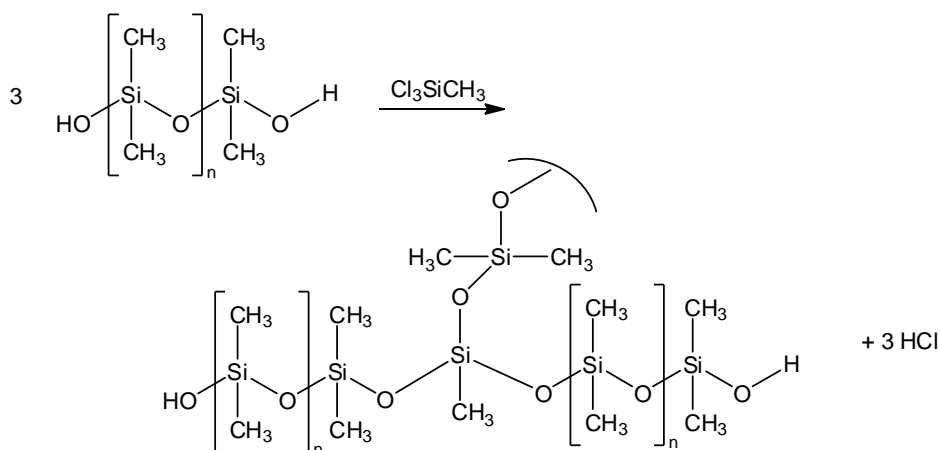
1. Sintetitzar un oli de silicona lineal.



2. Entrecreuar aquest oli de silicona amb àcid bòric.



3. Entrecreuar el dimetildiclorosilà amb triclorometilsilà en diferents proporcions.



4. Determinar la viscositat i la densitat de l'oli de silicona sintetitzat i dels obtinguts per entrecreuament del dimetildiclorosilà amb el triclorometilsilà.

5. Registrar els espectres infrarojos (IR) de l'oli de silicona i els productes d' entrecreuament sintetitzats.

# **2. Introducció als polímers**

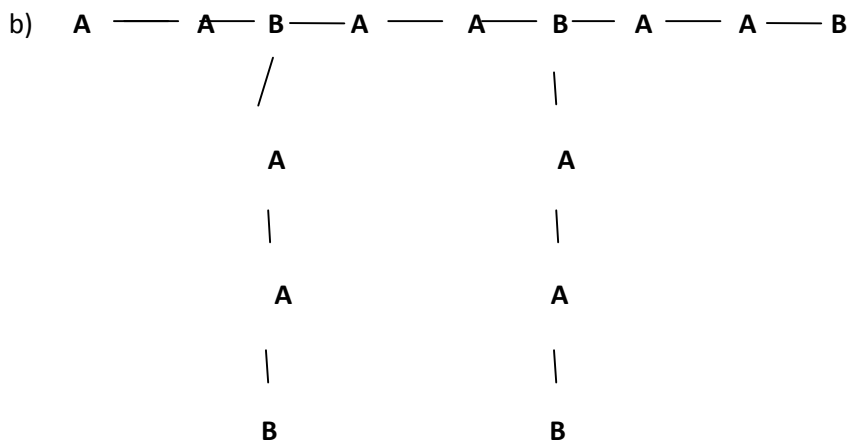
Els polímers són compostos constituïts per molècules gegants (macromolècules), és a dir, de molt elevada massa molecular, resultants de la reacció química entre unitats (molècules) químiques senzilles, a vegades idèntiques, que es repeteixen en una determinada seqüència. Aquestes molècules, anomenades monòmers, estan unides entre sí per enllaços covalents.

Els polímers poden tenir estructura lineal, formant llargues cadenes [a], estructura ramificada [b] o constituir reticles [c].

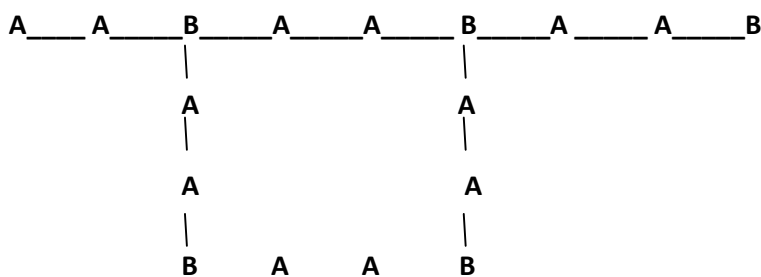
A continuació s'indiquen tres representacions de polímers, en les quals A i B representen les unitats que es repeteixen:



La unitat A es repeteix almenys un centenar de vegades i pot arribar a milers, fins i tot a milions de vegades. Aquest cas seria un exemple de polímer lineal.



En aquest cas es repeteix la unitat A—A—B— , el polímer b) és un exemple de copolímer ramificat.



Aquest és un exemple de copolímer reticular. Es dona quan les cadenes ramificades estableixen entre si interconnexions que formen una estructura de xarxa. L'obtenció d'un polímer condueix a obtenir una mescla de molècules de diferents masses moleculars. Al parlar de massa molecular d'un polímer es sobreentén que és una massa molecular promig.

## 2.1 Classificació dels polímers

Els polímers es poden classificar segons la seva composició, el seu origen, el comportament en escalfar-los o segons el procés de síntesi.

### 2.1.1 Segons la seva composició.

**Homopolímers:** Formats a partir d'un sol monòmer. El polietilè de les bosses de plàstic és un homopolímer d'etilè.

**Copolímers:** Formats a partir de dos o més monòmers. El politereftalat d'etilè (PET) de les ampolles d'aigua és un copolímer d'àcid tereftàlic i etilenglicol (o 1,2-età diol)

### 2.1.2 Segons el seu origen.

Poden ser polímers naturals o artificials:

**Polímers naturals:** Són les biomolècules que formen els éssers vius i altres polímers que podem trobar a la natura. Alguns polímers naturals són els següents:

- Proteïnes: Formada per cadenes d'aminoàcids naturals. Són imprescindibles per al creixement dels organismes. L'ésser humà té unes 100.000 tipus de proteïnes, amb diferents funcions, però fonamentals per als processos biològics. Els aminoàcids són monòmers amb un grup amino (-NH<sub>2</sub>) i un grup carboxílic

(-COOH). Un grup de cada tipus de diferents aminoàcids s'uneixen en una reacció de condensació, alliberant aigua i formant un enllaç peptídic.



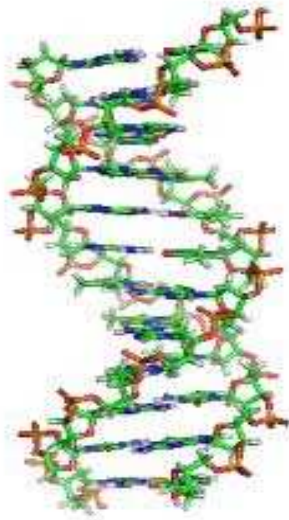
---

Exemple d'aliments rics en proteïnes.

---

- Àcids nucleics: Macromolècules formades per nucleòtids. Els nucleòtids són molècules formades per una pentosa (ribosa en l'ARN i desoxiribosa en l'ADN), bases nitrogenades: adenina; guanina; citosina; timina (en l'ADN) i uracil (en l'ARN), i per un grup fosfat.

La funció principal dels àcids nucleics és la síntesi de proteïnes. Hi ha dos tipus d'àcids nucleics. **L'ADN** (àcid desoxiribonucleic) és una biomolècula que es troba al nucli cel·lular i conté la informació genètica; **L'ARN** (àcid ribonucleic) es diferencia en l'ADN en les bases nitrogenades i té com a funció controlar les etapes intermèdies de la síntesi proteica. Hi ha diferents tipus d'ARN: *l'ARN de transferència* transporta els aminoàcids i tradueix el codi genètic de l'ARN missatger, *l'ARN ribosòmic* llegeix l'ARN missatger i sintetitza la proteïna. *L'ARN missatger* determina l'ordre dels aminoàcids i porta la informació des del nucli fins als ribosomes del citoplasma i *l'ARN nucleolar* és indispensable per a la síntesi d'ARN ribosòmic.



---

Model de l'estructura de l'ADN.

---

- Polisacàrids: són glúcids formats per monosacàrids que s'uneixen mitjançant enllaços glicosídics. Els principals polisacàrids són: el **Midó** que té la funció de reserva alimentària en les plantes; el **Glicogen** té com a funció la reserva energètica en els animals; la **Cel·lulosa** té funció estructural en les plantes i la **Quitina** que és un component de la paret cel·lular dels fongs i de l'exosquelet dels artròpodes.

Existeixen altres polímers naturals com l'hule, la lignina, la seda etc.



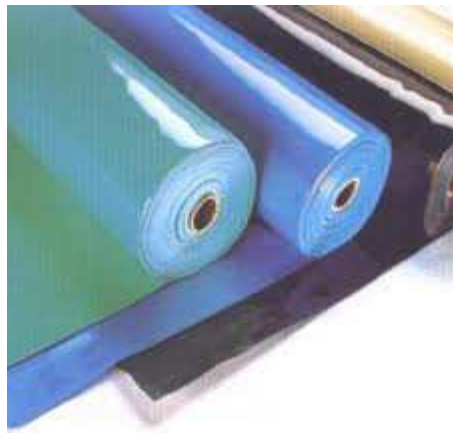
---

L'exosquelet d'aquest artròpode està format per quitina, oferint-li resistència i duresa.

---

**Polímers artificials:** Són aquells que no es produeixen a la natura, per això només s'obtenen a partir de molècules manipulades per l'ésser humà. Alguns polímers artificials són els següents:

- Polietilè  $[-CH_2-CH_2-]_n$ : Format a partir de l'etilè  $CH_2=CH_2$ . S'utilitza en canonades plàstiques, ampolles, aïllants elèctrics, gots.



- Polipropilè  $[-CH_2-CH(CH_3)-]_n$ : Format a partir del propilè  $CH_2=CH-CH_3$ . Té una temperatura de fusió més elevada que el polietilè i és molt resistent als agents químics, per això s'utilitza per a fabricar flascons per emmagatzemar productes químics.



- Clorur de polivinil  $[-\text{CH}_2-\text{CHCl}-]_n$ : Format a partir del clorur de vinil  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$ . Com és termoplàstic, a partir d'aquest polímer podem obtenir productes rígids i flexibles. S'utilitza en joguines, canonades, rajoles, vestits etc.



- Poliestirè  $[-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-]_n$ : Format a partir de l'estirè  $\text{CH}_2=\text{CHPh}$ . S'utilitza en contenidors, com aïllador tèrmic, joguines.



- Politetrafluoroetilè  $[-\text{CF}_2-\text{CF}_2-]_n$ : S'obté del monòmer tetrafluoroetilè  $\text{CF}_2=\text{CF}_2$ . És molt útil per recobrir objectes de cuina, aïllament elèctric.



- Polibutadiè  $[-CH_2-CH=CH-CH_2-]_n$ : Polímer format a partir del monòmer butadiè  $CH_2=CH-CH=CH_2$ . La seva principal aplicació és la fabricació de pneumàtics.



- Poliàmides: Les poliàmides artificials s'anomenen vulgarment nylons. S'utilitzen en l'indústria tèxtil, com a reforç de pneumàtics, per a cordes etc.



- Poliacrilonitril  $[-CH_2-CH-CN-]_n$  : S'obté a partir del monòmer acrilonitril  $CH_2=CH-CN$ . S'utilitza per a fabricar fibres tèxtils.

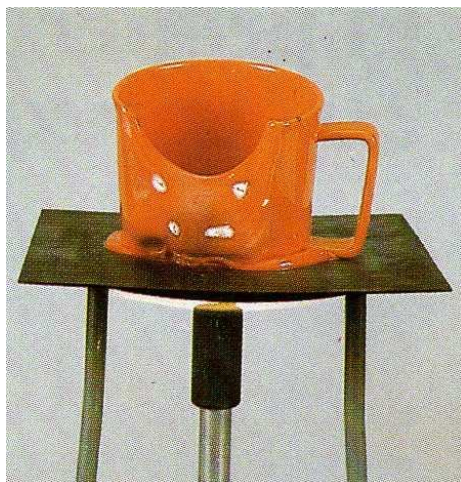


- Policloroprè  $[-CH_2-CCl=CH-CH_2-]_n$ : Vulgarment anomenat neoprè. S'obté a partir de la polimerització del cloroprè  $CH_2=CCl-CH=CH_2$ . S'utilitza per a tubs de laboratori, mànigues, guants, com a adhesiu etc. També s'utilitza en la fabricació de roba aïllant per submanirisme.



### ***2.1.3 Segons el seu comportament en escalfar-los.***

**Termoplàstics:** modelables per calor, sense modificació química i de forma reversible. Estan formats per cadenes moleculars lineals o molt poc ramificades

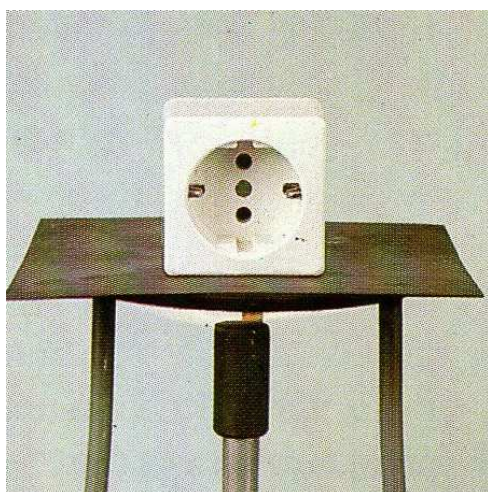


---

Els termoplàstics s'estoven i fonen en ser escalfats i recuperen les seves propietats quan es refreden per sota de la seva temperatura de fusió. Permeten obtenir objectes per injecció o extrusió dels polímers ja formats.

---

**Termoestables:** En aquests polímers la temperatura de fusió és més alta que la de descomposició. És a dir, quan fonen es trenquen els enllaços covalents dels polímers i per tant, al refredar-se, s'obté una estructura química diferent inservible com a polímer. Per a preparar aquests polímers, els monòmers s'han de polimeritzar en un motllo amb la forma desitjada, i el polímer obtingut, a diferència dels termoplàstics, ja no podrà ser reutilitzat. Dins dels termoestables trobem el tefló o politetrafluoroetilè.



---

Els termoestables no s'estoven ni es fonen en ser escalfats.

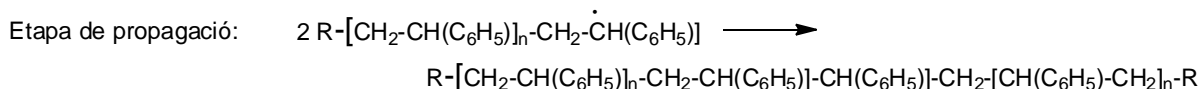
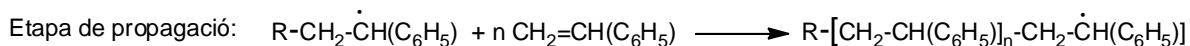
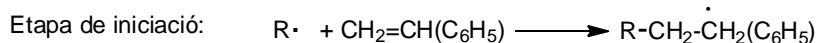
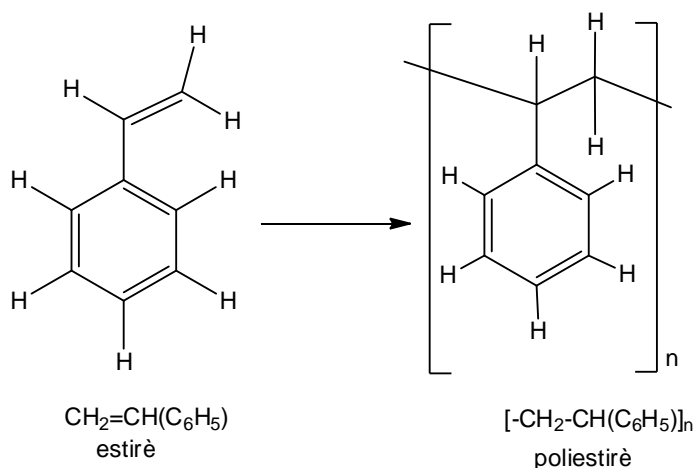
---

#### **2.1.4 Segons el procés de síntesi.**

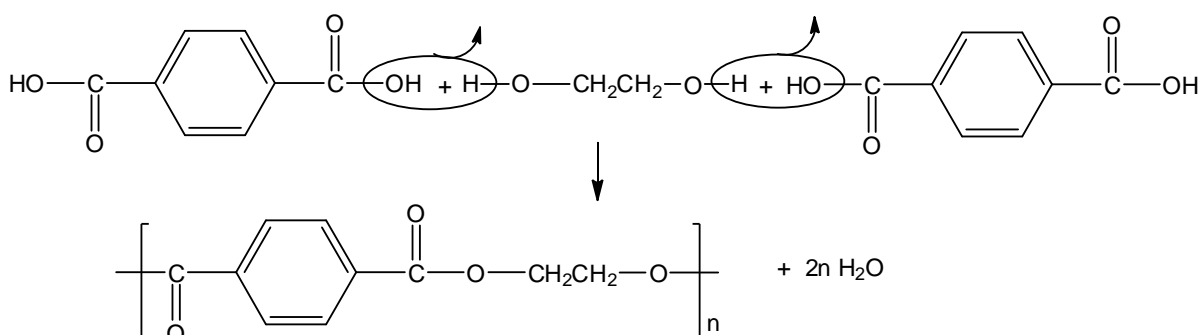
Des del punt de vista químic, els polímers artificials s'acostumen a classificar en dos grups, d'acord amb les característiques de la seva obtenció:

**Polímers d'addició** (poliaddició o polimerització): Es formen per la unió contínua de molècules senzilles, iguals o semblants. La unitat que es repeteix s'anomena monòmer.

Els monòmers amb enllaços dobles carboni-carboni solen experimentar polimerització per reacció d'addició. El resultat és que els dobles enllaços s'obren i les unitats de monòmers s'uneixen a cadenes que van creixent. El mecanisme inclou tres etapes: iniciació, propagació i terminació. La reacció s'inicia amb un iniciador que és un radical lliure, o altre espècie molt reactiva.



**Polímers de condensació** (policondensació): Els monòmers solen tenir dos o més grups funcionals que reaccionen unint-se les dues molècules. Això sol comportar l'eliminació d'una molècula petita com l' $\text{H}_2\text{O}$ . En la polimerització per condensació qualsevol parella de monòmers té llibertat per unir-se en un *dímer*; un dímer pot unir-se amb un monòmer formant un *trímer* i així successivament. Aquesta polimerització produeix polímers de masses moleculars moderadament altes (menys de  $10^5$  uma).



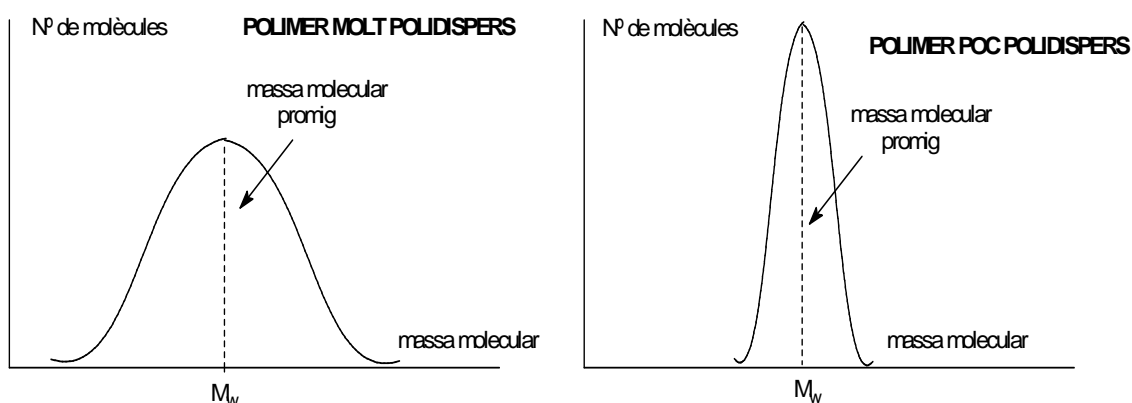
Reacció per condensació, on es forma politerftalat d'etilè (Dacron, tergal, etc.)

---

## 2.2 Propietats dels polímers

Les propietats físiques i químiques del polímers són molt diferents i depenen fonamentalment de la seva estructura química i de la massa molecular promig.

Un polímer està constituït per molècules de diferent massa molecular, generalment amb una distribució estadística al voltant d'un valor promig. En un polímer, per un mateix valor pro mig de massa molecular, la distribució de masses moleculars pot ser més o menys ampla. Aquesta variable, anomenada polidispersivitat també té un efecte sobre les propietats del polímer, encara que sovint la polidispersivitat té un efecte menys important que l'estructura i la massa molecular promig en les propietats del polímer.



---

Distribució de masses moleculars en dos polímers amb la mateixa massa molecular promig, però amb diferent polidispersivitat.

---

En general els polímers són aïllants elèctrics, això és degut a l'absència d'electrons lliures en el material plàstic; tenen una bona resistència als agents atmosfèrics i normalment el rang de densitat és relativament baix. Els plàstics, gràcies a la seva elevada resistència elèctrica, s'utilitzen freqüentment com aïllants elèctrics d'aparells i conduccions que funcionen amb corrent o la transporten.

A elevades temperatures són dúctils però a baixes temperatures són rígids, els plàstics varien la seva estructura i volum segons a la temperatura que es troben.

Els plàstics que no contenen additius, generalment són bastant translúcids, malgrat aquesta propietat està influenciada per la cristal·linitat del material.

Els polímers amorfs són transparents, mentre que els cristal·lins són opacs. Les zones cristal·lines dispersen la llum, evitant així la seva lliure transmissió, donant lloc a translucidesa o opacitat excepte quan s'orienten o es tracten seccions molt fines. Pel contrari, en els polímers amorfs l'empaquetament a l'atzar de les molècules no causa una difracció de la llum important, permetent una transparència molt bona i una transmissió a la llum que pot ser superior al 90 %.

### 2.3 Impacte social i ambiental dels plàstics

La utilització de matèries plàstiques no té límits. El seu preu, la seva baixa densitat i les seves propietats físiques i químiques troben cada dia noves aplicacions. Però la utilització d'alguns plàstics pot veure's frenada per problemes ecològics.

Les dues maneres principals d'evitar l'acumulació de residus de materials plàstics a la natura són el reciclatge i la incineració.

Els plàstics generalment són reciclables. Els termoplàstics es poden fondre i tornar a modelar. Els termoestables es trituren i es mesclen com a càrrega amb altres plàstics. Alguns plàstics es poden "despolimeritzar" fins a tornar a obtenir-ne els monòmers.

La incineració dels plàstics fins a la combustió total produeix diòxid de carboni i vapor d'aigua quan les molècules d'aquests plàstics estan formades només per carboni, hidrogen i oxigen.

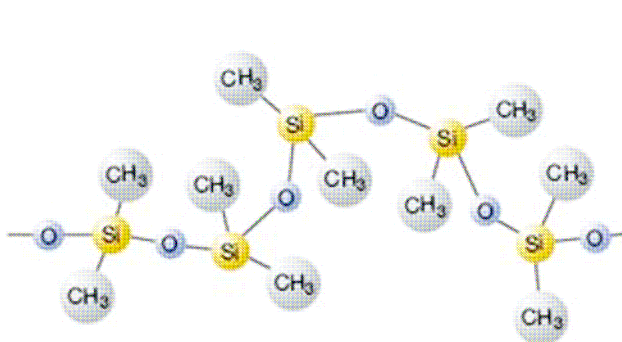
Però plàstics com el PVC (policlorur de vinil), fins fa uns anys utilitzats en els envasos de l'aigua mineral, pel fet de contenir clor en la seva composició, en ser incinerats alliberen compostos clorats, perjudicials per al medi ambient i la salut de les persones, i contribueixen a la destrucció de la capa d'ozó.

## 2.4 Les silicones

Aquest treball es basa principalment en l'estudi de les silicones.

Els polímers de silicona són inorgànics, és a dir, en les seves cadenes principals no contenen àtoms de carboni. Està constituïda per àtoms d'oxigen i de silici alternats i units per enllaços covalents.

Tots els compostos es basen en una estructura tetraèdrica en la qual el silici està envoltat per àtoms d'oxigen i radicals orgànics.



---

Exemple de polímer de silicona. Polidimetilsiloxà.

---

La fórmula general de la silicona és  $(R_2SiO)_n$ , on R és un radical orgànic.

Les silicones són molt resistents a temperatures extremes, poden suportar temperatures d'entre -60 i 250 °C.

Actualment la fabricació de silicona és econòmicament molt viable, la seva aplicació és molt extensa i amplia ja que forma part de moltes substàncies i productes habituals.

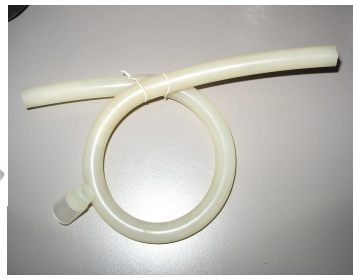
Degut a les seves característiques d'elasticitat i resistència són utilitzats en molts tractaments ortopèdics; s'utilitza com a guix en l'àmbit de la medicina; en els components electrònics dels cotxes elèctrics en els quals s'utilitza per a protegir-los de la humitat i la brutícia, i altres moltes aplicacions molts útils tant en la vida quotidiana com en l'àmbit de la ciència.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

---

Alguns exemples de silicones comercials: (a) oli de silicona usat com lubricant i material hidròfob; (b) resina de silicona emprada per segellar juntes i com adhesiu; (c) tub d'elastòmer de silicona emprat en laboratori per la seva resistència als agents químics; (d) fàrmac a base de silicona usat en el tractament de l'aerofàgia; (e) Implant mamari de silicona.

---

## 2.5. La viscositat

És una propietat relacionada amb les forces intermoleculars, és la resistència del líquid al fluir. Com més fortes són les forces intermoleculars d'atracció, major és la viscositat. Quan un líquid flueix, una part del líquid es mou respecte a les regions veïnes. Les forces de cohesió dins del líquid creen una "fricció interna" que redueix la velocitat del fluid. Aquest efecte és petit en els líquids amb viscositat baixa com l'alcohol etílic i l'aigua, que flueixen amb facilitat. Els líquids com la mel i els olis pesats de motor, flueixen molt més lentament; es diu que són viscosos.

Com les forces intermoleculars d'atracció poden compensar-se mitjançant majors energies cinètiques moleculars, la viscositat generalment disminueix quan la temperatura augmenta en els líquids.

# 3. Mètode experimental

### 3.1 Síntesi d'un oli de silicona (Hidròlisi del dimetildiclorosilà).

#### Material

- Agitador magnètic (barra magnètica)
- Pinça
- Peu
- Balança
- Provena seca
- Baló 250 mL (sec)
- Embut d'addició/decantació
- Vas de precipitats 400 mL
- Embut de forma cònica i paper de filtre
- Paper indicador de pH
- Erlenmeyer

#### Reactius/dissolvents

- Dimetildiclorosilà ( $\text{Me}_2\text{SiCl}_2$ ) (aproximadament 60 mL)
- Dietil èter sec (aprox 50+50 mL)
- Aigua destil·lada
- Gel
- Hidròxid de sodi (NaOH) (40 g)
- Sulfat de magnesi anhidre ( $\text{MgSO}_4$ ) (dues cullerades)

## Procediment

A la vitrina carreguem el baló sec amb una barra magnètica, èter etílic (50 mL, dissolvent) i  $\text{Me}_2\text{SiCl}_2$  (60 mL, densitat:  $1,07 \text{ g/cm}^3$ ). Assegurem el baló amb la pinça sobre l'agitador magnètic i posem un bany de gel per refredar-ho. Muntem l'embut d'addició/separació amb 40 mL d'aigua destil·lada sobre el baló (la clau ha d'estar tancada). Comencem l'addició amb cura, la reacció és molt exotèrmica i es desprèn molt clorur d'hidrogen (HCl) al principi. En acabar l'addició, agitem a temperatura ambient 10 minuts i ho transferim tot a un vas de precipitats de 400 mL.

Neutralitzem amb NaOH. Separem les fases i conservem la fase orgànica (el èter). Ho guardem en un erlenmeyer amb  $\text{MgSO}_4$  fins que s'assequi. Filtrem el  $\text{MgSO}_4$  i eliminem el èter amb el rotavapor.

El residu que obtenim és dimetilsilicona (o oli de silicona), amb un pes total de 31 g i un rendiment del 85 %.

## 3.2 Entrecreuament de l'oli de silicona amb àcid bòric ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )

Es tracta d'entrecreuar l'oli de silicona de la síntesi anterior amb  $\text{H}_3\text{BO}_3$ .

### Material

- Agitador magnètic
- Pinça
- Peu
- Balança
- Espàtula
- Vareta

- Termòmetre
- Baló de forma rodona 100 mL
- Bloc d'alumini

### Reactius

- Oli de silicona (25 g)
- $H_3BO_3$  (1,05 g)

### Procediment

En el baló mesquem els 25 g d'oli de silicona amb els 1,05 g de  $H_3BO_3$ , agitem la mescla. Subjectem amb unes pinces el baló i un termòmetre (veure fotografia).

Escalfem la mostra fins a 180 °C (intentant mantenir la temperatura). Passats uns 20 minuts, la silicona ja no és líquida, s'obté una mescla viscosa. Aquesta mescla és el resultat de l'entrecruament de l'oli de silicona i el  $H_3BO_3$ .



Muntatge per fer l'entrecruament.

### 3.3 Entrecreuaments de $\text{Me}_2\text{SiCl}_2$ amb triclорометилсилà ( $\text{MeSiCl}_3$ )

En aquestes síntesis es tracta de:

- Fer reaccionar 20,0 mols de  $\text{Me}_2\text{SiCl}_2$  amb 1,00 mol de  $\text{MeSiCl}_3$ . Per fer aquesta proporció necessitem 57,0 g de  $\text{Me}_2\text{SiCl}_2$  i 3,50 g de  $\text{MeSiCl}_3$ .
- Fer reaccionar 10,0 mols de  $\text{Me}_2\text{SiCl}_2$  amb 1,00 mol de  $\text{MeSiCl}_3$ . Per fer aquesta proporció necessitem 60,0 g de  $\text{Me}_2\text{SiCl}_2$  i 6,90 g de  $\text{MeSiCl}_3$ .

Després d'haver fet els càlculs necessaris, hem obtingut la quantitat necessària en grams per fer aquestes proporcions.

A continuació explicarem els materials i el procediment seguit per realitzar les dues síntesis.

#### Material

- Agitador magnètic (barra magnètica)
- Pinça i peu
- Balança
- Provena seca
- Baló 250 mL (amb dos forats)
- Embut d'addició/decantació 250 mL
- Vas de precipitats de 400 mL
- Embut de forma cònica i paper de filtre
- Paper indicador de pH

#### Reactius/dissolvents

- $\text{Me}_2\text{SiCl}_2$
- $\text{MeSiCl}_3$

- Dietil èter
- Aigua destil·lada : 50 mL per a cada síntesi
- Gel
- NaOH: 40 g per a cada síntesi
- $\text{MgSO}_4$ : tres cullerades per a cada síntesi

### Procediment

A la vitrina carreguem el baló sec amb una barra magnètica, 50 mL d'èter etílic,  $\text{Me}_2\text{SiCl}_2$  i  $\text{MeSiCl}_3$  (la quantitat de  $\text{Me}_2\text{SiCl}_2$  i  $\text{MeSiCl}_3$  depèn de quin tipus d'entrecruament es vol dur a terme). Ajustem el baló a les pinces. En un dels orificis posem l'embut d'addició amb 50 mL d'aigua destil·lada, en l'altre orifici posem un tu de goma per a dirigir les emissions d'HCl cap a la sortida de la vitrina. Sota el baló col·loquem gel i aigua.

Deixem que l'aigua caigui gota a gota. En acabar l'addició, agitem a temperatura ambient 10 minuts i ho transferim tot a un vas de precipitats. Neutralitzem amb NaOH.

Separarem les fases i conservem la fase orgànica (l'èter). La guardem en un erlenmeyer amb tres cullerades de  $\text{MgSO}_4$  fins que s'assequi. Filtrem el  $\text{MgSO}_4$  i eliminem l'èter amb el rotavapor.

## 3.4 Mesura de la viscositat dels fluids obtinguts (de l'oli de silicó i els entrecruaments sintetitzats)

### Material

- Pipeta
- Proveta de 100 mL
- Cronòmetre

- Pines/peu
- Embut de decantació (250 mL)
- Màniga de 3 cm de longitud.

**Procediment:**

- **Muntatge:**

Ajustem l'embut de decantació amb les pines, unim l'embut i la pipeta amb la màniga, una vegada l'hem ajustat posem la proveta sota la pipeta.



---

Muntatge per fer la mesura de la viscositat.

---

- **Experimentació:**

Carregar l'embut de decantació amb el fluid del qual volem mesurar la viscositat. Amb el cronòmetre mesurem quan tarda en arribar una determinada quantitat del fluid a la proveta. Repetir el procés amb tots els fluids.

### 3.5 Mesura de la densitat dels fluids obtinguts

#### Material

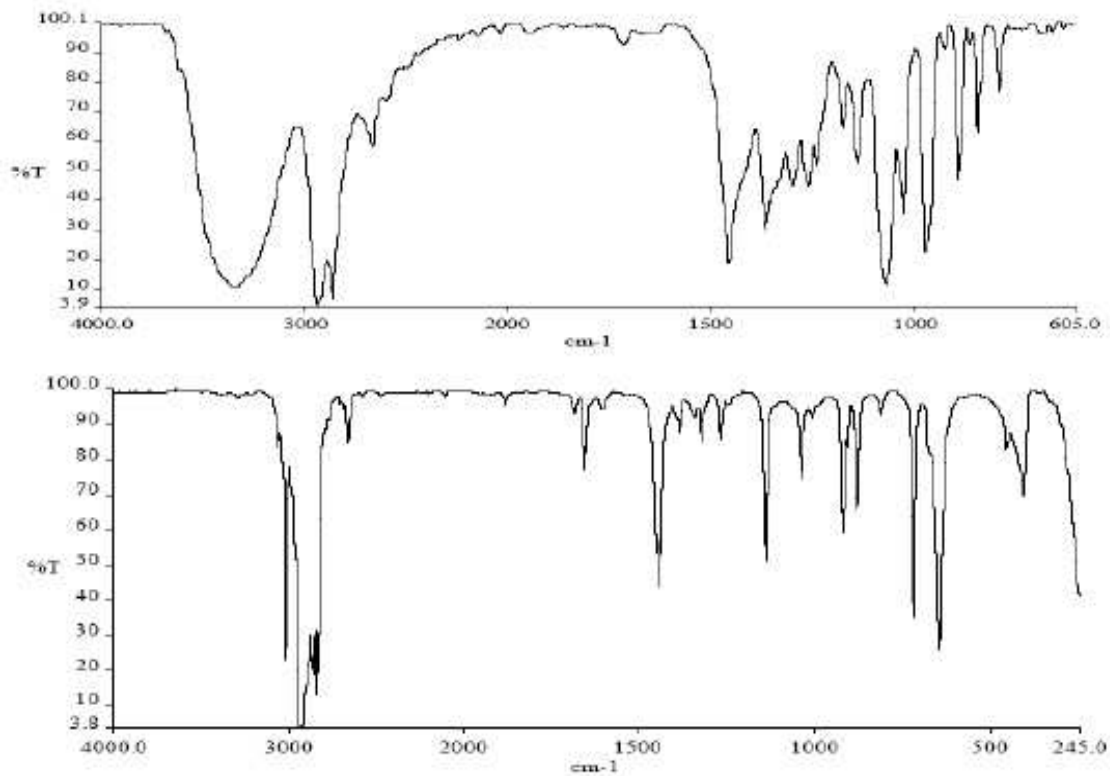
- Erlenmeyer 50 mL
- Pipeta
- Balança

#### Procediment

A la balança mesurem quants grams pesa l'erlenmeyer, a continuació, posem el fluid en qüestió dins de l'erlenmeyer i mesurem quants grams pesa en total. Repetir el procés amb tots els fluids.

### 3.6 Espectroscòpia infraroja (Espectroscòpia IR)

És una tècnica analítica instrumental que permet conèixer els principals grups funcionals de la estructura molecular d'un compost. Aquesta informació s'obté a partir de l'espectre d'absorció d'aquest compost en haver-lo sotmès a l'acció de la radiació infraroja a l'espectrofotòmetre. La regió de l'espectre IR normal queda compresa entre  $2.5\mu$  a  $15\mu$ , mesurat en unitats de longitud de ona, que correspon a  $4000\text{ cm}^{-1}$  i  $666\text{ cm}^{-1}$  respectivament si s'expressa en nombre d'ona (que és l'invers de la longitud d'ona,  $\text{cm}^{-1}$ ).



---

*Característiques d'un espectre:* L'espectre d'infraroig d'un compost és una representació gràfica dels valors d'ona ( $\mu$ ) o de freqüència ( $\text{cm}^{-1}$ ) davant els valors de % de transmissió (% T). L'absorció de radiació IR per un compost a una longitud d'ona donada, origina un descens en el %T, el que es posa de manifest en l'espectre en forma d'un pic o banda d'absorció.

---

### 3.6.1 L'espectrofotòmetre IR de l'oli de silicona i els entrecreuaments sintetitzats.

L'espectrofotòmetre utilitzat estava configurat amb els següents components:

- Una font de radiació.
- Un porta mostres
- Una reixeta o monocromador.
- Un detector.
- Un CPU amb pantalla, impressora i teclat que permet fàcilment ampliar o reduir zones específiques de l'espectre.

Per fer l'espectre IR de la silicona sòlida es va triturar una mostra amb bromur potàssic (KBr) en un morter d'àngata, a continuació es va preparar una pastilla sometent aquesta mescla a pressió elevada. S'utilitza KBr per a dispersar la mostra perquè el KBr és transparent en l'espectre infraroig.

Les mostres líquides es van registrar com un film sobre una pastilla de KBr.

L'espectre infraroig mostra les vibracions característiques dels enllaços que contenen les molècules. Per tant disposa d'una taula amb les freqüències característiques de la vibració de cada enllaç, així és possible conèixer, almenys en part, l'estructura de la molècula.

# 4. Resultats

## 4.1 Síntesi de l'oli de silicona

L'aspecte de la silicona obtinguda és líquida, transparent i no és viscosa.

Malgrat que al principi m'ha costat dur a terme aquesta síntesi, ja que era la primera vegada que duia a terme una síntesi en un laboratori, puc dir que no va ser complicada ja que els passos eren fàcils i tenia a la meua disposició tot el necessari.

## 4.2 Entrecreuament de l'oli de silicona amb $H_3BO_3$

La substància obtinguda és bastant gelatinosa, sòlida, enganxosa, de color gris i deformable. Si l'estirem a poc a poc, el polímer s'allarga, en canvi, si l'estirem de cop es trenca ja que als enllaços de les cadenes no li dóna temps d'unir-se a un altre monòmer.

El vàrem refredar amb nitrogen líquid, i el polímer es va tornar dur però passats uns 3 minuts, va tornar al seu estat inicial.



### 4.3 Entrecreuaments de $\text{Me}_2\text{SiCl}_2$ amb $\text{MeSiCl}_3$

Els aspectes dels dos polímers obtinguts són iguals als de la silicona sense creuament, és a dir, són líquids i transparents, però en quant a la viscositat i seguint fent la comparació amb la silicona sense creuament, aquests polímers són més viscosos, sobretot el que té la proporció 10/1.

### 4.4 Viscositat i densitat

#### 4.4.1 Viscositat

Fluid	Quantitat (mL)	Temps	velocitat (mL/s)
Oli de silicona	4	00:51'3 s	0,078
Oli de silicona (proporció d'entrecreuament 20/1)	4	01:05'4 min	0,061
Oli de silicona (proporció d'entrecreuament 10/1)	4	02:01'7 min	0,025

Observant el temps que tarden en caure les gotes dels fluids, podem determinar la viscositat que té cada fluid.

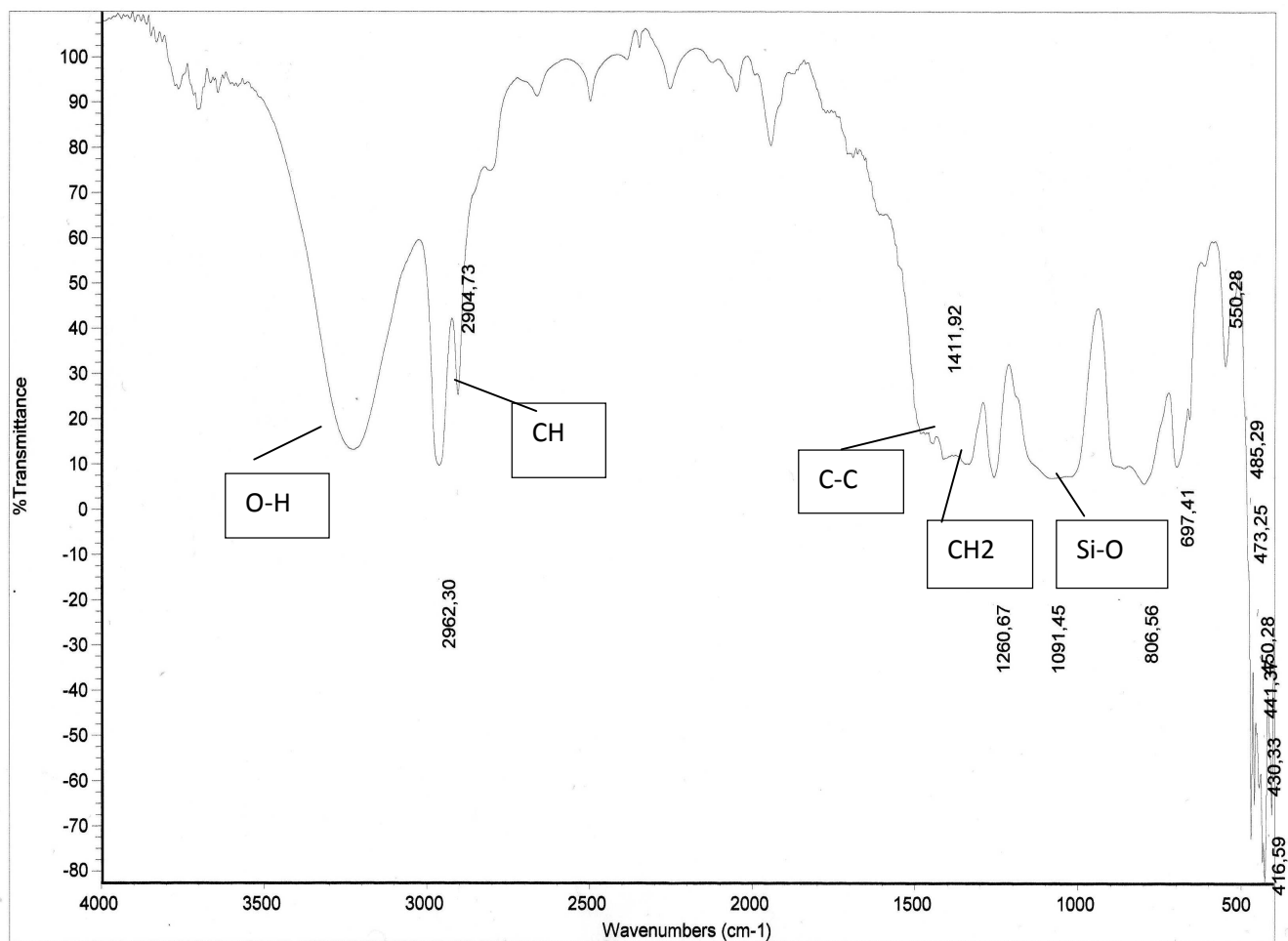
**Nota:** La viscositat del producte obtingut per l'entrecreuament de l'oli de silicona amb  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , no va poder ser mesurada ja que era una substància gelatinosa.

#### 4.4.2 Densitat

Fluid	Erlenmeyer (g)	Erlenmeyer + fluid (g)	Grams de fluid	Densitat (g/mL)
Oli de silicona	38,631	40,566	1,925	0,9625
Oli de silicona (20/1)	38,582	39,942	1,9	0,95
Oli de silicona (10/1)	39,582	41,490	1,908	0,954

**Nota:** La densitat del producte obtingut per l'entrecruament de l'oli de silicona amb  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , no va poder ser mesurada ja que era una substància gelatinosa.

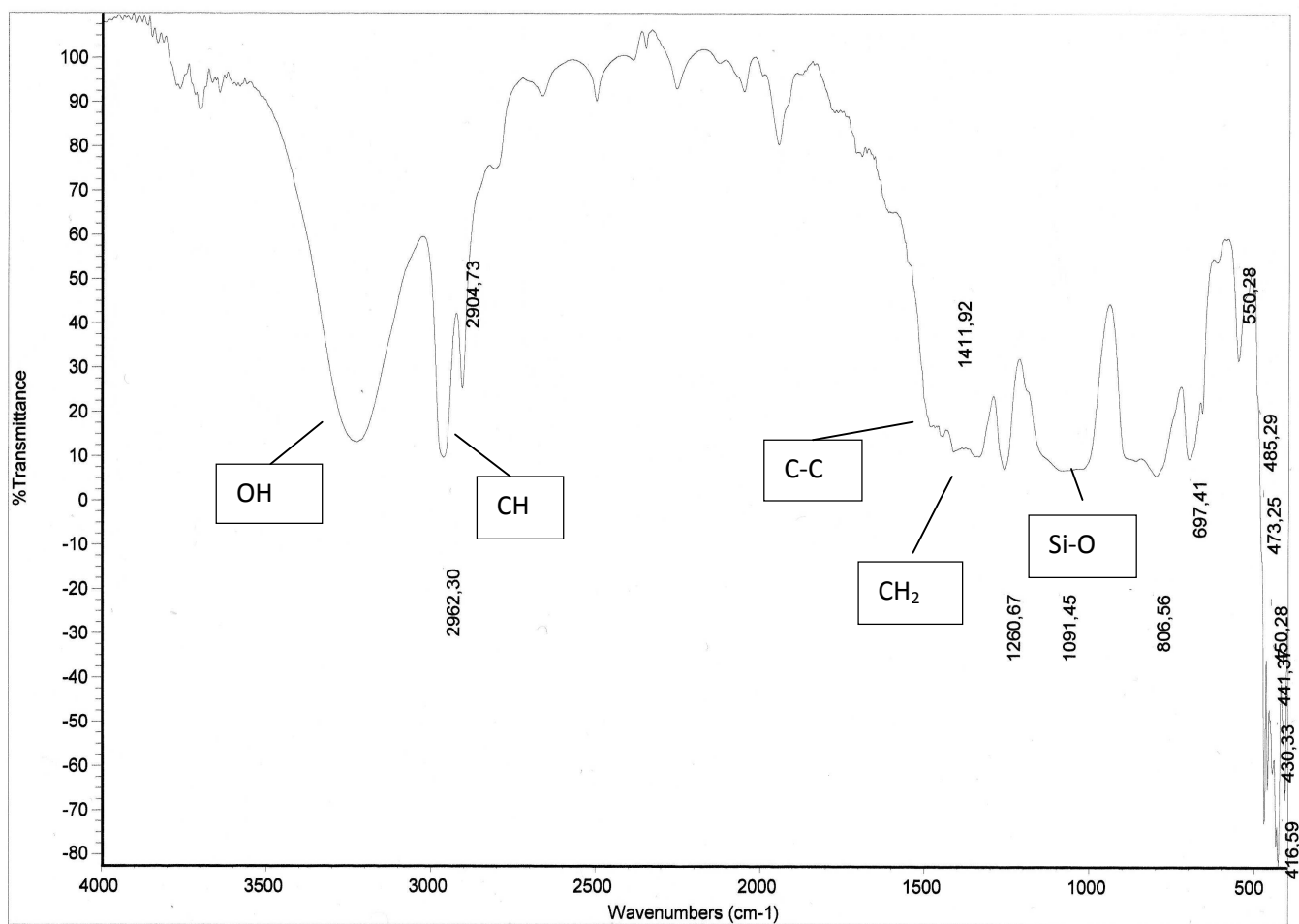
## 4.5 Espectroscòpia infraroja (Espectroscòpia IR)



### 4.5.1 Oli de silicona sense creuament

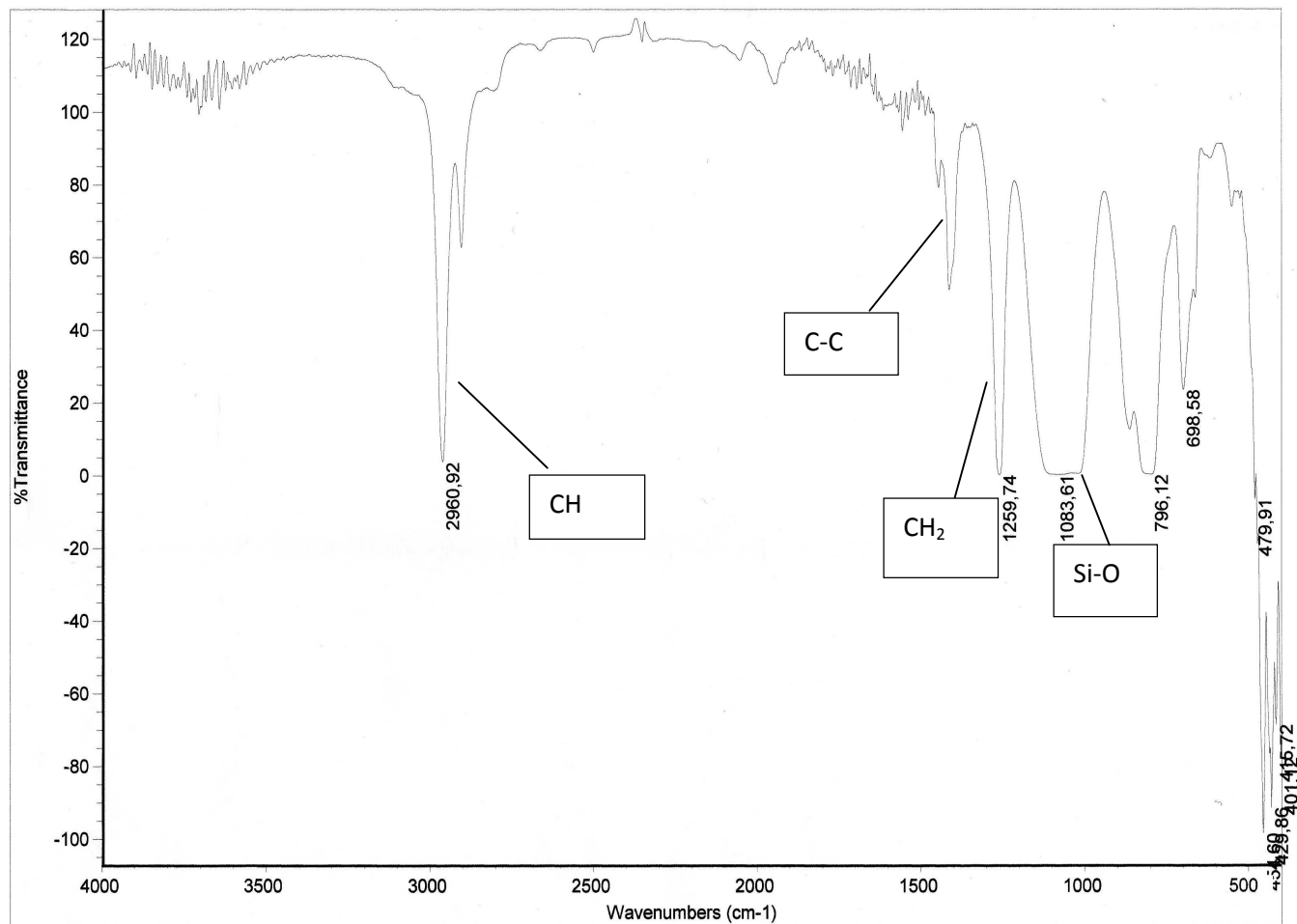
Estirament O-H	3250 cm <sup>-1</sup>
Estirament CH	2962 cm <sup>-1</sup>
Estirament Si-O	1091 cm <sup>-1</sup>
Estirament C-C	1450 cm <sup>-1</sup>
Tisores CH <sub>3</sub>	1460 cm <sup>-1</sup>

#### 4.5.2 Entrecreuament de l'oli de silicona amb $H_3BO_3$



Estirament O-H	3250 cm <sup>-1</sup>
Estirament CH	2962,30 cm <sup>-1</sup>
Estirament Si-O	1091 cm <sup>-1</sup>
Tisores C-C	1450 cm <sup>-1</sup>
Tisores CH <sub>3</sub>	1460 cm <sup>-1</sup>

### 4.5.3 Entrecreuament de $\text{Me}_2\text{SiCl}_2$ amb $\text{MeSiCl}_3$

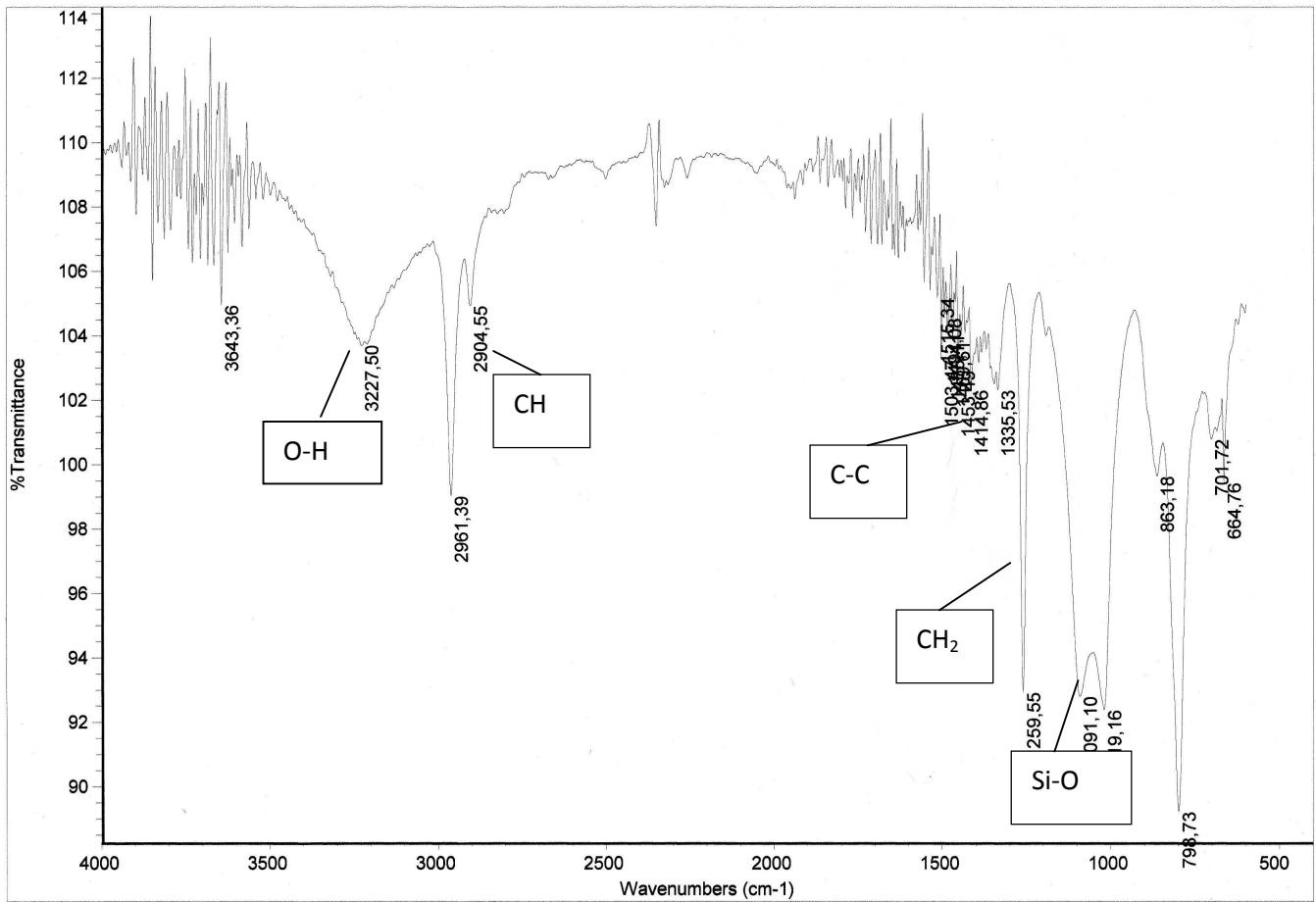


Proporció d'entrecreuament 20/1

Estirament CH	2960,92 $\text{cm}^{-1}$
Estirament Si-O	1083,61 $\text{cm}^{-1}$
Estirament C-C	1500 $\text{cm}^{-1}$
Estirament CH <sub>2</sub>	1259,71 $\text{cm}^{-1}$

Aquest espectre no conté O-H

Proporció d'entrecruament 10/1



Estirament CH	2961,39 cm <sup>-1</sup>
Estirament Si-O	109,10 cm <sup>-1</sup>
Tisores C-C	1259,55 cm <sup>-1</sup>
Estirament CH <sub>3</sub>	1414,86 cm <sup>-1</sup>
Estirament O-H	3227,50 cm <sup>-1</sup>



# 5. Conclusions

- Observem que l'oli de silicona sintetitzat és líquid i transparent, en canvi, quan l'entrecreuem amb  $H_3BO_3$  es torna una substància d'aspecte gelatinós i de color gris.
- En fer les dues proporcions d'entrecreuament de  $Me_3SiCl_2$  amb  $MeSiCl_3$ , l'oli de silicona amb la proporció 10:1 és més viscosa que el de proporció 20:1 ja que el nivell d'entrecreuaments és major, és a dir que les forces intermoleculars d'atracció són més fortes. L'oli de silicona 20:1 és també més viscosa que l'oli de silicona sense creuament.
- Després de les síntesis, dels posteriors estudis de les mateixes i segons els resultats obtinguts, l'oli de silicona és més viscos i menys dens quan augmenta el nivell d'entrecreuament.
- A l'espectre de l'entrecreuament de  $Me_2SiCl_2$  amb  $MeSiCl_3$ , no s'observen OH terminals, això pot ser degut a que no totes les cadenes terminals es condensen.

No es pot fer una afirmació ja que això no es pot saber.

# 6. Bibliografia

## Llibres

- Vv Aa (1991). *Física i Química 3r*. Ed. Casals. Barcelona
- AVENDAÑO, Luis (1992). *Iniciación a los plásticos*. Ed. Centro español de plásticos. Barcelona
- Vv Aa (2003). *2 batxillerat química*. Ed. Casals. Barcelona
- *Los plásticos: materiales de nuestro tiempo*. Ed. Centro español de plásticos. Barcelona

## Pàgines web

- [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1991/illpres/polymers.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1991/illpres/polymers.html)
- <http://www.nobelprize.org/educational/chemistry/plastics/>
- <http://nou.cornellaweb.com/files/contenidos/Educaci%C3%B3/Treballs%20de%20Recerca%202009/2011/treballs/TR11%2024%20Bienvenidos%20al%20mundo%20de%20la%20silicona.pdf>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%ADmero>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Silicona>